
Untersuchungen einer Biogasanlage im Hinblick auf verbesserte Biogasproduktion durch Zusatzmittel

Diplomarbeit

aus dem Fachgegenstand **Landmaschinentechnik**

Betreuer:

DI Peter Schweiger

Außerschulischer Partner:

DI Alfred Pöllinger

durchgeführt an der

Höheren Bundeslehr – und Forschungsanstalt

Raumberg – Gumpenstein

A – 8952 Irdning, Raumberg 38

hblfa@raumberg.at

<http://www.raumberg.at>

vorgelegt von

Michael Stieg

Dezember 2006

– Vorwort –

Die vorliegende Diplomarbeit wurde zur Absolvierung der Reifeprüfung an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg – Gumpenstein vorgelegt. Diese Arbeit befasst sich mit der Biogasproduktion durch das Zusatzmittel IPUS meth-max[®]. Es wurden in diesem Projekt 2 Messzähler der Universität für Bodenkultur verwendet, die genaue Messdaten für m³ produziertes Biogas errechneten. Außerdem wurde durch mehrere Messungen mit einem Messgerät der Firma DRÄGER der Methangehalt entnommen. Durch eine Röhrenanalyse wurden außerdem noch der Schwefeldioxid- und Ammoniakgehalt für diesen Versuch entnommen. Die Diplomarbeit wurde in Verbindung mit einem zur gleichen Zeit durchgeführten Projekt desselben Inhalts in der Forschungsabteilung Raumberg – Gumpenstein durchgeführt.

Einen recht herzlichen Dank möchte ich Herrn ZAINER Johann und Herrn BACHLER Christian aussprechen, die immer eine große Unterstützung bei diesem Projekt waren. Besonderer Dank gilt jedoch Herrn Dipl. Ing. PÖLLINGER Alfred, der von erster Minute an immer ein offenes Ohr für meine Fragen hatte und mich durch das ganze Projekt bravourös führte. Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn STEINER Michael vlg. Ladreiter für die Bereitstellung seiner Biogasanlage für diese Versuchszwecke.

Natürlich gebührt auch meinem schulischen Partner Herrn Dipl. Ing. SCHWEIGER Peter, der mit Rat und Tat immer an meiner Seite stand, ein kräftiges Lob, sowie auch Frau Ing. SCHLÖMMER Anita (Englisch).

Zum Schluss möchte ich mich noch bei meiner Familie bedanken, die mir die HBLFA Raumberg –Gumpenstein ermöglicht hat, und immer hinter mir gestanden hat.

1) Einleitung	4
2) Problemstellung und Zielsetzung.....	6
3) Literaturübersicht	7
3.1 Geschichtlicher Überblick.....	7
3.2 Biogas – wirtschaftliche Bedeutung.....	8
3.3 Energiepflanzen und Energiewert	9
3.4 Grundsätzliches zur Biogas - Erzeugung	10
3.4.1 <i>Potentialabschätzung</i>	13
3.5 Verschiedene Substrate für Biogaserzeugung.....	14
3.6 Umweltwirkung der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung.....	15
3.7 Biogasanlagenbeschreibung	19
3.7.1 <i>Funktionsbeschreibung</i>	21
3.8 Zusatzmittel allgemein.....	24
4) Material und Methoden	25
4.1 Betriebsbeschreibung.....	26
4.1.1 <i>Anlagenbeschreibung</i>	27
4.1.2 <i>Untersuchungen an der Anlage</i>	31
4.2 Zeolith als Zusatzmittel.....	31
4.2.1 <i>IPUS meth - max</i> ®	31
4.2.2 <i>Zeolith</i>	33
4.2.3 <i>Aufwand an Zeolith</i>	34
4.3 Versuchsbeschreibung.....	34
4.3.1 <i>Erfassung der Messdaten</i>	36
4.3.2 <i>Inputdaten</i>	38
4.3.3 <i>Protokolldaten</i>	39
5) Ergebnisse.....	40
5.1 Biogaserträge	40
5.1.1 <i>Biogasertrag</i>	41
5.1.2 <i>Spezifischer Biogasertrag</i>	42
5.1.3 <i>Methangehaltswerte</i>	43
5.2 Biogaszusammensetzung	43
5.3 Chemische Zusammensetzung der Substrate	45
6) Diskussion der Ergebnisse	46
7) Zusammenfassung – Abstract.....	49
9) Bildverzeichnis.....	55
10) Tabellenverzeichnis	55
11) Anhang.....	56

1) Einleitung

Österreich hat sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls verpflichtet, den CO₂-Äquivalenten (klimawirksame Gase: CO₂, CH₄, N₂O und fluorierte Gase) - Ausstoß um 13% (Vergleichsbasis 1990) zu reduzieren. Im Bereich der Landwirtschaft müssen bis 2010 0,4 Millionen Tonnen CO₂ Äquivalente pro Jahr eingespart werden. Die Einhaltung dieses Ziels erfordert umgehende Maßnahmen auf allen politischen Handlungsebenen, sowie in allen betroffenen Sektoren.

Ein wichtiger Beitrag seitens der Landwirtschaft ist die partielle Verwertung der anfallenden Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen (*Nationale Klimastrategie für Österreich, 2006*).

Biogas ist ein regenerativer Energieträger, der bei der anaeroben Vergärung organischer Materialien entsteht. In Österreich wird Biogas heute in modernen landwirtschaftlichen ÖKL-EU-ALTENER Biogasanlagen vor allem aus Wirtschaftsdüngern wie Fest- und Flüssigmist, erzeugt. Nachwachsende Energiepflanzen wie Mais, Wiesen gras, Klee gras, Sudangras, Miscanthus, Futterrüben, Zuckerrübenblätter u.a.m. können für die Biogaserzeugung stark an Bedeutung gewinnen. Sie werden als Co-Fermentationsstoff zu Wirtschaftsdüngern oder auch in reiner Form eingesetzt. Biogasanlagen werden so dimensioniert, dass sie den Wirtschaftsdüngern von 50 bis 100 GVE und die Biomasse von 20 bis 100 ha oder mehr verarbeiten können. Die Zahl der Biogasanlagen in Österreich nimmt laufend zu. Derzeit sind 120 Biogasanlagen in Betrieb. In den vergangenen vier Jahren hat sich die Zahl der Biogasanlagen verdoppelt. Seit 1999 stieg die installierte elektrische Leistung von 5,2 MW auf heute 7,2 bis 8,0 MW. Die installierte elektrische Leistung neuer Biogasanlagen liegt in der Regel über 100 kW. Bei der gemeinsamen Vergärung von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen in Biogasanlagen könnten in Österreich jährlich etwa 4.900 GWh elektrischer Strom und 6.700 GWh Wärme erzeugt werden. Das entspricht ca. 10 % der

inländischen Stromerzeugung bzw. dem optimierten Wärmeenergiebedarf von 448.000 Einfamilienhäusern. (*Amon Th. ET Al[et. al.] 2001*)

Zur Umsetzung dieser Potentiale sind in Österreich ca. 6.000 neue Biogasanlagen erforderlich. Neben den wichtigen ökologischen Wirkungen in den Bereichen des Umwelt- und Klimaschutzes ergeben sich durch die Förderung der Entwicklung ländlicher Räume wesentliche sozioökonomische Vorteile. Für die Betreiber landwirtschaftlicher Biogasanlage ist außerdem die verbesserte Düngewirkung des vergorenen Düngers und die damit einhergehende Einsparung beim Düngerzukauf von Bedeutung. Während und nach der Ausbringung des Gärückstandes als Dünger ist eine wesentliche Minderung der Geruchsbelastung zu erwarten. In vielen Fällen können die Potentiale der Biogaserzeugung aus Energiepflanzen jedoch nicht oder nur sehr eingeschränkt genutzt werden. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass bei der Vergärung von Energiepflanzen häufig Gärstörungen auftreten, die zum völligen Erliegen der Biogasproduktion führen können. Außerdem sind die Methanerträge ertragsoptimierter Energiepflanzenarten und -Sorten noch wenig bekannt, weshalb eine zuverlässige Kalkulation der Wirtschaftlichkeit der Biogaserzeugung oft nicht möglich ist. Um das Potential der Energiegewinnung aus Energiepflanzen optimal ausnutzen zu können, müssen die Gäreigenschaften der Pflanzen und die optimalen Prozessparameter bekannt sein. Es muss herausgefunden werden, welches Reifestadium und welche Konserviergärform von Energiepflanzen hohe Gasausbeuten und einen sicheren Anlagenbetrieb ermöglichen.

Wie bedeutend die wissenschaftliche Untersuchung und Optimierung der Methangärung ist, zeigt eine Umfrage unter 100 bayrischen Biogaserzeugern (*Köttner 2000*). Bei 70 der 100 befragten Biogaserzeuger kam es im Laufe des Betriebes durchschnittlich 1,8mal zum völligen Erliegen des Biogasprozesses und zum Stillstand der Biogasanlagen. Als Ursachen für die Störungen und Betriebsausfälle wurden Fehler im Verfahrensablauf und Störungen der Biologie des Gärprozesses genannt. Solche Ausfälle bedeuten neben einer erheblichen Arbeitsbelastung auch große wirtschaftliche Einbußen. Sie können durch Richtlinien zum optimalen Management der Biogasanlage

vermieden werden. Durch eine optimale Versorgung der Biogasanlagen mit Nährstoffen wird die Betriebssicherheit der Anlage erhöht und gleichzeitig die Methanausbeute aus Gärgütern maximiert. (Amon Th., 2004)

2) Problemstellung und Zielsetzung

Bei der Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und außerlandwirtschaftlichen, organischen Reststoffen wie z.B. Speisereste, kann der Methanertrag aus den Gärgütern vermindert sein. Depressionen des spezifischen Methanertrages beeinträchtigen die Wirtschaftlichkeit der Biogaserzeugung. Verluste des Methanertrages können durch Ammoniakhemmung der Methangärung, bedingt durch Eiweißüberschuss im Gärrohstoff verursacht werden.

„Biokat“ wird als Zusatzmittel zu Gärrohstoffen für die Biogaserzeugung eingesetzt, um die Stickstoffbildung während der Gärung und aus dem Gärückstand zu reduzieren, die Schwefelwasserstoffkonzentration im Biogas zu vermindern und ammoniakinduzierte Hemmungen der Gärung zu verringern.

Die Wirkung von Zeolit mit dem Handelsnamen „IPUS-zeo-lift-biokat“ wird in Bezug auf das Gärverhalten, das Methanbildungsvermögen und die Biogasqualität bei der Vergärung von Rinderflüssigmist und Speiseresten untersucht. Empfehlungen zur Verwendung von „IPUS-zeo-lift-biokat“ als leistungssteigerndes Zusatzmittel bei der Biogaserzeugung aus agrarischen Rohstoffen und Speiseresten werden aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitet.

3) Literaturübersicht

3.1 *Geschichtlicher Überblick*

Bereits im 18. Jahrhundert entdeckte VOLTA Methan im Sumpfgas, das mit unserem heutigen Biogas weitgehend identisch ist. Pasteur diskutierte die Möglichkeit, Methan mit Stallmist zu erzeugen. In Indien entstand 1859 in einem Leprakrankenhaus in Bombay die erste einfache Biogasanlage. In England wurde 1896 erstmals in einer Gärgrube in Exeter Faulgas für den Betrieb einer Straßenbeleuchtung eingesetzt. In der Bundesrepublik Deutschland entwickelte sich in den 40er und 50er Jahren eine rege Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Methangärung. Während dieser Zeit wurden etwa 20 Biogasanlagen nach verschiedenen Systemen erstellt, wobei als einzige das Verfahren von Schmitt- Eggersglüß Bedeutung erreicht hat. Die relativ günstige Energiepreissituation gegen Ende der 50er Jahre war der Anlass, dass die Forschungstätigkeit auf diesem Gebiet weitgehend eingestellt wurde und der praktische Anlagenbau zum Erliegen kam. Dennoch können die damals gewonnenen Ergebnisse dazu beitragen, wesentliche Aussagen über den Prozessablauf und über den Verfahrenserfolg und daraus auch wichtige Daten für die Dimensionierung und konstruktive Ausführung von neueren Biogasanlagen liefern. In den 90er beschäftigten sich neben verschiedenen Forschungsanstalten auch über 10 verschiedenen Firmen mit dem Bau von Biogasanlagen, wobei einige Hersteller schon komplette Anlagen zum Festpreis anboten. Speziell in der Schweiz, in Österreich, in England und in Dänemark konnten in diesem Zeitraum etwa 50 neue Biogasanlagen erstellt werden. In Deutschland liefen zu dieser Zeit etwa 20 Biogasanlagen neueren Typs überwiegend als Pilotanlagen für Versuchszwecke. In China waren bereits 7.000.000 Anlagen und in Indien etwa 70.000 Biogasanlagen in Betrieb. Allerdings handelte es sich dabei überwiegend um arbeitsintensive und unbeheizte Kleinanlagen für die Ausfäulung des Kotes von 2 – 4 Kühen

mit einer täglichen Gasproduktion von 2 – 3 m³ Gas. Das reichte zum Kochen und für die Lampe am Abend. (*Landtechnik Weihenstephan, 1988*)

3.2 **Biogas – wirtschaftliche Bedeutung**

Die Wirtschaftlichkeit und die Ökologie einer Biogasanlage ist in hohem Maße von der möglichst vollständigen Methanisierung der vergärbaren Rohstoffe abhängig, da nur das gebildete Methan zu einem Erlös für die Produktionsleistung führt.

Über die Wirtschaftlichkeit lassen sich pauschal nicht viele Aussagen treffen. Anlagen mit hohem Anteil an Eigenleistung haben bessere Aussichten auf das Erreichen einer Wirtschaftlichkeit als industriell gefertigte Anlagen, die häufig nur mit staatlicher (oder sonstiger) Förderung) wirtschaftlich arbeiten können. Was die Größe betrifft gilt die Faustzahl 80 bis 100 GV (Großvieheinheit), um in den rentablen Bereich zu kommen. Eine Möglichkeit die Kosten zu drücken, besteht in der Gemeinschaftsnutzung einer Anlage durch mehrere Landwirte. Mit der Novellierung des Erneuerbaren – Energien – Gesetzes (EEG) und der nunmehr höheren Vergütung für Strom aus Biogas, besonders bei der reinen Verwertung landwirtschaftlicher Produkte wie Gülle und Energiepflanzen, ist die Wirtschaftlichkeit wesentlich leichter zu erreichen. Biogas ist eine universelle Energie von morgen und ist speziell im Hinblick auf die Umweltproblematik den anderen Energieformen einen Schritt voraus. (<http://www.seilnacht.tuttlingen.com/referate>)

Einige Vorteile der Biogastechnologie:

- CO₂ – neutrale Energieversorgung
 $1\text{kW}_{\text{el inst.}} = \text{Vermeidung von } 700 \text{ kg CO}_2/\text{Jahr}$
- Einsparung von Mineraldünger
 Düngewertverbesserung +20 kg ReinN/GV und Jahr
- Verringerung der Geruchsemission

- Stärkung strukturschwacher Regionen
 - Versorgungssicherheit
 - Regionale Wertschöpfung
 - Dezentrale Energieversorgung
 - 4 GV versorgen 1 Haushalt
 - Verringerung der CH₄- Freisetzung
 - Entspricht einer Einsparung von 1.500 kg CO₂/GV und Jahr
- (Fachverband Biogas e. V.)

3.3 **Energiepflanzen und Energiewert**

Analog zur Verwendung von Holz in Biomasseheizkraftwerken werden vermehrt Pflanzen gezielt zur Vergärung in Biogasanlagen, d.h. zur Produktion von Biogas angebaut. Dies können im Prinzip alle ackerbaulich genutzten Früchte oder Gras sein. Aktuell ist die Nutzung von Mais, Getreide (Acker) und Gras (Wiese) am weitesten verbreitet.

Zur Abschätzung der Nutzung für die Stromproduktion:

1 ha Mais =	ca. 2 kW	elektrische Dauerleistung
1 ha Getreide =	ca. 1,5 kW	elektrische Dauerleistung
1 ha Gras =	ca. 1 kW	elektrische Dauerleistung
Gülle von 1 Kuh =	ca. 0,15 kW	elektrische Dauerleistung

Mit der Gülle von vier Kühen bzw. von 32 Schweinen oder mit dem Ertrag von 6000 m² Silomaisfläche könnte man genügend Biogas herstellen, um einen Vier- Personen- Haushalt ein Jahr lang mit Strom zu versorgen.

Die Biogaserzeugung findet in einer Biogasanlage statt. In dem gesteuerten Prozess der Biogasentstehung sind verschiedenste Arten von anaeroben Mikroorganismen beteiligt, deren Mengenverhältnis zueinander durch Ausgangsstoffe der Gärung, pH-Wert, Temperatur- und Gärungsverlauf beeinflusst wird. Aufgrund der Anpassungsfähigkeit dieser Mikroorganismen

an die Prozessbedingungen können nahezu alle organischen Substanzen durch Gärung abgebaut werden. Lediglich höhere Holzanteile können durch das mikrobiologische schwer zersetzbare Lignin schlecht verwertet werden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Methanbildung ist ein hoher Wasseranteil im Ausgangssubstrat von mindestens 50 %. (<http://wikipedia.org/wiki/Biogas>)

3.4 Grundsätzliches zur Biogas - Erzeugung

Man unterscheidet nach dem heutigen Erkenntnisstand vier parallel bzw. nacheinander ablaufende und ineinandergreifende biochemische Einzelprozesse, die den anaeroben Abbau biogener Substanzen ermöglichen:

- I. Während der Hydrolyse werden die Biopolymere in monomere Grundbausteine oder andere lösliche Abbauprodukte zerlegt. Hierbei kann festgestellt werden, dass Fette in Fettsäuren, Kohlenhydrate wie Polysaccharide in Mono- oder Oligosaccharide und Proteine, wie Eiweiße in Peptide bzw. Aminosäuren zerlegt werden. Diese Reaktion wird durch fakultativ anaerobe Mikroorganismen katalysiert, und durch Ausschüttung von Exoenzymen die Hydrolyse der Edukte vollzogen. Dieser Reaktionsschritt ist aufgrund der Komplexität des Ausgangsmaterials der geschwindigkeitsbestimmende.

- II. Im Rahmen der Acidogenese (allgemeinsprachlich auch als Fermentation bezeichnet) – die gleichzeitig zur Hydrolyse stattfindet – werden die monomeren Interdukte einerseits in niedere Fett-Karbonsäuren wie Butter-, Propion-, und Essigsäure, andererseits in niedere Alkohole wie Ethanol, umgesetzt. Bei diesem Umsetzungsschritt verzeichnen die fakultativ anaeroben Mikroorganismen erstmals einen Energiegewinn. Bei dieser Umsetzung werden bereits bis zu 20 % des Gesamtanteils an Essigsäure gebildet.

- III. Während der Acidogenese werden die niederen Fett- und Karbonsäuren sowie die niederen Alkohole durch acetogene Mikroorganismen primär zu Essigsäure bzw. dessen gelöstem Salz, dem Acetat umgesetzt.
- IV. In der letzten obligat anaerob ablaufenden Phase – der Methanogenese – wird die Essigsäure durch entsprechend acetoclastische Methanbildner in Methan und Kohlenstoffdioxid sowie Wasserstoff umgewandelt.

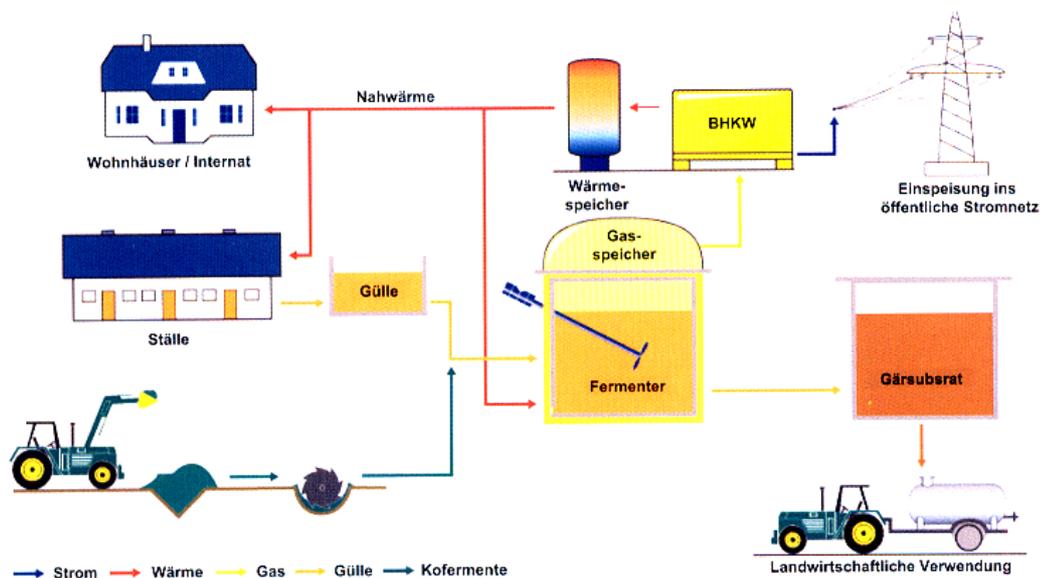


Abb.1: Schematische Darstellung Biogasanlage

Zurück bleibt ein Gemisch aus schwer abbaubarem organischen Material beispielsweise Lignin und anorganischen Stoffen wie Sand oder andere Mineralien. Der mikrobiologische Prozess der Biogaserzeugung, die Vergärung, läuft bis heute noch als sogenannter „Black Box“ – Betrieb ab was heißt, man kennt zwar, was in den Reaktor hinein- und was herauskommt, der mikrobiologische Prozess dazwischen ist aber weitgehend noch nicht wissenschaftlich erforscht. So ist es schwierig, Steuerungsparameter für einen geregelten und auf maximale Methanausbeute ausgelegten Ablauf zu finden – meist beruhen diese auf längerer Praxiserfahrung, das Zusammenspiel der Mikroorganismen ist aber nur unzureichend bekannt. Forschungsprojekte zur Erklärung des genauen Ablaufs und der Charakterisierung der

mikrobiologischen Populationen bzw. Gemeinschaften werden aber bald Aufschluss über den genauen Verlauf geben können.

Zur Aufrechterhaltung des Gärprozesses wird etwa die Hälfte der Abwärme aus der Stromproduktion mit Biogas benötigt. Die verbleibende Wärme kann für andere Heizzwecke verwendet werden. Für den Gesamtwirkungsgrad einer solchen Anlage ist daher die optimale Nutzung der Abwärme und eine Temperaturregelung im Gärprozess entscheidend.

Die in der Literatur zu findenden Angaben zur Zusammensetzung von Biogas schwanken stark. Generell gilt, dass die Gaszusammensetzung von diversen Parametern wie Substratzusammensetzung und Betriebsweise des Fermenters, abhängen. Wertvoll im Biogas ist das Methan. Je höher dessen Anteil ist, desto energiereicher ist das Gas. Nicht nutzbar sind das Kohlen(stoff)dioxid und der Wasserdampf. Die folgende Tabelle zeigt Anhaltswerte für die wichtigsten enthaltenen Gase.

Tab.1: Biogas enthaltene Gase

Methan	40 – 75 %
Kohlendioxid	25 – 55 %
Wasserdampf	0 – 10 %
Stickstoff	0 – 5 %
Sauerstoff	0 – 2 %
Wasserstoff	0 – 1 %
Ammoniak	0 – 1 %
Schwefelwasserstoff	0 – 1 %

Problematisch im Biogas sind von allem der Schwefelwasserstoff und der Ammoniakanteil, die vor dem Verbrennungs-Vorgang entfernt werden müssen, um die Gasmotoren vor diesen chemisch aggressiven Substanzen zu schützen. Die Biogasgülle weist einen höheren Ammonium-Gehalt als herkömmliche Gülle auf und ist somit im Boden für die Pflanzen schneller verfügbar. Weiters wird die Fließfähigkeit erhöht und die Geruchsbelästigung

vermindert. Heute weiß man das dabei entstehende Biogas zu nutzen.
(<http://wikipedia.org/wiki/Biogas>)

3.4.1 Potentialabschätzung

Die landwirtschaftliche Biogaserzeugung aus Energiepflanzen und Wirtschaftsdüngern birgt erhebliche Potentiale im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes. Die Wertschöpfung in ländlichen Regionen kann gesteigert werden. In Österreich sind neben den Wirtschaftsdüngern vor allem Biomassen des Grünlandes und anderer Feldkulturen für die Biogaserzeugung nutzbar. Aus dem Biomassepotential der Energiepflanzen würden sich 1,7 Mrd. m³ Methan pro Jahr erzeugen lassen. Energiepflanzen tragen zum Gesamtenergiepotential rund 70 % bei, 30 % liefern die Wirtschaftsdünger. Dies zeigt den hohen Stellenwert der Biomasse des Acker- und Grünlandes für die landwirtschaftliche Biogaserzeugung. Vom Wirtschaftsgrünland (909.000 ha) und extensivem Grünland (1.000.000 ha) könnten ca. 629 Mio. m³ Methan pro Jahr erzeugt werden. Von Ackerland (1,4 Mio. ha) würden ca. 544 Mio. m³ Methan pro Jahr zur energetischen Nutzung bereitgestellt werden können. Die Berechnung geht davon aus, dass Biomasse von 10 % des Ackerlandes und von 25 % des Grünlandes zur Biogaserzeugung genutzt werden kann. Aus der Biomasse des Wirtschaftsdüngers und der Energiepflanzen zusammen können pro Jahr 17.000 GWh nutzbare Energie erzeugt werden. Das entspricht einer Gesamtleistung von etwa 2.000 MW. Diese Leistung könnte z.B. mit 4.000 Biogasanlagen mit je 500 kW Gesamtleistung oder 8.000 Biogasanlagen mit je 250 kW Gesamtleistung umgesetzt werden. Zwar nimmt die Zahl der Biogasanlagen ständig zu, dennoch stellen die derzeit installierten 120 bis 150 Biogasanlagen gerade einmal 6 bis 7 MW elektrische Gesamtleistung dar. Damit sind bis dato nicht einmal 5 % des möglichen Potentials umgesetzt. Es bestehen also nach wie vor große Chancen für die Landwirtschaft, diese neue Einkommensmöglichkeit zu erschließen (Amon Th., 1997).

3.5 Verschiedene Substrate für Biogaserzeugung

Im landwirtschaftlichen Bereich wird als Basismaterial Gülle oder Festmist eingesetzt. Zusätzlich kommen zur Erhöhung des Gasertrags der Anlage häufig Co-Fermentate zum Einsatz. Dies sind z.B. Schälreste aus der Obst- bzw. Gemüseverarbeitung, Flotatfette, nachwachsende Rohstoffe oder Abfälle aus der Lebensmittelindustrie. Beim Einsatz von Co-Fermentaten sind die entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen (BioAbfV, DüMV) zu beachten. Speziell die verschiedenen Gaserträge geben Aufschluss über ein gutes oder ein schlechtes Substrat. (*Fachverband Biogas e.V.*)

Tab.2: Inputmaterialien

Rindergülle	200m ³ Methan/t organische Trockensubstanz
Schweinegülle	300m ³ Methan/t oTS
Hühnermist	250m ³ Methan/t oTS
Klärschlamm	300m ³ Methan/t oTS
Bioabfall	250m ³ Methan/t oTS
Altfett	720m ³ Methan/t oTS
Grasschnitt	480m ³ Methan/t oTS
Raps	336m ³ Methan/t oTS
Wiesengrasanwelksilage	280 – 440m ³ Methan/t oTS
Zuckerrübenblattsilage	350 – 450m ³ Methan/t oTS
Futtermüllsilage	320 – 420m ³ Methan/t oTS
Pferdebohnsilage	220 – 350m ³ Methan/t oTS
Maissilage	290 – 450m ³ Methan/t oTS

3.6 Umweltwirkung der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung

Die gesamte Umweltleistung der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung ist durch Synergiewirkungen verschiedener positiver Effekte gekennzeichnet. Biogas entsteht als Koppelprodukt der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, ohne dass für die Energieerzeugung ein zusätzlicher Flächenbedarf notwendig ist - jedenfalls dann, wenn es um die Vergärung von Wirtschaftsdüngern geht. Von der Biomethanisierung gehen multifaktoriell positive Wirkungen aus. Es wird regenerative Energie in Form von Strom und Wärme erzeugt, die Stickstoffwirkung der organischen Dünger verbessert sich, Ammoniakverluste können verringert werden, außerlandwirtschaftliche Abfälle können unter weitest möglicher Schließung der Nährstoffkreisläufe sinnvoll verwertet werden.

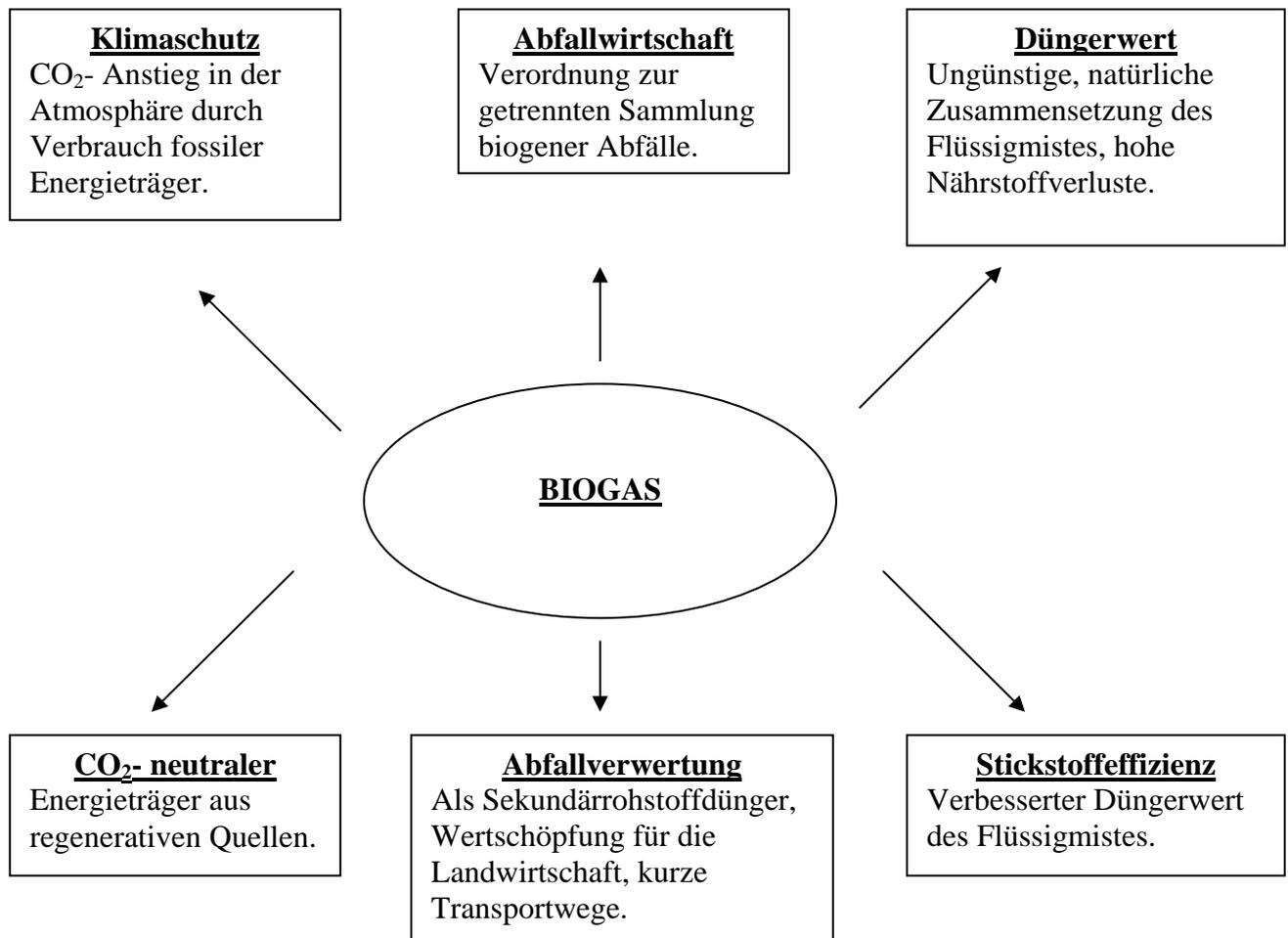


Abb.2: Multifunktionale Wirkung der Biomethanisierung (Quelle: Amon Th., 1997)

Die Biomethanisierung als CO₂-neutrale Form der Energiegewinnung bewirkt durch die Verwertung organischer Reststoffe nicht nur eine Nutzung des Energiepotentials, sondern führt gleichzeitig zu einer wirkungsvollen Minderung von Umweltbelastungen und ermöglicht im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft eine gezielte Rückführung von Nähr- und Humusstoffen in den landwirtschaftlichen Stoffkreislauf.

Die Biomethanisierung erlaubt daher nicht nur eine ressourcenschonende und klimaverträgliche, dezentrale Energiegewinnung, sondern kann gleichzeitig einen wichtigen Beitrag zur Lösung von Umwelt- und Entsorgungsproblemen leisten. Die Verwertung organischer Abfälle durch die Landwirtschaft bringt einerseits für diese eine zusätzliche Wertschöpfung, andererseits gehen dadurch wirtschaftliche Impulse für ländliche Regionen aus.

Neben den Vorteilen hinsichtlich der Erzeugung regenerativer Energie weist Flüssigmist, der in einer Biogasanlage vergoren wurde bei sorgfältiger Handhabung, eine Reihe von Vorteilen gegenüber unbehandelter Gülle auf. Der Düngerwert verbessert sich und damit steigt die Stickstoffeffizienz. Wirtschaftsdünger unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung vor allem in den Anteilen an organisch gebundenem und mineralischem Stickstoff. Im Festmist liegt der Anteil des organisch gebundenen Stickstoffes bei 90 – 95 %, während in der Jauche 95 % des Gesamtstickstoffes in Form von Ammonium vorliegen. Der mineralische Anteil (NH₄⁺-N) ist für die unmittelbare Düngewirkung verantwortlich, während der in der organischen Substanz gebundene Stickstoff die Dauerwirkung der Wirtschaftsdünger im Boden bestimmt. (Amon Th., 1997)

Ergebnisse von MESSNER (1988) zeigen, dass durch den mikrobiellen Abbau der organischen Substanz während der Methangärung, der Ammonium-Stickstoffanteil um ca. 30 % anstieg. Dadurch verbessert sich die pflanzenbauliche Wirksamkeit der ausgefaulten Biogasgülle. Die vergorene Gülle kann deshalb ähnlich wie Jauche oder Mineraldünger bedarfsgerechter und gezielter eingesetzt werden. Der Anteil des mineralisierten Stickstoffes

wird umso höher sein, je leichter die organische Substanz der landwirtschaftlichen Dünger und organischen Abfälle von den Mikroorganismen abgebaut werden kann, je länger die Verweilzeit und je höher die Gärtemperatur ist. Die meisten Co-Fermentationsstoffe (z.B. Speisereste, Fette, Grasschnitt, Schlempe und Molke) sind sehr gut abbaubar. Für die Reduzierung der Stickstoffverluste nach der Ausbringung sind der Trockensubstanzgehalt (TS) und das Kohlenstoff- Stickstoffverhältnis wichtig. Bei unbehandelter Gülle wird stets ein Teil des enthaltenen Stickstoffs von Mikroorganismen im Boden festgelegt und ist dann bis zu seiner Remineralisierung für die Pflanzen unerreichbar.

Durch die Vergärung in einer Biogasanlage verändert sich der Gesamtstickstoffgehalt des Flüssigmistes nicht, wohingegen Kohlenstoff abgebaut und in Methan umgewandelt wird. Das Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis wird dadurch enger, und deshalb reduziert sich die Festlegung des Gülle-Stickstoffs im Boden. Der Stickstoff bleibt stattdessen in pflanzenverfügbarer Form erhalten, die Stickstoffwirkung der Gülle ist somit verbessert und die Düngewirkung ist besser kalkulierbar. Die Gefahr der Nitratauswaschung ist dadurch ebenfalls gemindert, weil der enthaltene Stickstoff unmittelbar für die Ernährung der Pflanzen zur Verfügung steht und nicht zuerst im N-Pool des Bodens festgelegt wird. Die Stickstoffnachlieferung aus dem Bodenvorrat erfolgt auch in Zeiten, in denen kein Pflanzenwachstum (z.B. nach der Ernte) vorhanden ist (GUTSER & DOSCH 1994). Der mineralisierte Stickstoff wird dann nicht von Pflanzen aufgenommen, ist potentiell auswaschungsgefährdet und gelangt ins Grundwasser. Der Trockensubstanzgehalt des Gärsubstrates wird durch den mikrobiellen Abbau im Fermenter um 30 – 50 % reduziert, die Gülle wird deshalb dünnflüssiger und homogener. Dadurch läuft der vergorene Flüssigmist schneller von den Pflanzen ab und infiltriert besser in den Boden. Ammoniak und Geruchsemissionen nach der Ausbringung werden so vermindert. Der kürzere Kontakt der Gülle mit den Pflanzen sowie der nach der Gärung geringere

Gehalt an organischen Säuren haben außerdem zur Folge, dass Ätزشäden mit vergorener Gülle weitgehend vermieden werden.

In der Summe ergibt sich aus diesen Veränderungen, dass Biogasgülle als schnell wirkender Kopfdünger besonders gut geeignet ist und dem Bedarf der Pflanzen entsprechend in wachsende Bestände ausgebracht werden sollte. Bei optimaler Handhabung können unkontrollierte Stickstoffverluste in Gewässer ($\text{NO}_3\text{-N}$) und in die Atmosphäre ($\text{NH}_3\text{-N}$) minimiert werden, wodurch ein wesentlicher Beitrag zum Umwelt- und Gewässerschutz geleistet wird. Darüber hinaus kann synthetischer Stickstoffdünger eingespart werden. Der höhere pH-Wert und Ammoniumgehalt erhöhen die Gefahr von Ammoniakemissionen. Biogasgülle muss deshalb in geschlossenen Behältern gelagert und bodennah in die Vegetation ausgebracht werden. Die homogenere und dünnflüssigere Biogasgülle eignet sich zur bodennahen Ausbringung mit Exaktverteilern (Schleppschläuche sind hier ein beliebtes Ausbringungsmittel) besonders gut. Die sonst üblichen Pralltellerverteiler sind keinesfalls zur Ausbringung geeignet.

Aufgrund der dargestellten positiven Eigenschaften der Biogasgülle kann davon ausgegangen werden, dass sich die Düngewirkung des Gärsubstrates im Vergleich zu unbehandeltem Flüssigmist um etwa 20 % verbessert. Die umweltrelevanten Vorteile der Biomethanisierung lesen sich wie folgt:

- Die Erzeugung und Bereitstellung erneuerbarer Energie ermöglicht die Substitution fossiler Energieträger
- Die Verbesserung des Düngewertes ermöglicht die Einsparung von energieintensiv hergestelltem Mineraldünger
- Die verbesserten Düngungseigenschaften von vergorenem Substrat reduzieren die Ammoniakemissionen während und nach der Ausbringung der Biogasgülle.

- Methanemissionen während der Lagerung tierischer Exkremente werden vermieden.
- Methanemissionen aus Deponien können vermieden werden, wenn organische Stoffe über die Biogaserzeugung in den Stoffkreislauf der Landwirtschaft zurückgeführt werden.

Die Biomethanisierung organischer Dünger und die Co-Fermentation mit außerlandwirtschaftlichen organischen Reststoffen besitzen für den Klima- und Umweltschutz große Bedeutung. Es gilt deshalb zu untersuchen, welche Klimaentlastung durch CO₂-Einsparung, Einsparung an Mineraldünger und Verminderung unkontrollierter Methanemissionen während der Wirtschaftsdüngerlager und aus Deponien bei flächendeckender Verwertung der nutzbaren landwirtschaftlichen Dünger und außerlandwirtschaftlichen organischen Reststoffe möglich ist. Ebenfalls muss die dafür erforderliche Anzahl an Biogasanlagen und die damit verbundenen Investitionen und Arbeitsplätze ermittelt werden (*Amon Th., 1997*)

3.7 Biogasanlagenbeschreibung

Biogasanlagen wurden früher eigentlich nur zur Verbesserung des Wirtschaftsdüngers (Gülle) gebaut. Je nach der Technologie der Biogaserzeugung lassen sich sämtliche Verfahren in 3 Gruppen einteilen:

- Speichersystem
- Wechselbehältersystem
- Durchflusssystem

Anhand einiger typischer Anlagen sollen die verschiedenen Systeme kurz aufgezeigt und auf die Hauptmerkmale eingegangen werden, um eine bessere Einordnung und Beurteilung neuerer Biogasanlagen zu ermöglichen.

Das **Speichersystem** wurde von DUCCELLIER und ISAM entwickelt und hat sich in den Mittelmeerländern mehr oder weniger gut bewährt. Dabei wird ausschließlich Festmist in Verbindung mit Jauche in zwei oder mehreren gasdichten Faulbehältern ausgefault. In der Regel handelt es sich dabei um ca. 2 m hohe Blechbehälter, die zu 9/10 mit Stallmist gefüllt, dann mit Jauche und Impfflüssigkeit übergossen und anschließend mit einem Deckel verschlossen werden. Nach ca. 3 Monaten Ausfaultzeit werden die Behälter entleert und wieder neu befüllt. Die periodische Gasabnahme erfolgt bei einem gewissen Druck in ein nebenstehendes Gasometer.

Durch den unterschiedlichen Druck im Faulraum ändert sich der Flüssigkeitsspiegel, welcher für die notwendige Umspülung sorgen soll. Eine spezielle Aufheizeinrichtung ist nicht vorgesehen; im Winter werden die Behälter meist umpackt um die bei der aeroben Zersetzung des Mistes freiwerdende Wärme zu nutzen. Als Vorteil dieses Verfahrens ist zu nennen, dass Festmist vergoren werden kann, die Anlage relativ unkompliziert ist und baukastenartig erweitert werden kann. Dass dieses Verfahren keine stärkere Verbreitung gefunden hat liegt daran, dass durch den intermediären Betrieb der Arbeitsaufwand äußerst hoch ist und dass ohne spezielle Zusatzheizung in Verbindung mit einer gezielten Isolation in unseren Breitengraden keine positive Energiebilanz erwartet werden kann.

Das **Wechselbehältersystem** wurde in den 50er Jahren in Deutschland entwickelt und konnte als einziges schon damals Produktionsreife erlangen. Durch tägliche Zugabe von pumpfähigem Substrat mit relativ hohem Häckselstrohanteil (bis zu 5 kg pro GV/und d) werden die Behälter, ausgehend von einer Restschlammmenge von etwa 1/3 der Behälterkapazität (Impfschlamm) im Wechsel allmählich gefüllt und bei maximaler Füllung noch weitere 14 Tage ausgefault. Durch den unterschiedlichen Niveaustand der beiden Behälter wird eine nahezu kontinuierliche Gasproduktion erzielt. Kennzeichnend für das System ist auch die Zentralpumpe mit der das Substrat aus der Vorgrube den Faulbehältern zugeführt und der ausgefaulte Schlamm

in den Lagerbehälter gepumpt wird. Daneben ist die Zentralpumpe in der Lage, durch eine in der Höhe teleskopartig verstellbare Spritzdüse die auftretenden Schwimmschichten gezielt zu zerstören und eine Homogenisierung von Frisch- und Faulschlamm zu erreichen. Die Aufheizung der Faulbehälter auf ca. 37° C erfolgt durch zwei externe Wärmetauscher, bestehend aus schlangenförmig gewundenen Stahlrohren im Wasserbad. Durch die Stahlrohre mit 100 mm Ø wird die Faulgülle mittels einer kleinen Pumpe verstopfungsfrei zur Aufwärmung hindurchgedrückt.

Kennzeichnend für das **Durchflusssystem** ist, dass dem Fermenter kontinuierliche bzw. in kurzen Zeitabständen frische Substrate zugeführt und dabei gleichzeitig ein entsprechendes Volumen Faulschlamm abgezogen wird. Während die Gasproduktion relativ konstant ist, lässt es sich bei diesem System nicht vermeiden, dass je nach Anlagenart eine mehr oder weniger große Frischgutmenge mit dem Faulschlamm abgezogen wird. Die Gasspeicherung erfolgt entweder getrennt oder ist im System integriert. Nach dem Durchflusssystem werden zurzeit die meisten Biogasanlagen in Europa gebaut. (*Landtechnik Weihenstephan, 1988*)

3.7.1 Funktionsbeschreibung

Eine Biogasanlage besteht aus mehreren Komponenten. In der **VORGRUBE** werden Mist, Gülle und Futterreste gesammelt und mit einem Tauchschnidwerk zerkleinert. Bei Biogasanlagen mit Co-Fermentation (der Anteil an zugesetzten Speiseresten bzw. Speisefetten und Speiseölen bei zusätzlicher Co-Fermentation darf nicht höher als 30 % der Gesamtmenge sein) können überdies Speisereste, Speisefette und Speiseöle (z.B. aus Gasthäusern oder Großküchen) zugesetzt werden.

Über eine unterirdisch verlegte Pumpleitung gelangt das gesammelte Material in das Herzstück der Anlage – den **FERMENTER**. Im Fermenter, der meist mit einer Fußbodenheizung ausgestattet ist, findet bei einer Temperatur von rund 38° C, sowie unter Luft- und Lichtabschluss der Vergärungsprozess statt. Die

nötige Energie zur Beheizung des Fermenters wird in der Biogasanlage erzeugt.

Im **NACHFERMENTER** (Nachgärbehälter) wird der Vergärungsprozess abgeschlossen, wobei die Gesamtverweildauer des Substrates rund 60 Tage beträgt. Während der Vergärung verhindert ein Tauchmotorrührwerk die Bildung von Sink- und Schwimmschichten.

Das bei der Vergärung entstehende Biogas wird in einen **GASAUFBEREITUNGSRAUM** geleitet, wo es entwässert, gereinigt und anschließend in einem speziellen Kunststoffbehälter (**Gasspeichersack**) zwischengespeichert wird.



Abb. 3: Biogasanlage der Familie Penz

Im BLOCKHEIZKRAFTWERK wird die im Biogas vorhandene Energie in Strom bzw. Wärme für den Eigen- bzw. Fremdbedarf umgewandelt. Rund ein Drittel der Biogasmenge wird benötigt, um die Fußbodenheizung des Fermenters zu betreiben, ein Drittel steht für die Beheizung der Wohn- bzw. Stallgebäude zur Verfügung, das letzte Drittel wird in Strom umgewandelt, der entweder für den Eigenbedarf genutzt oder in das öffentliche Stromnetz einspeist wird. (Folder Energietechnik Anlagenbau Ges.m.b.H. 8940 Liezen)



Abb.5: Siloking Mischwagen (stationär)



Abb.4: Rührwerk

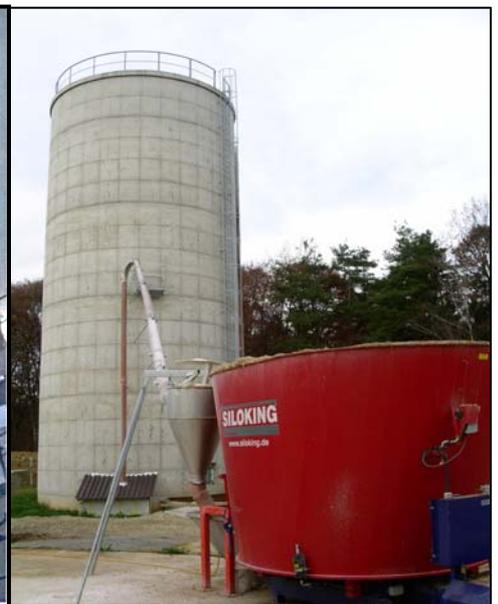


Abb.6: Fermenter Außenansicht



Abb.7: Blockheizkraftwerk



Abb.8: Endlager

3.8 Zusatzmittel allgemein

Eine hohe Prozessstabilität und die gute Gasproduktion der zugesetzten Substrate sind für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Biogasanlage von großer Bedeutung (siehe auch Kapitel 2.1). Für besonders „schwierige“ Substratmischungen werden Zusatzmittel angeboten, die zum einen den Prozess stabilisieren und/oder die Methanausbeute steigern sollen.

Im Allgemeinen wird von den Vertreibern von Güllezusätzen als ein wesentlicher Vorteil immer wieder eine verbesserte Pflanzenverträglichkeit der damit behandelten Gülle genannt. Die Ergebnisse von Untersuchungen der LVVG Aulendorf, bei dem der Einfluss von Güllezusätzen auf die Wurzellänge von Gartenkresse geprüft wurde, zeigen ein ernüchterndes Ergebnis. Unter insgesamt neun Resultaten der Versuchsreihe von 1994 war nur ein einziges gesichert positiv, zwei hingegen gesichert negativ, die restlichen lagen im Zufallsbereich. Eine weitere Untersuchung (1990) brachte ebenfalls keinen gesicherten positiven Effekt zutage. Möglicherweise auftretende Ätزشäden an Pflanzen durch die Anwendung von Wirtschaftsdüngern sind primär auf Mängel bei der Ausbringung zurückzuführen!

Kleinere Mengen, gut verteilt zu den einzelnen Aufwüchsen bei geeigneter Witterung (leicht regnerisch, bedeckt, windstill) ausgebracht, verhindern derartige Probleme und erhöhen dadurch auch die Effizienz der Wirtschaftsdünger.

Inwieweit ähnliche Zusatzmittel wie sie für die Rohgülle zur Vergärung im Stall angeboten und verwendet werden, diese auch für Biogasanlagen Verwendung finden können, ist derzeit ein Forschungsschwerpunkt verschiedener Forschungsinstitute.

4) Material und Methoden

Auf einem biologisch bewirtschafteten Praxisbetrieb im mittleren Ennstal wurden an einer Rohrfermentieranlage mit Wirtschaftsdüngern (Fest- und Flüssigmist) im Parallelverfahren Untersuchungen zur Wirksamkeit eines Substratzuschlagsstoffes hinsichtlich der Auswirkungen auf Gasbildungsvermögen und Gasqualität durchgeführt. Mittels eines Dräger-Gerätes wurde die Gasmessung durchgeführt. Diese gab Aufschluss über die Wirksamkeit des Zusatzmittels. Das Zeolith der patentierten IPUS meth-max® Produktgruppe wurde in täglichen Gaben zu je 16 kg durch eine Wasserpumpe dem Fermenter 1 beigemischt. Die Bereitstellung der Probeflaschen, Drägerröhrchen und der Protokollformulare für die Ergebnisse erfolgte durch die HBLFA Raumberg - Gumpenstein. Vom Endlager wurden Proben zu je 1000 mL in verschraubbaren PVC-Flaschen genommen. Alle Proben wurden von Mitarbeitern der HBLFA Raumberg-Gumpenstein entnommen. Die Probenentnahme erfolgte meist nach einem fünf Minuten dauernden Rührintervall, um die Homogenität der beprobten Medien und die Repräsentativität der Proben zu gewährleisten. Nach der Probenentnahme wurden die Proben zur HBLFA Raumberg-Gumpenstein transportiert und danach bis zur Analyse, die innerhalb von 24 Stunden erfolgte, gekühlt. Der Probentransport erfolgte mittels PKW durch Mitarbeiter der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

4.1 Betriebsbeschreibung



Abb.9: Betrieb Steiner Michael vlg. Ladreiter

Der Betrieb von Michael Steiner vlg. Ladreiter liegt in Stein an der Enns im Ennstal auf 700 m Seehöhe. Seit 1993 wird der Betrieb biologisch bewirtschaftet. Eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 50 ha stehen zur Verfügung. Hiervon sind 11 ha gepachtet.

Diese Nutzfläche wird ausschließlich als Grünland genutzt.

Der Viehbestand besteht aus 71,2 GVE (Großvieheinheit) welche sich in

- 8 Kühe trockenstehend je 800 kg LG = 1,6 GVE/Kuh = 12,8 GVE
- 8 Kalbinnen je 550 kg LG = 1,1 GVE/Kalbin = 8,8 GVE
- 6 Kalbinnen je 400 kg LG = 0,8 GVE/Kalbin = 4,8 GVE
- 32 Kühe melkend je 700 kg LG = 1,4 GVE/Kuh = 44,8 GVE aufteilen.

Dem Betrieb steht ein Kontingent von 171.000 kg A-Quote und 60.000 kg D-Quote zur Verfügung. Außerdem werden sehr viele Produkte über die hofeigene Direktvermarktung verkauft.

Der Maschinenpark ist durch sehr intensive Wartung voll funktionsfähig.

So stehen dem Betrieb unter anderem zur Verfügung:

- Steyr 8080, Allradantrieb, 5700 Bst., Bj. 1984
- Steyr 650, 5100 Bst., Bj. 1978
- Gülleverschlauchung, für 30 ha
- Schleppschlauchverteiler; 8 m Arbeitsbreite
- Krone Mähwerk, 2,80 m Arbeitsbreite,
- Krone Zetter, 6,60 m Arbeitsbreite
- Kuhn Doppelschwader, 7 m Arbeitsbreite
- Pöttinger Ladewagen, 35 qm
- Bauer Güllefass, 6000 Liter, Nachbarschaftshilfe

4.1.1 Anlagenbeschreibung

- 27 kWh Leistung (BHKW)
- Antrieb: 1 PS
- Getriebe: 26 U/min
- Rührwerk: 2 U/min
- linksdrehend
- Mischgrube: 15 m³
- Rohrfermenter: 2 x 100m³
- Endlager: 800 m³
- Paddelrührwerk: 30 Minuten Intervall zu je 2 Minuten
- Temperatur: 35° C mesophil
- 30 % werden ins Stromnetz eingespeist, 70 % werden für den Gastbetrieb und für die hofeigene Käserei verwendet
- Einspeisungstarif: 0,14 € für Wintermonate bei hohem Einspeisungstarif, bei niedrigen Einspeisungstarif 0,06 €; In Sommermonaten (ab 1. April) werden 0,058 € pro kWh bezahlt.

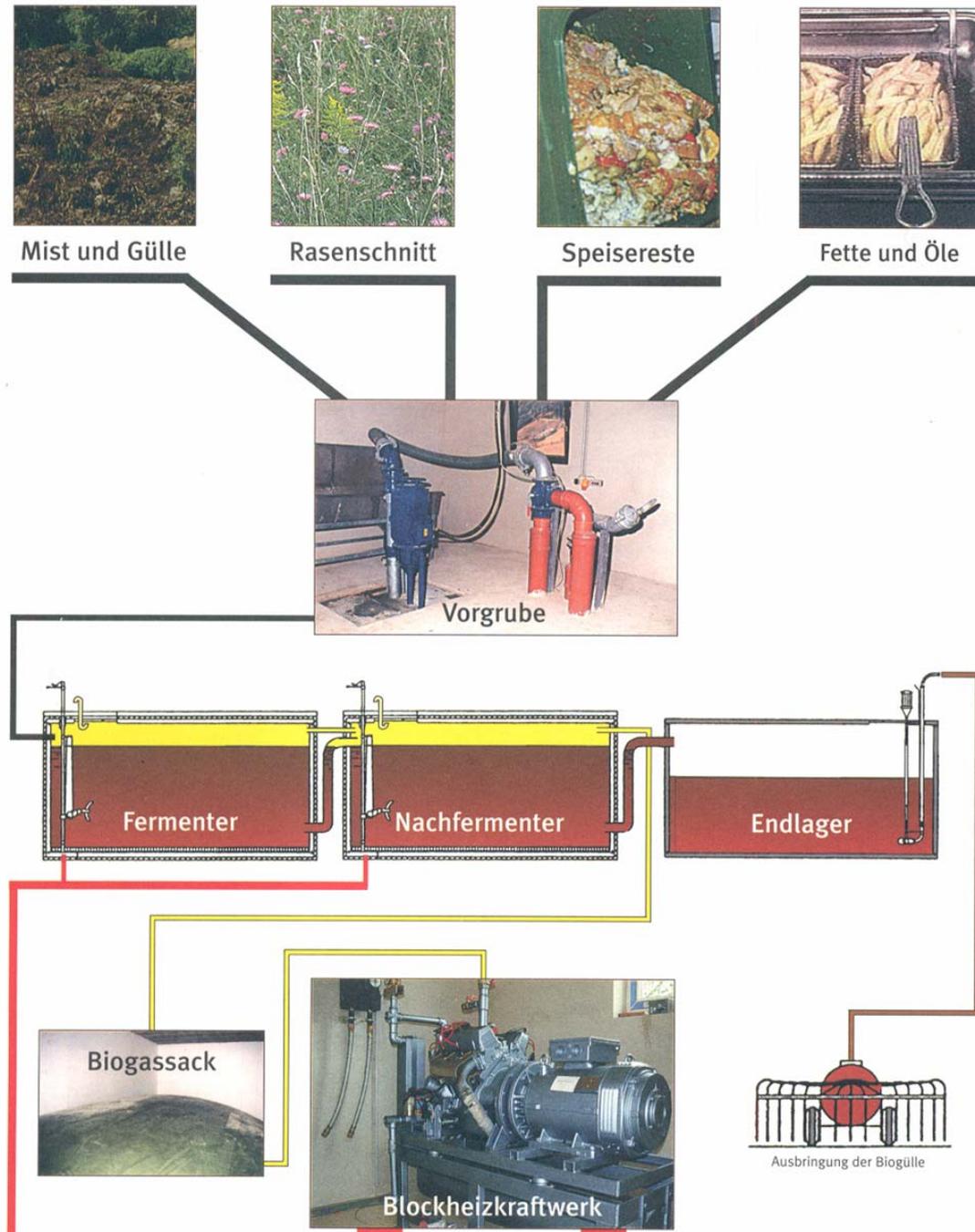


Abb.11: Biogasanlage - Verfahrensskizze

4.1.2 Untersuchungen an der Anlage

Die täglichen Untersuchungen (Gasmengenerfassung, Gasqualitätskontrolle..) wurden täglich zur gleichen Zeit vorgenommen, um ein gesichertes Ergebnis zu ermöglichen. Angefangen von den Gasmengenmessungen um einen spezifischen Gasertrag errechnen zu können, über den Zähler im Motorraum, der zur Kontrolle verwendet wurde, kam man zu den einzelnen Gasmessungen. Hierbei war der Methangehalt sicherlich der wichtigste, denn als Ziel wurde eine Verschiebung des Verhältnisses $\text{CO}_2:\text{CH}_4$ zugunsten des Methangehaltes vorgegeben. Als Ziel sollten über 60 Vol% an Methan enthalten sein. Weiters wurden Schwefelwasserstoff (H_2S) und Ammoniak (NO_3) gemessen. Ein weiterer Untersuchungspunkt war die Temperaturmessung im Fermenter. Hier wurde jeweils eine Sonde in die Fermenter über eine 1,0 m tiefe Tauchhülse abgesenkt, wo man über eine digitale Ablesevorrichtung die genauen Temperaturschwankungen aufzeichnen konnte.

4.2 Zeolith als Zusatzmittel

4.2.1 IPUS meth - max[®]

Die patentierte IPUS meth-max[®] Produktgruppe umfasst leistungssteigernde Katalysatoren für Vergärungsprozesse zur Biogasgewinnung. Als Basis dienen natürliche nanoporöse Alumosilikat-Mineralien, die durch ein patentiertes Verfahren zur Veredelung modifiziert werden. Dies ermöglicht eine optimale Anpassung der Produkte an die jeweils eingesetzte Substratkombination. Derzeit sind drei verschiedene IPUS meth-max[®] - Produkte für NAWAROS-Anlagen (nachwachsende Rohstoffe aus landwirtschaftlicher Produktion), für Co-Fermenter und für Biomüllvergärer auf dem Markt. IPUS meth-max[®] wird als Pulver in die Vormischgrube bzw. den Fermenter eingebracht und übt dort in Wechselwirkung mit der aktiven mikrobiellen Biomasse und der chemischen Zusammensetzung der Fermenterflüssigkeit eine stabilisierende Funktion bei

der Methanisierung der Substrate aus. Dies führt zu einer Verstärkung der mikrobiellen Aktivität, die sich in einer Beschleunigung der Methanbildungsrate, einer Erhöhung der Gasausbeute um bis zu 50 %, und in einer Verbesserung des Methangehaltes im Biogas äußert. Die Bildung von Biogas aus NAWAROS (nachwachsende Rohstoffe aus landwirtschaftlicher Produktion) bzw. Co-Fermentationsprodukten (z.B. Speiseresten, Biomüll, Altfetten, u.ä.) ist äußerst komplex und reagiert sehr sensibel auf Störungen. Weiters kann es bei einer zu hohen Belastung der Anlage zu einem unausgewogenen Prozessverlauf kommen. Akkumulierte Zwischenprodukte des Stoffwechsels, die in hoher Konzentration die methanbildende Aktivität beeinträchtigen, können ebenfalls den Gasertrag reduzieren. Die Hemmung kann bis zum Stillstand der Anlage und damit zu massiven wirtschaftlichen Einbußen führen. Das Einbringen der IPUS meth-max[®] Produkte puffert zu hohe Konzentrationen dieser Schadstoffe und stabilisiert dadurch den gesamten Vergärungsprozess. Besonders bei proteinreichen Substraten (z.B. Speisereste, Schlachtabfälle,...) entstehen durch den Aminosäurenabbau große Mengen an Ammoniak (NH₃) und Schwefelwasserstoff (H₂S), die hemmend auf das Wachstum und die Vitalität der Mikroorganismen wirken. In Folge dessen sinkt die Gasausbeute und es kommt zu einer verminderten Prozessstabilität. Durch den Biogaskatalysator IPUS meth-max[®] werden der gebildete Schwefelwasserstoff, Ammoniak und weitere Schadstoffe gebunden. Dadurch erfolgt eine Stabilisierung des biologischen Prozesses. Als Ergebnis kann die Raumbelastung erhöht und somit mehr Gärsubstrat durch die Anlage geschleust werden. Dieser Effekt ist speziell für Entsorgungsbetriebe von wirtschaftlichem Nutzen, da die Kapazität der Anlage um bis 50 % erhöht wird. (Beschreibung Firma IPUS meth-max[®])

4.2.2 Zeolith

IPUS-zeo-lift-biokat wurde vom Industrie-, Produktions- und Umwelttechnischen Service GmbH Rottenmann dem Institut für Landtechnik zur Durchführung verschiedener Versuchsreihen zur Verfügung gestellt. Die Wirkung des Tonmineralzusatzes (Zeolith) „IPUS-zeo-lift-biokat“ wurde in Bezug auf das Gärverhalten, das Methanbildungsvermögen und die Biogasqualität von Rinderflüssigmist und Speiseresten untersucht.

Zeolith kann Ammonium an inneren Oberflächen des Tonminerals absorbieren. Dadurch kann Zeolith als leistungssteigernder Zusatzstoff für die Biogaserzeugung aus agrarischen Rohstoffen eine höhere spezifische Methanausbeute und verbesserte Qualität des Biogases bewirken. Ob und in welcher Höhe bei welchen Gärrohstoffen leistungssteigernde Wirkungen von Zeolith als Zusatzstoff für die Biogaserzeugung ausgehen, ist bisher nicht bekannt.

Die Wirkung von Zeolith mit dem Handelsnamen „IPUS-zeo-lift-biokat“ wird in Bezug auf das Gärverhalten, das Methanbildungsvermögen und die Biogasqualität bei der Vergärung von Rinderflüssigmist und Speiseresten untersucht. Empfehlungen zur Verwendung von „IPUS-zeo-lift-biokat“ als leistungssteigerndes Zusatzmittel bei der Biogaserzeugung aus agrarischen Rohstoffen und Speiseresten werden aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitet. (Beschreibung Firma IPUS meth-max®)

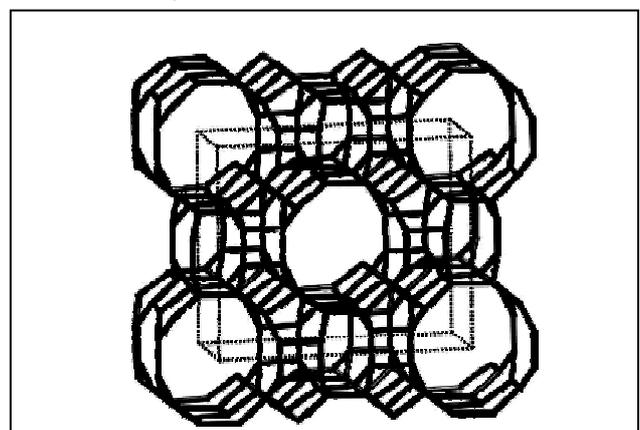


Abb.12: Käfigstruktur eines Zeoliths

4.2.3 Aufwand an Zeolith

Die Dosierung des Zusatzschlagstoffes richtet sich nach dem täglichen Input an organischer Trockensubstanz. Für den Versuchszeitraum wurde die Menge mit 5 % Zuschlagstoff, bezogen auf den Gehalt an oTS, berechnet. Die genaue Dosis des Zusatzmittels Zeolith wurde von der Fa. IPUS errechnet. Der Versuchseinsatz begann am 07. April 2006. Als genaue Vorgabe wurden 16 kg des pulverförmigen Zusatzmittels, mit Wasser verdünnt und in den Fermenter 1 mittels Pumpe über eine Zuleitung im vorderen Drittel des Rohrfermenters eingemischt. Die Zugabe erfolgte täglich um die gleiche Zeit.

4.3 Versuchsbeschreibung

Das klare Ziel des Versuchs bei der Anlage Steiner vlg. Ladreiter in Stein an der Enns ist es, wissenschaftlich fundierte und belastbare Daten über den Einsatz der Produktreihe IPUS meth-max[®] in einer landwirtschaftlichen Anlage mit Co-Fermenten zu sammeln. Zum einen soll die Verbesserung des Gärprozesses durch den Einsatz eines IPUS meth-max[®] Produktes dokumentiert werden, zum anderen soll die Wirkungsweise des eingesetzten Produkts in einer Praxisanlage erforscht werden. Darüber hinaus wird ermittelt in welchem Ausmaß sich die Qualität und die Zusammensetzung des Biogases durch den Materialeinsatz verbessert. Ein wesentlicher Punkt den es hier zu betrachten gilt ist, ob es durch den Einsatz von IPUS meth-max[®] zu einer Verschiebung des Verhältnisses CO₂:CH₄ zugunsten des CH₄ kommt. Für den Versuchszeitraum März bis 15. Juni wurden die beiden Rohrfermenter parallel beschickt. Das ergibt im Parallelverfahren durchschnittliche Verweilzeiten im Hauptfermenter von 23,5 bzw. 27 Tagen.

Die Aufwandmengen für IPUS meth-max[®] wurden seitens der Firma IPUS (Dr. Somitsch) vorgegeben, sollten sich aber im Bereich von 5 % bezogen auf die oTS bewegen. Das Zusatzmittel Zeolith wurde pulverförmig mit Wasser vermischt, und über einen Wasserschlauch in den Fermenter 1 gepumpt. Die täglichen Gaben, waren bei diesem Versuch mit 16 kg/d berechnet.

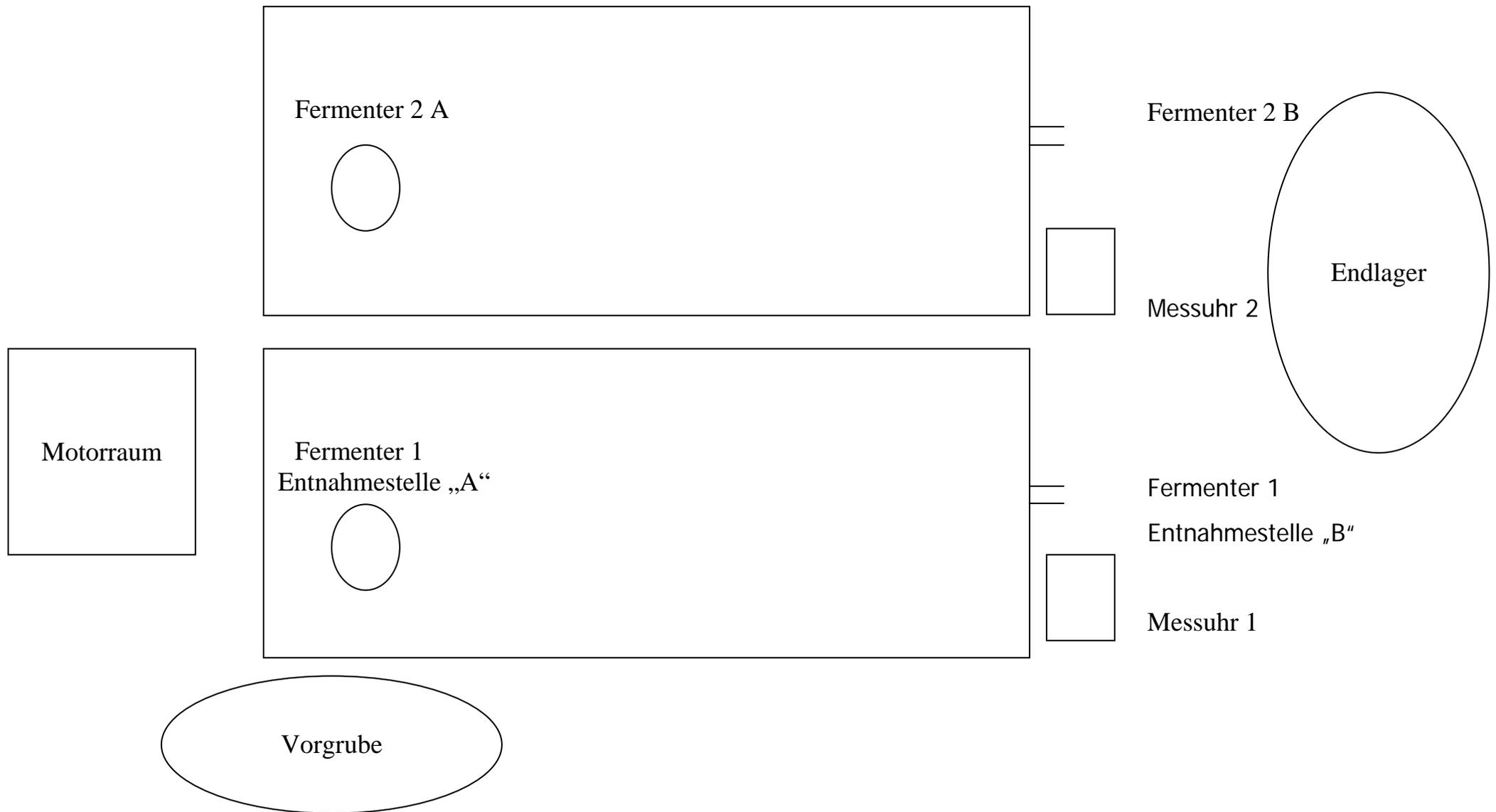


Abb. 13: Schematische Darstellung der Versuchsanlage Steiner mit Probenahmestellen und Messgeräten

4.3.1 Erfassung der Messdaten

Bei den täglichen Messungen, wurden die gesamten Gasmengen, CH₄, H₂S, NH₃ sowie °C mit verschiedenen Methoden entnommen.

Für die Ablesung der Gasmengen benutzen wir einen Gaszähler, den die Universität für Bodenkultur zur Verfügung stellte. Hierbei handelte es sich um ein Modell der Firma ROOTS® METER DRESSER

G 160 NO. 9812290	1998
Q _{max} 250m ³ /h	Q _{min} 1,6m ³ /h
OE 94	



Abb.14: Gaszähler

Bei der Methanuntersuchung wurde auf das DrägerSensor® Smart CATEx – 68 10 410 Gerät zurückgegriffen.



Abb.15: DrägerSensor® Smart CATEx – 68 10 410

Schwefelwasserstoff wurde durch das DrägerSensor® XS EC H₂S HC - 68 09 180 Gerät gemessen.

Bei dem Ammoniaknachweis wurde das DrägerSensor® XS EC NH₃ – 68 09 145 Gerät verwendet.

Die Probentemperatur wurde durch einen Thermometer entnommen.



Abb.16: Temperaturmesser

Um eine Probe direkt vom Fermenter nehmen zu können, wurde ein ca. 1,20 m langer Probestab gebaut, welcher mit zwei Blechdosen, einen ca. 0,5 L großen Auffangbehälter beinhaltete. So konnte die Gülle direkt vom Faulraum entnommen werden, und nach der Übergabe in verschraubbare PVC-Flaschen in die Analyseabteilung der HBLFA Raumberg – Gumpenstein gebracht werden.

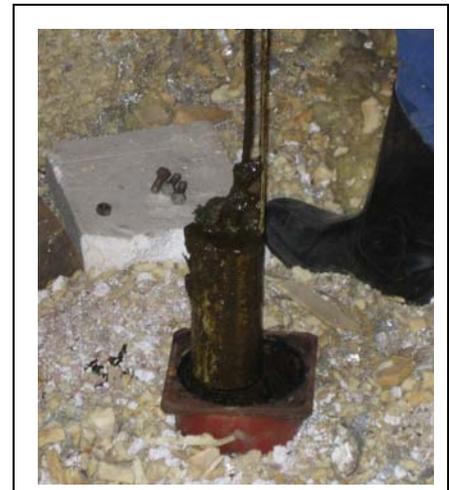


Abb.17: Probenahme Fermenter

4.3.2 Inputdaten

Die hier angeführten Speisereste konnten aufgrund des Konkurses der Firma Kerbel (lieferte die Speisereste), nur im Zeitraum von März bis Mitte April in der Biogasanlage vergoren werden. Am 21. April 2006 wurde wieder auf Weidebetrieb umgestellt, was die Menge an angefallenem Stallmist bzw. Gülle reduzierte (Genaue Inputmengen siehe Tabelle im Anhang Nr.18).

Die Input-Materialien sind pro Fermenter angegeben und wurden zur gleichen Zeit beschickt.

- Stallmist/Gülle: 2,25 m³/d
- Speisereste (März und April); inkl. Waschwasser: 1,5 m³/d
- Speisefette 28. April – 07. Mai: 50 L/d
08. Mai – 16. Mai: 75 L/d
17. Mai – 15. Juni: 100 L/d
- Rasenschnitt (Juni): 1 m³/d

4.3.3 Protokolldaten

Die Untersuchungen wurden immer in ein Protokollheft eingeschrieben und mit den Analysewerten vervollständigt. Da es sich bei den Protokolldaten um mehrere Seiten handelt, wurde anbei nur eine komplette Protokollliste angeführt. Weitere wurden im Anhang aufgelistet.

Tab.3: Protokollheft vom 16.03.2006 in g/kg FM, Ergebnisse scheinen im Anhang auf.

		Fermenter 1			Fermenter 2		
Datum	Uhrzeit	Gaszähler	Gasertrag	Spezifischer Gasertrag	Gaszähler	Gasertrag	Spezifischer Gasertrag
16.03.2006	08:00						
		CH ₄	H ₂ S	°C	CH ₄	H ₂ S	°C

	Behälter 1A	Behälter 1B	Behälter 2A	Behälter 2B
Trockenmasse				
Asche				
Ca				
Mg				
K				
P				
N				
NH ₄ -N				
pH				
Essigsäure				
Propionsäure				
Buttersäure				
Milchsäure				

5) Ergebnisse

5.1 *Biogaserträge*

Die in den Untersuchungen gewonnenen Daten wurden für eine bessere Übersichtlichkeit in Abbildungen graphisch dargestellt, die Einzelwerte befinden sich im Anhang. Großer Wert wurde auf Biogas-, spezifischer Biogas,- und Methanertrag gelegt. Speziell die Gasertragskurve, wie auch die Qualitätskurve geben Aufschluss über diesen Versuch. Bei der chemischen Zusammensetzung der Substrate wurde veranschaulicht, welche Stoffe die Inputmaterialien enthalten. Sehr wichtig waren in diesem Projekt die Fettsäuren der einzelnen Komponenten.

5.1.1 Biogasertrag

Der Biogasertrag wurde vom 1. April 2006 bis 18. Juni 2006 gemessen, wobei am 07. April 2006 mit dem Einsatz des Zusatzmittels Zeolith begonnen wurde. Der Biogasertrag schwankte zwischen 54,0 und 236,5 m³/d im Fermenter 1 (Zusatz des Mittels Zeolith) und 46,7 und 202,6 m³/d im Fermenter 2 (kein Zusatz des Mittels Zeolith).

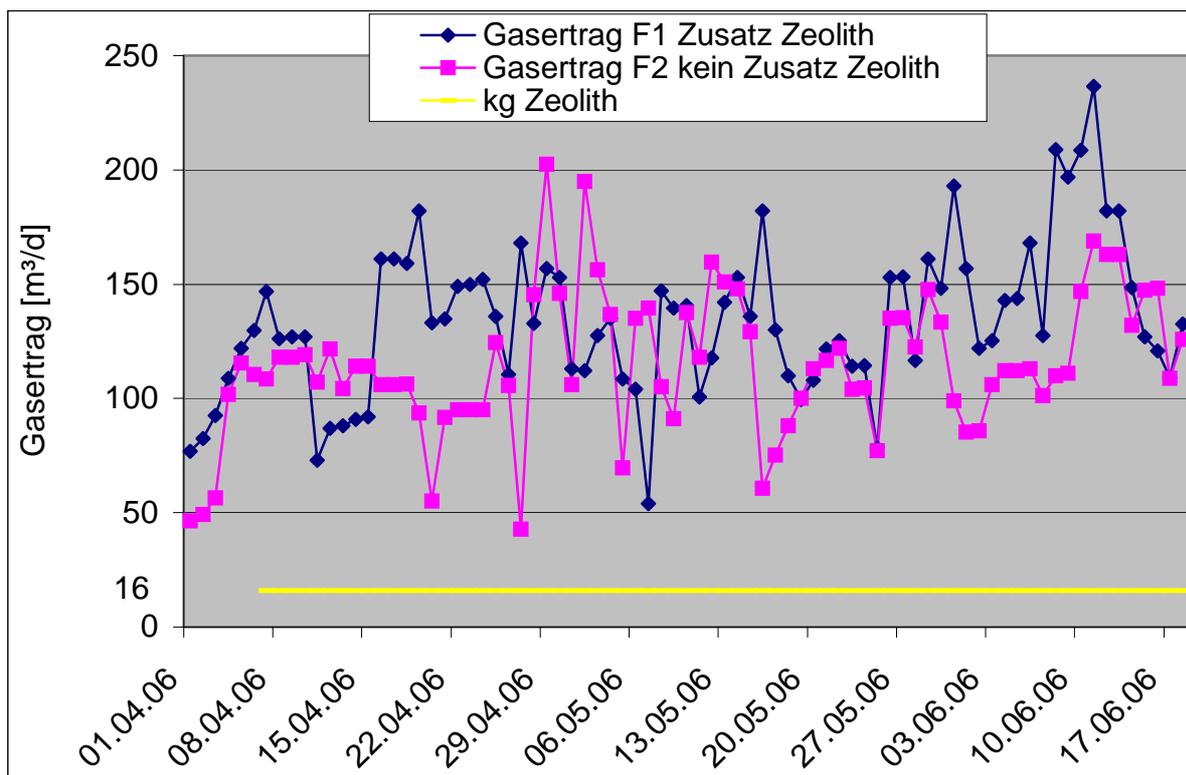


Abb.18: Biogasertrag m³/d

5.1.2 Spezifischer Biogasertrag

Der spezifische Biogasertrag gibt Aufschluss über den Biogasertrag bezogen auf das Behältervolumen und ist somit eine gute Vergleichszahl der Leistungsfähigkeit einer Anlage, unabhängig von der Anlagengröße. Er spiegelt die einzelnen Ertragstage wieder und ist für diesen Versuch von größtem Wert. Der spezifische Biogasertrag wird durch folgende Formel errechnet:

$\text{m}^3 \text{ produzierter Gasertrag/d} : \text{Behältervolumen in m}^3$

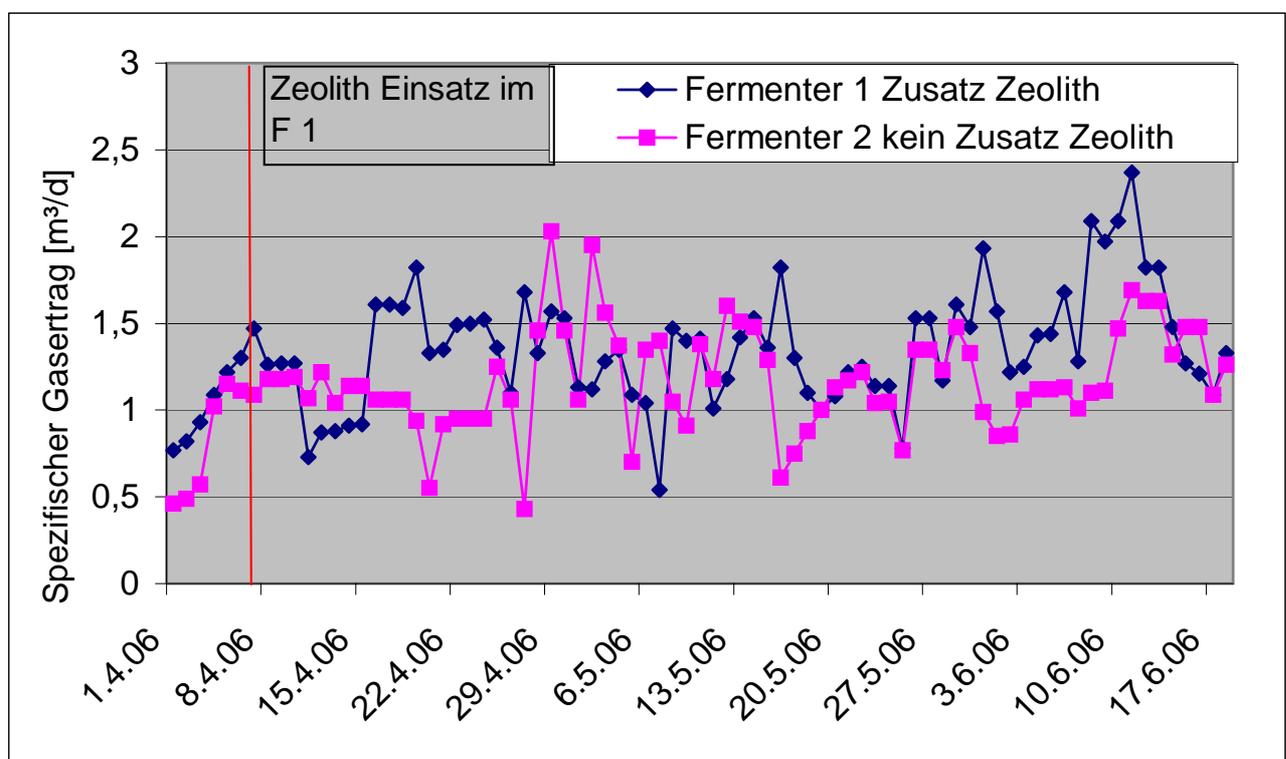


Abb.19: Spezifischer Biogasertrag in m³/d

5.1.3 Methangehaltswerte

Methan wurde vom 1. April 2006 bis 18. Juni 2006 gemessen, wobei am 07. April 2006 mit dem Einsatz des Zusatzmittels Zeolith begonnen wurde, was sich speziell auf den Methangehalt im Biogas positiv auswirkte. Eine Besonderheit waren sicherlich die Schwankungen von Beginn des Versuchs bis zum Ende. So wurden Schwankungen im Fermenter 1 (Zusatz des Mittels Zeolith) und Fermenter 2 (kein Zusatz des Mittels Zeolith) von 47,5 bis 63,5 Vol% aufgezeichnet.

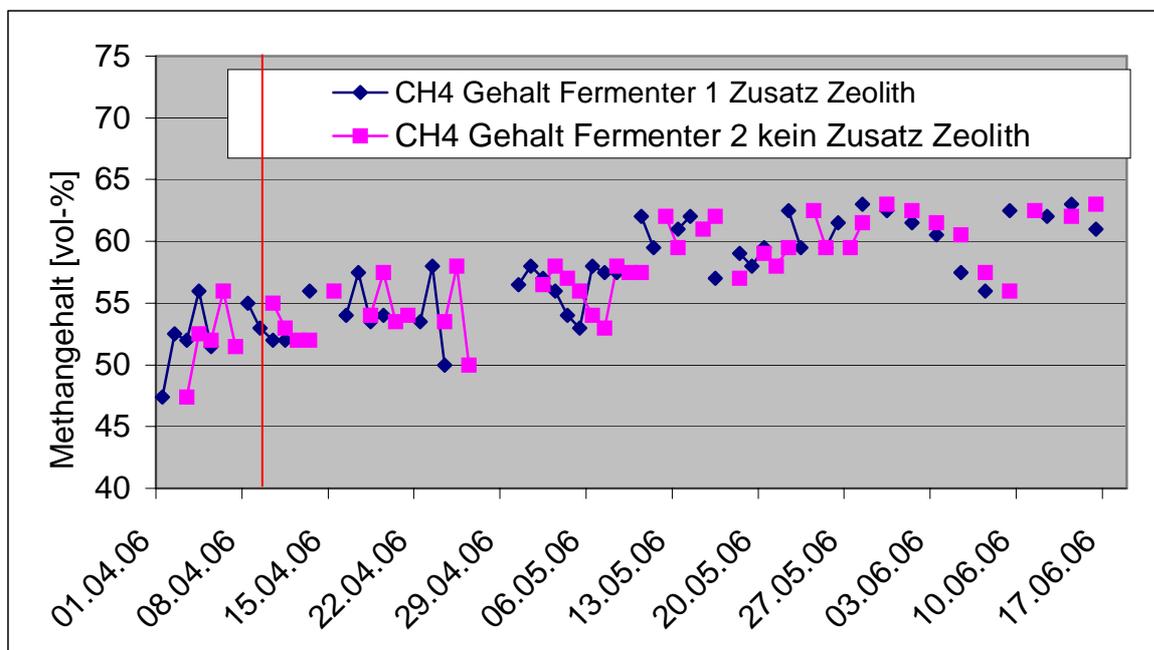


Abb.20: Methangehalt in Vol%

5.2 Biogaszusammensetzung

Das Biogas setzt sich aus mehreren Bestandteilen zusammen (siehe Kapitel Literaturüberblick). An dieser Biogasanlage wurden nicht nur die Gase Methan, Schwefelwasserstoff und Ammoniak gemessen, sondern auch die Temperatur, welche an einer Biogasanlage eine große Rolle spielt.

Der H₂S Gehalt war speziell am Anfang des Projektes sehr hoch. Aber mit Fortdauer des Versuches pendelte sich der Schwefelwasserstoffgehalt bei 100 – 200 ppm ein. Im Fermenter 1 (Zusatz Zeolith) sank der Gehalt recht schnell um bis zu 400 ppm, am Versuchsende waren sowohl Fermenter 2 (kein Zusatz Zeolith) wie auch der Fermenter 1 im selben Bereich.

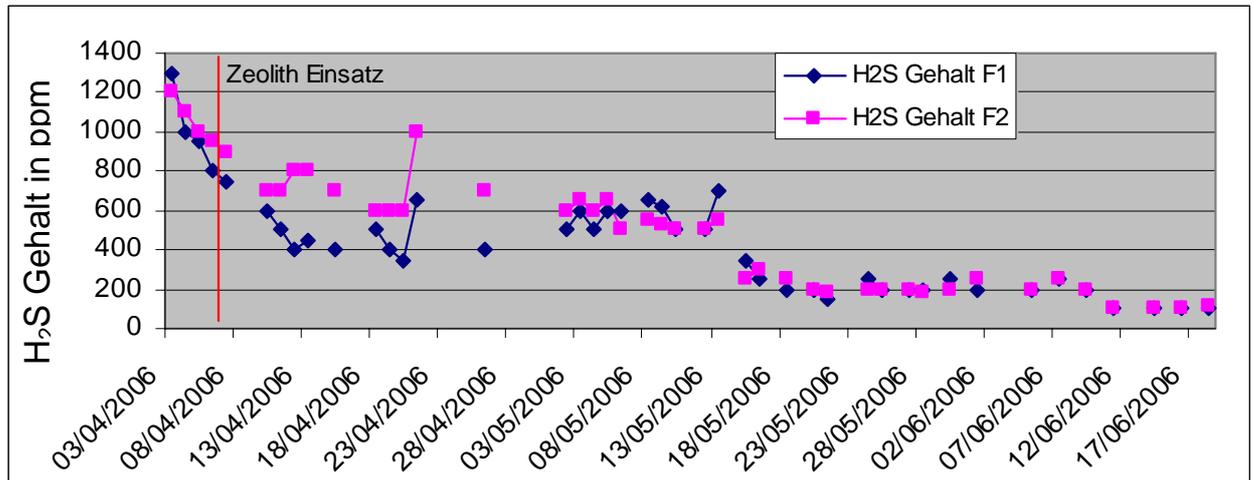


Abb.22: H₂S Gehalt in ppm

Das besondere an dieser Abbildung ist, dass der Temperaturverlauf mit der Länge des Versuches anstieg. Speziell der Fermenter 2 (kein Zusatz Zeolith) konnte bis zum Projektende einen Temperaturanstieg von 14° C vermerken. Der Fermenter 1 (Zusatz Zeolith) schwankte bis zum Ende im 40° C Bereich.

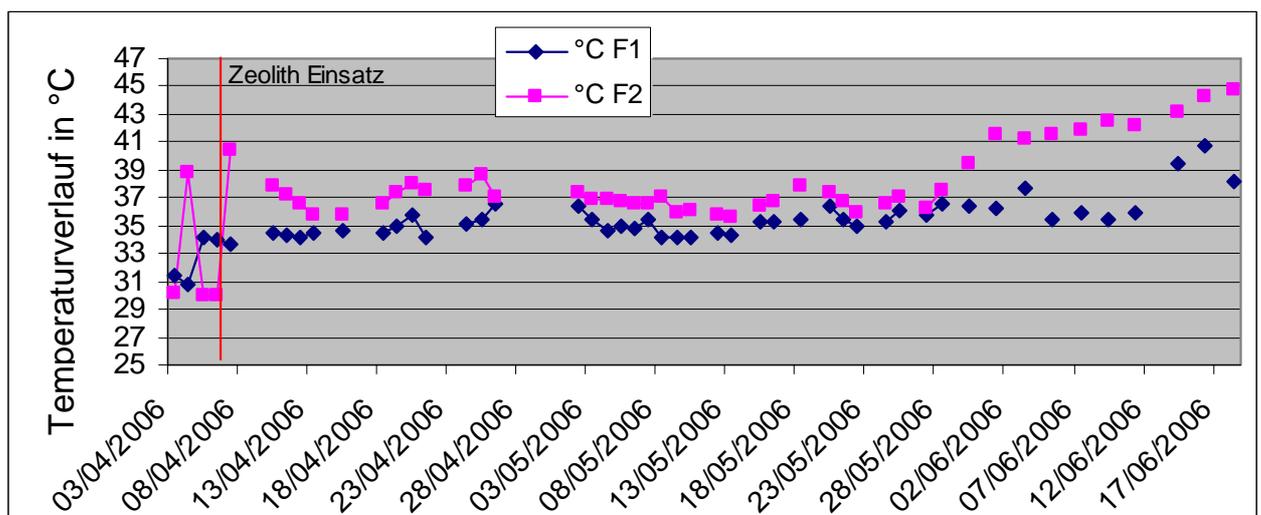


Abb.23: Temperaturverlauf in C°

5.3 Chemische Zusammensetzung der Substrate

Grundsätzlich bestehen die Inputmaterialien aus unterschiedlichen chemischen Komponenten, daher wurde in diesem Zusammenhang eine Tabelle gezeichnet, welche die Zusammensetzung dieser Substrate leichter veranschaulichen lässt. Die Gülle wurde in die Analyseabteilung gegeben und alle Zusammensetzungen herausgefiltert. Hierbei kam man zu dem Entschluss, dass sich in dieser Biogasgülle u.a. diese Stoffe befinden.

Tab.4:Zusammensetzung einer Biogasgülle in %

Ca	1,04
Mg	2,68
P	0,55
N	2,97
NH ₄ -N	0,96
ES	0,70
PS	0,34
BS	0,00
MS	0,00

6) Diskussion der Ergebnisse

Über 3,5 Monate wurden auf einer Biogasanlage an einem Praxisbetrieb der Prozessverlauf genau verfolgt und verschiedene Parameter erfasst und aufgezeichnet. Speziell im Bereich der Inputdaten wurde großer Wert darauf gelegt, wie viel, wie lange und welche Stoffe der Biogasanlage zugeführt wurden. Dabei gab es einige Besonderheiten, welche die Interpretation der Ergebnisse erschwerten. Beispielsweise ging die Firma Kerbel in Konkurs, was die Anlieferung der Speisereste stoppte. Wie im Literaturüberblick angeführt liefern Fette, Mais aber auch Speisereste einen sehr guten Biogasertrag. Im Projekt konnten diese hohen Biogaserträge, wie sie aus der Literatur bekannt sind, nicht erreicht werden. Durch die Zugabe von reinem Speisefett konnte die niedrige Biogasproduktionsleistung einigermaßen kompensiert werden und einen ordentlichen Versuchsablauf garantieren.

Weiters wurde ab 21. April wieder auf Weidebetrieb umgestellt, was sich auf den Anfall an Mist bzw. Gülle negativ auswirkte. Die zwischengelagerte Gülle zeigte nicht das gleiche Produktionsvermögen wie das täglich anfallende Festmist-Güllegemisch direkt aus dem Stall. Ein weiteres Problem stellten die Probenentnahmestellen dar, während der Probenentnahme musste der Domdeckel geöffnet werden und somit konnte während dieser Zeit Gas austreten. Ab 01. Juni wurde auch Rasenschnitt als Inputmaterial verwendet. Am 18. Juni wurde das Projekt 82 Tagen nach Einbau der beiden Messuhren beendet. In dem Versuchszeitraum von 28. März 2006 bis 18. Juni 2006 wurden im Fermenter 1 (Zusatz des Mittels Zeolith) genau $10.763,50 \text{ m}^3$ Biogas produziert, was um $1.698,00 \text{ m}^3$ mehr als im Fermenter 2 (kein Zusatz des Mittels Zeolith) war. Die Mehrproduktion kann auf den Einsatz von Zeolith zurückgeführt werden. Insgesamt wurden somit $19.830,00 \text{ m}^3$ Biogas gewonnen und dieses zu 30% in das örtliche Stromnetz eingespeist.

Der Methangehalt wies einen Schwankungsbereich von bis zu 16 Vol% auf (Grund: Abwechslungsreiche Substratzumischungen).

Als sehr aussagekräftig wurde der Methangehalt auch auf der folgenden Abbildung interpretiert. In jener Grafik lässt sich veranschaulichen, dass der Schwankungsbereich des Methans im Fermenter 1 annähernd gleich wie im Fermenter 2 war, was aufgrund des Umstandes, dass im Fermenter 1 Zeolith beigemischt wurde, doch als ein negativer Punkt aufzunehmen ist.

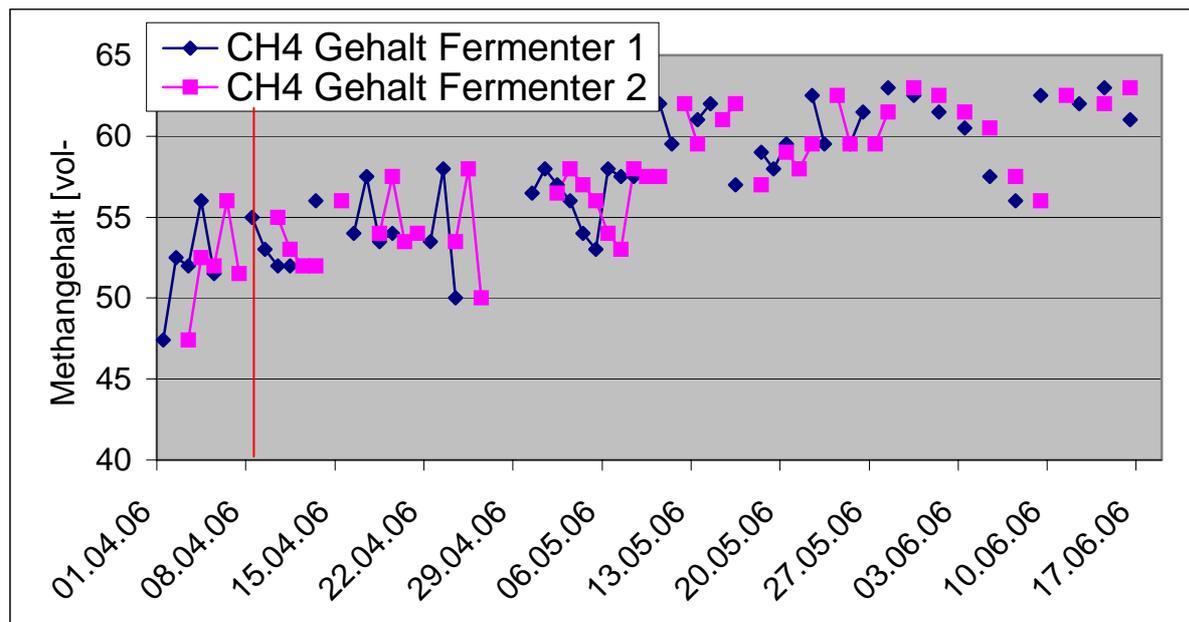


Abb.24: Methangehalt in Vol%

Als Besonderheit wurde auch die Tatsache aufgefasst, dass neben dem Temperaturanstieg beider Fermenter auch der H₂S von Anfangs 1300 ppm im Fermenter 1 und 1200 ppm im Fermenter 2 bis zum Ende des Versuchszeitraums auf 100 ppm in beiden Fermentern absank. Diese Werte waren jedoch stark mit der beigemischten Menge an Speiseresten verbunden.

Insgesamt kam man zu dem Entschluss, dass das Zusatzmittel Zeolith der patentierten Produktgruppe IPUS meth-max[®] keine Wirkung zeigte, weil die Anlage nur im Schwach- und Mittellastbereich lief (ca. 1,5 – 2,3 m³/m³ Fermentervolumen), was speziell für dieses Mittel einfach zu wenig ist. Einen wesentlichen Anteil an diesem Ergebnis sind sicherlich die zu schwach belastenden Substratmischungen, was auch durch *Amon Th. 1997* bestätigt

wird. Die Inputmaterialien Mais, Speisefette oder auch Speisereste hätten von Anfang bis Ende beigemischt werden müssen.

In diesem Bereich ist noch ein Denkansatz zu beachten:

Vor allem der Einsatz von bestimmten Inputmaterialien wie Mais, Speisefette, Backabfälle ist zu überlegen. Jedoch sollte nicht nur auf den Ertrag an m³ Biogas/t Substrat geachtet werden, sondern auch, ob man dieses Substrat auch wirtschaftlich durch andere Inputmaterialien ersetzen kann. Denn wenn der Aufwand größer ist als der Gewinn, ist dies nicht die ideale Lösung.

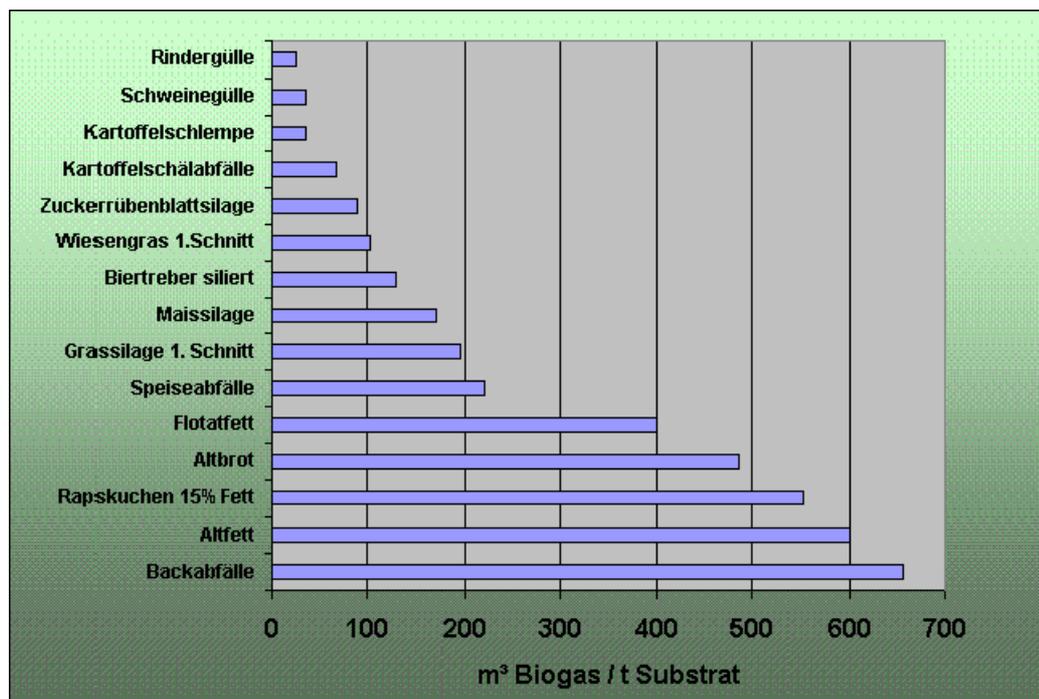


Abb.25: m³ Biogas / t Substrat

7) Zusammenfassung – Abstract

In der vorliegenden Diplomarbeit wurden „Untersuchungen an einer Biogasanlage im Hinblick auf verbesserte Biogasproduktion durch Zusatzmittel“ durchgeführt. Anstoß für diese Arbeit war die Frage, ob man bei einer Biogasanlage mit 25 kW P_{el} eine Biogasproduktionssteigerung mit dem Zusatzmittel Zeolith der Firma IPUS meth-max[®] erreicht.

Die Untersuchungen ergaben, dass die Zusatzmittel im Schwachlastbereich keine volle Wirkung zeigen. Im Mittel konnte eine leichte Steigerung der Biogaserträge durch IPUS meth-max[®] Zusatz erreicht werden. Der spezifische Biogasertrag lag zwischen 0,4 und 2,4 m³/d. Behältervolumen. Zwischen den beiden Versuchsvarianten konnte kein (nur an wenigen Tagen konnte der Fermenter 1 [Zusatz des Mittels Zeolith] mehr Biogas produzieren) Unterschied festgestellt werden.

Vorraussetzung für ein Gelingen der Ertragssteigerung durch Zusatzmittel ist vermutlich ein hoher Anteil an eiweißhaltigen Co-Fermentationsprodukten wie Speisereste, Schlachtabfälle oder Ähnliches.

Die Anlage wurde im Schwach- und Mittellastbereich geführt, was zur Folge hatte, dass die Zugabe des Mittels IPUS-zeo-lift-biokat (Zeolith) keine Wirkung zeigte. Erst nach der gesteigerten Zugabe von Speisefetten (bis zu 100 kg/Fermenter) konnte eine verbesserte Biogasproduktion festgestellt werden. Speziell bei der Methanuntersuchung stellten sich keine Unterschiede zwischen Fermenter 1 (Zusatz des Mittels Zeolith) und Fermenter 2 (kein Zusatz des Mittels Zeolith) heraus. Bei der Schwefelwasserstoffanalyse wurden nur zu Beginn des Versuches erhöhte Werte analysiert, was auf die beigemengten Speisereste zurückzuführen ist. Später wurden in beiden Fermentern nur mehr Werte um 100 ppm gemessen.

Hauptaussage des Projektes

An der Biogasanlage von Michael Steiner vlg. Ladreiter, **konnte bei**

- **geringen Leistungswerten** (die Anlage lief im Schwach- und Mittellastbereich, das sind zwischen 1,5 u. 2,3 m³/m³ Fermentervolumen)
- **und zu schwach belastenden Substratmischungen** (Gülle und Speisefett ist zuwenig)

keine positive Wirkung (Ertragssteigerung) durch das Zusatzmittel Zeolith der patentierten Produktgruppe IPUS meth-max[®] **festgestellt werden.**

Abstract

This diploma thesis concentrates on the examination of a biogas plant in view of increased biogas production, when additional materials are added/preparations are taken. The goal of this experiment was to increase the biogas production of a 25 kWh plant with the addition of "ZEOLITH" from the company IPUS meth-max[®].

The experiment showed, that the ZEOLITH only had effects in the high burden area. In the middle of the plant only a slight increase of biogas production due to the inclusion of IPUS meth-max[®] was identifiable; the specific biogas output seen was 0,4 to 2,4 m³/day container volume. A difference between the two attempt variants could not be ascertained; only on occasional days did fermenter1 produce more specific biogas output. The prerequisite for an increase of biogas output with additional preparations is likely a high quote of protein holding CO-enzyme products, in example food rests and slaughter waste.

Prior to experimentation the plant was running in the weak and middle burden area, this is why that the acquisition of "IPUS ZEO-LIFT-BIOKAT (ZEOLITH)"

showed no effect. After the increase of edible fat (up to 100 kg/fermenter) more biogas production could be documented. The METHAN examinations however, showed no difference between fermenter 1 and fermenter 2.

At the beginning of the experiment the hydrogen sulphide analysis showed very high results, this is presumably due to food rests. Later the results of the hydrogen sulphide analysis of the two fermenters read at approximately 100 ppm, well in the satisfying area.

The main statement established from the experiment performed on the biogas plant by Michael Steiner vlg. Ladreiter is that, due to too low capacity and weak burden substrate mixtures, there is no positive effect. The plant was running only in the weak and middle burden area and the liquid manure and edible fats were too few. Due to these circumstances no profit increase could be measured with the addition of ZEOLITH at the patent product group IPUS meth-max[®] ascert.

The main statement of the project

On the biogas – plant of Michael Steiner vlg. Ladreiter, because of

- **too low capacity:** The plant was running only in the weak und middle – burden area
- **and too weak burden substrate mixtures:** Liquid manure and edible fat were too few

there is no positive effect; due to these circumstances no profit increase could be measured with the addition of ZEOLITH at the patent product group IPUS met -max[®] ascert.

8) Literaturverzeichnis

AMON TH., Dr. Dipl.- Ing. Univ. Ass.(1997): Reduktionspotentiale für klimarelevant Spurengase durch dezentrale Biomethanisierung in der Landwirtschaft,

AMON TH., KRYVORUCHKO V., AMON B., PÖTSCH E., ZOLLITSCH W. (2003): Entwicklung eines Methanenergiewertsystems (MEWS) zur Bewertung des Methanbildungsvermögens von Biomasse. In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 25. – 27. März 2003 in Vechta.

AMON TH., BOXBERGER J., JEREMIC D. (2000a): Neue Entwicklungen der Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und organischen Reststoffen. Referat beim 9. Österreichischen Biomassetag „Biomasse – national und international“ des Österreichischen Biomasse – Verbandes in Puchberg am Schneeberg, 17. Oktober 2000

AMON TH., HACKL E., JEREMIC D., AMON B. (2002): Co - Fermentation von Wirtschaftsdüngern mit Energiegräsern in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Optimierung der Gärgutmischungen und des Biogasertrages; Endbericht an die Kammer der Wiener Wirtschaft.

CHYNOWETH D.P., TURICK C.E., OWENS J.M., JERGER D.E., PECK M.W. (1993): Biochemical methane potential of biomass and waste feedstock's. Biomass and Bio energy, 1993, 5, 95 – 111

ENERGIETECH (2005): Betriebsfolder Anlagenbau Ges.m.b.H. 8940 Liezen

KALTWASSER B.J. (1980): Biogas. Regenerative Energieerzeugung durch anaerobe Fermentation organischer Abfälle in Biogasanlagen, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, Deutschland

MÄHNERT P., HEIERMANN M., PLÖCHL M., SCHELLE H., LINKE B., (2002): Verwertungsalternativen für Grünlandbestände – Futtergräser als Co-Substrat für die Biomethanisierung, Landtechnik 572002, Seite 260 – 261

OTT M. (2001): Effizienz von Biogasanlagen. Tagungsband zehntes Symposium: „Energie aus Biomasse, Biogas, Pflanzenöl, Fernbrennstoffe“, Ostbayerisches Technologie – Transfer Institut e.v. (OTTI), vom 22. – 23. November, Seite 153 – 160, Regensburg, Deutschland

PERWANGER A., MITTERLEITNER HA.: Landtechnik Weihenstephan, Biogas, Forschungsvorhaben Einsatzmöglichkeiten verschiedener Energieträger in Landwirtschaft, Bayrisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forst

POUECH P., FRUTEAU H., BEWA H. (1998a): Agricultural Crops for Biogas Production on Anaerobic Digestion Plants. In: Biomass for Energy and Industry, C.A.R.M.E.N., Proceedings of the International Conference Würzburg, Germany, 8 – 11 June 1998, Seite 163 – 165

POUECH P., FRUTEAU H., BEWA H. (1998b): Biomass Co-fermentation in a Full-scale Anaerobic Digester: Influence of Running Parameters. In: Biomass for Energy and Industry, C.A.R.M.E.N., Proceedings of the International Conference Würzburg, Germany, 8 – 11 June 1998, Seite 714 – 717

SEDLMEIER J. (2000): Futterrüben als Kraftwerk. In: <http://www.gruene-niedersachsen.de/ltf/themen/landwirt/biogas/bgatruueb.htm>

WEILAND P. (1998): Cofermentation of Biomass – Technical, Organizing and Legal Possibilities for Energy Productoin. In: Biomass for Energy and Industry, C.A.R.M.E.N., Proceedings of the International Conference Würzburg.

WEILAND P. (2000): Stand und Perspektiven der Biogasnutzung und – Erzeugung in Deutschland, IN: Gülzower Fachgespräche: Energetische Nutzung von Biogas: Stand der Technik und Optimierungspotential, Weimar, 26./27. Oktober 2000. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, Deutschland

WEILAND P. (2001): Biogas – ein zukunftsweisender Energieträger. Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen, Michael C. Medenbach, Zeven, Seite 18/33, Deutschland

WELLINGER A., A. EGGER & K. SUTTER (1985): Biogasproduktion und –verbrauch: Biologische und verfahrenstechnische Grundlagen. Schriftenreihe der FAT 23, Tänikon. Seite 100, Schweiz

9) Bildverzeichnis

Abb.1: Schematische Darstellung Biogasanlage.....	11
Abb.2: Multifunktionale Wirkung der Biomethanisierung (Quelle: Amon Th., 1997) ..	15
Abb.3: Biogasanlage der Familie Penz	22
Abb.4: Rührwerk.....	23
Abb.5: Siloking Mischwagen (stationär)	23
Abb.6: Fermenter Außenansicht.....	23
Abb.7: Blockheizkraftwerk	23
Abb.8: Endlager	23
Abb.9: Betrieb Steiner Michael vlg. Ladreiter	26
Abb.10: Technische Skizze eines Rohrfermenters der Anlage Steiner	29
Abb.11: Biogasanlage - Verfahrensskizze.....	30
Abb.12: Käfigstruktur eines Zeoliths.....	33
Abb.13: Schematische Darstellung der Versuchsanlage Steiner mit Probenahmestellen und Messgeräten	35
Abb.14: Gaszähler.....	36
Abb.15: DrägerSensor® Smart CATEx – 68 10 410	36
Abb.16: Temperaturmesser	37
Abb.17: Probenahme Fermenter	37
Abb.18: Biogasertrag m ³ /d.....	41
Abb.19: Spezifischer Biogasertrag in m ³ /d	42
Abb.20: Methangehalt in Vol.%	43
Abb.22: H ₂ S Gehalt in ppm.....	44
Abb.23: Temperaturverlauf in C°	44
Abb.24: Methangehalt in Vol.%	47
Abb.25: m ³ Biogas /t Substrat.....	48

10) Tabellenverzeichnis

Tab.1: Biogas enthaltene Gase	12
Tab.2: Inputmaterialien.....	14
Tab.3: Protokollheft vom 16.03.2006 in g/kg FM, Ergebnisse scheinen im Anhang auf. .	39
Tab.4: Zusammensetzung einer Biogasgülle in %	45
Tab.5: Zähler Motorraum Oktober 2004	58
Tab.6: Zähler Motorraum November 2004	59
Tab.7: Zähler Motorraum Jänner 2006.....	59
Tab.8: Zähler Motorraum Februar 2006	60
Tab.9: Zähler Motorraum März 2006.....	60
Tab.10: Zähler Motorraum April 2006.....	61
Tab.11: Zähler Motorraum Mai 2006	62
Tab.12: Zähler Motorraum Juni 2006	63
Tab.13: Biogaserträge März 2006	64
Tab.14: Biogaserträge April.....	65
Tab.15: Biogaserträge Mai 2006	66
Tab.16: Biogaserträge Juni 2006	67
Tab.17: Inputdaten Versuchsanlage Steiner vlg. Ladreiter.....	68

11) Anhang

Tagebuch - Biogasanlage Michael Steiner vlg. Ladreiter

11. März 2006: Der Zähler des Fermenters 1 ist zugefroren!
15. März 2006: Probenahme von Fermenter 1 und Fermenter 2; Fermenter 1 schäumte!
16. März 2006: Michael Steiner pumpt ca. 16 m³ Gülle in das Endlager ab und füllt es nicht nach!
28. März 2006: Einbau beider Messuhren; Füllstand im Fermenter 1 ist unter dem maximal möglichen Füllgrad!
07. April 2006: IPUS meth-max[®] beginnt mit dem Einsatz von Zeolith – 16 kg/d
10. April 2006: Die Gasleitung des Fermenter 2 ist verstopft und wird gereinigt!
12. April 2006: Die Fermenter 1 und 2 sind nicht voll gefüllt; Füllstände minus Oberkante Öffnung (20 cm) F1= 98 cm F2= 92 cm
18. April 2006: Nur ca. 1 m³ Gemisch, später wird der Pumpmotor kaputt!
20. April 2006: Reparatur und Einpumpen von ca. 10 m³ Gemisch am Nachmittag!
21. April 2006: Weidebetrieb startet
22. April 2006: Fermenter 2 hat Überdruck – ca. 40 m³ werden ins Endlager gedrückt!!
26. April 2006: Gülle wird aus dem Vorratsbehälter gepumpt – d.h. 5,5 m³/d für beide Fermenter
27. April 2006: Die Probeentnahmestelle des Fermenters 2 ist nicht dicht – Gasaustritt!
30. April 2006: Motor abgestellt!!

02. Mai 2006: Gasuhren des Fermenters 1 werden gereinigt – Grund= Verschmutzung
03. Mai 2006: Gasuhren des Fermenters 1 werden gereinigt – Grund= Verschmutzung
04. Mai 2006: Motor abgestellt!!
Gasuhren des Fermenters 1 werden gereinigt – Grund= Verschmutzung!
07. Mai 2006: Gasuhren des Fermenters 1 werden gereinigt – Grund= Verschmutzung
18. Mai 2006: Motor ausgefallen; Zählerstand im Motorraum 514580,5
18. Juni 2006: Versuch wird exakt 82 Tage nach Messuhreneinbau abgebrochen.

Tab.5: Zähler Motorraum Oktober 2004

	FERMENTER 1		FEEMENTER 2	
03.10.04	498.623,00		421.327,00	
04.10.04	498.855,00	232,00	421.524,00	197,00
05.10.04	499.166,00	311,00	421.815,00	291,00
06.10.04	499.458,00	292,00	422.063,00	248,00
07.10.04	499.631,00	173,00	422.202,00	139,00
08.10.04	499.914,00	283,00	422.430,00	228,00
09.10.04	500.212,00	298,00	422.725,00	295,00
10.10.04	500.396,00	184,00	422.903,00	178,00
11.10.04	500.697,00	301,00	423.151,00	248,00
12.10.04	501.266,00	569,00	423.606,00	455,00
13.10.04	501.704,00	438,00	423.918,00	312,00
14.10.04	501.885,00	181,00	424.074,00	156,00
15.10.04	502.105,00	220,00	424.272,00	198,00
16.10.04	502.303,00	198,00	424.448,00	176,00
17.10.04	502.408,00	105,00	424.685,00	237,00
18.10.04	502.767,00	359,00	424.805,00	120,00
19.10.04	502.943,00	176,00	424.967,00	162,00
20.10.04	503.323,00	380,00	425.409,00	442,00
21.10.04	503.564,00	241,00	425.615,00	206,00
22.10.04	503.932,00	368,00	425.914,00	299,00
27.10.04	504.111,00	179,00	426.090,00	176,00
28.10.04	504.644,00	533,00	426.542,00	452,00
29.10.04	504.787,00	143,00	426.658,00	116,00

Tab.6: Zähler Motorraum November 2004

	FERMENTER 1		FEEMENTER 2	
01.11.04	505.754,00		427.389,00	
02.11.04	506.050,00	296,00	427.607,00	218,00
03.11.04	506.296,00	246,00	427.798,00	191,00
04.11.04	506.594,00	298,00	428.022,00	224,00
05.11.04	506.971,00	377,00	428.332,00	310,00
06.11.04	507.197,00	226,00	428.517,00	185,00
08.11.04	507.717,00	520,00	428.990,00	473,00
09.11.04	508.161,00	444,00	429.350,00	360,00
10.11.04	508.675,00	514,00	429.515,00	165,00
11.11.04	508.642,00	-33,00	429.732,00	217,00
12.11.04	508.876,00	234,00	429.909,00	177,00
13.11.04	509.232,00	356,00	430.181,00	272,00
14.11.04	509.600,00	368,00	430.446,00	265,00
15.11.04	509.890,00	290,00	430.665,00	219,00

Tab.7: Zähler Motorraum Jänner 2006

	FERMENTER 1		FEEMENTER 2	
02.01.06	561.194,00		480.279,00	
03.01.06	561.430,00	236,00	480.486,00	207,00
07.01.06	561.694,00	264,00	480.784,00	298,00
08.01.06	561.833,00	139,00	480.937,00	153,00
09.01.06	561.983,00	150,00	481.137,00	200,00
10.01.06	562.126,00	143,00	481.334,00	197,00
16.01.06	563.116,00	990,00	482.353,00	1.019,00
18.01.06	563.505,00	389,00	482.691,00	338,00
19.01.06	563.696,00	191,00	482.920,00	229,00
20.01.06	564.152,00	456,00	483.355,00	435,00
21.01.06	564.536,00	384,00	483.704,00	349,00
24.01.06	565.307,00	771,00	484.662,00	958,00
26.01.06	566.107,00	800,00	485.012,00	350,00
29.01.06	567.181,00	1.074,00	486.081,00	1.069,00

Tab.8: Zähler Motorraum Februar 2006

	FERMENTER 1		FEEMENTER 2	
03.02.06	569.380,00		487.895,00	
06.02.06	570.687,00	1.307,00	488.995,00	1.100,00
08.02.06	571.426,00	739,00	489.714,00	719,00
09.02.06	571.722,00	296,00	490.012,00	298,00
10.02.06	572.126,00	404,00	490.466,00	454,00
12.02.06	572.871,00	745,00	491.187,00	721,00
13.02.06	573.285,00	414,00	491.384,00	197,00
15.02.06	573.997,00	712,00	492.384,00	1.000,00
16.02.06	574.345,00	348,00	492.739,00	355,00
18.02.06	575.025,00	680,00	493.399,00	660,00
19.02.06	575.363,00	338,00	493.716,00	317,00
21.02.06	575.905,00	542,00	495.255,00	1.539,00
25.02.06	576.591,00	686,00	495.257,00	2,00
28.02.06	577.234,00	643,00	495.887,00	630,00

Tab.9: Zähler Motorraum März 2006

DATUM	FERMENTER 1		FERMENTER 2	
02.03.2006	577.554,00		496.462,00	
03.03.2006	577.678,00	124,00	496.618,00	156,00
04.03.2006	577.874,00	196,00	496.872,00	254,00
05.03.2006	578.008,00	134,00	497.035,00	163,00
06.03.2006	578.186,00	178,00	497.256,00	221,00
07.03.2006	578.381,00	195,00	497.471,00	215,00
08.03.2006	578.602,00	221,00	497.724,00	253,00
09.03.2006	578.739,00	137,00	497.872,00	148,00
10.03.2006	578.901,00	162,00	498.072,00	200,00
13.03.2006	579.524,00	623,00	499.778,00	1.706,00
15.03.2006	579.961,00	437,00	499.264,00	-514,00
16.03.2006	580.098,00	137,00	499.414,00	150,00
18.03.2006	580.360,00	262,00	499.712,00	298,00
31.03.2006	582.035,00	1.675,00	501.799,00	2.087,00

Tab.10: Zähler Motorraum April 2006

DATUM	FERMENTER 1		FEEMENTER 2	
01.04.2006	582.142,00	107,00	501.885,00	86,00
02.04.2006	582.363,00	221,00	502.172,00	287,00
03.04.2006	582.509,00	146,00	502.371,00	199,00
04.04.2006	583.051,00	542,00	503.133,00	762,00
05.04.2006	583.288,00	237,00	503.422,00	289,00
06.04.2006	583.485,00	197,00	503.677,00	255,00
07.04.2006	583.708,00	223,00	503.964,00	287,00
08.04.2006	584.029,00	321,00	504.402,00	438,00
09.04.2006	584.288,00	259,00	504.743,00	341,00
11.04.2006	584.447,00	159,00	504.954,00	211,00
12.04.2006	584.634,00	187,00	505.201,00	247,00
13.04.2006	584.796,00	162,00	505.404,00	203,00
14.04.2006	584.796,00	0,00	505.596,00	192,00
15.04.2006	585.193,00	397,00	505.947,00	351,00
16.04.2006	585.428,00	235,00	506.291,00	344,00
17.04.2006	585.768,00	340,00	506.936,00	645,00
19.04.2006	586.057,00	289,00	507.352,00	416,00
21.04.2006	586.306,00	249,00	507.684,00	332,00
22.04.2006	586.411,00	105,00	507.862,00	178,00
23.04.2006	586.606,00	195,00	508.125,00	263,00
24.04.2006	586.947,00	341,00	508.632,00	507,00
26.04.2006	587.099,00	152,00	508.854,00	222,00
27.04.2006	-	-	509.215,00	361,00
28.04.2006	587.573,00	474,00	509.557,00	342,00

Tab.11: Zähler Motorraum Mai 2006

DATUM	FERMENTER 1		FERMENTER 2	
01.Mai.06		-	510.035,00	478,00
02.Mai.06		-		-
03.Mai.06	588.140,00	567,00	510.415,00	380,00
04.Mai.06		-		-
05.Mai.06		-	510.811,00	396,00
06.Mai.06		-	511.109,00	298,00
07.Mai.06		-	511.287,00	178,00
08.Mai.06		-	511.493,00	206,00
09.Mai.06	589.058,00	918,00	511.865,00	372,00
10.Mai.06		-	512.493,00	628,00
11.Mai.06		-	512.712,00	219,00
12.Mai.06	589.566,00	508,00	512.998,00	286,00
13.Mai.06	589.751,00	185,00	513.513,00	515,00
14.Mai.06		-	513.851,00	338,00
15.Mai.06	590.157,00	406,00	514.129,00	278,00
16.Mai.06	590.340,00	183,00	514.544,00	415,00
17.Mai.06		-	514.914,00	370,00
18.Mai.06		-		-
19.Mai.06		-	514.914,00	-
20.Mai.06	590.896,00	556,00		-
21.Mai.06	591.098,00	202,00	515.172,00	258,00
22.Mai.06		-		-
23.Mai.06		-		-
24.Mai.06		-		-
25.Mai.06	591.616,00	518,00	515.949,00	777,00
26.Mai.06	591.748,00	132,00	516.320,00	371,00
27.Mai.06	591.966,00	218,00	516.570,00	250,00
28.Mai.06	592.203,00	237,00	516.867,00	297,00
29.Mai.06	592.374,00	171,00	517.097,00	230,00

Tab.12: Zähler Motorraum Juni 2006

DATUM	FERMENTER 1		FERMENTER 2	
01.Jun.06	592.997,00	623,00	517.830,00	733,00
02.Jun.06				
03.Jun.06				
04.Jun.06	593.466,00	469,00	518.416,00	586,00
05.Jun.06	593.662,00	196,00	518.657,00	241,00
06.Jun.06	593.844,00	182,00	520.079,00	1.422,00
07.Jun.06				
08.Jun.06				-
09.Jun.06				-
10.Jun.06	594.711,00	867,00	520.795,00	716,00
11.Jun.06				
12.Jun.06	595.263,00	552,00	521.041,00	246,00
13.Jun.06	595.455,00	192,00	521.561,00	520,00
14.Jun.06				
15.Jun.06	595.775,00	320,00	522.056,00	495,00

Tab.13: Biogaserträge März 2006

Datum	Uhrzeit	Fermenter 1	Gasertra g	Spezifische r Gasertrag	Fermenter 2	Gasertra g	Spezifische r Gasertrag
01.Mär	08:00	7.901,00			5.198,00		
02.Mär	08:00	7.924,00	23,00	0,23	5.318,00	120,00	1,20
03.Mär	08:00	7.932,00	8,00	0,08	5.443,00	125,00	1,25
04.Mär	08:00	7.986,00	54,00	0,54	5.512,00	69,00	0,69
05.Mär	08:00	7.988,00	2,00	0,02	5.624,00	112,00	1,12
06.Mär	08:00	8.015,00	27,00	0,27	5.737,00	113,00	1,13
07.Mär	08:00	8.023,00	8,00	0,08	5.860,00	123,00	1,23
08.Mär	08:00	8.034,00	11,00	0,11	5.977,00	117,00	1,17
09.Mär	08:00	8.044,00	10,00	0,10	6.083,00	106,00	1,06
10.Mär	08:00	8.153,00	109,00	1,09	6.185,00	102,00	1,02
11.Mär	08:00	8.154,00	1,20	0,01	6.295,00	110,00	1,10
12.Mär	08:00	8.154,50	0,50	0,01	6.430,00	135,00	1,35
13.Mär	08:00	8.155,00	0,50	0,01	6.565,00	135,00	1,35
14.Mär					6.679,00	114,00	1,14
15.Mär	08:00	8.155,00	-	-	6.792,00	113,00	1,13
16.Mär	08:00	8.158,00	3,00	0,03	6.871,00	79,00	0,79
17.Mär					6.968,50	97,50	0,98
18.Mär					7.066,00	97,50	0,98
19.Mär							
20.Mär							
21.Mär							
22.Mär							
23.Mär							
24.Mär							
25.Mär							
26.Mär							
27.Mär							
28.Mär	08:00	8.225,60			7.186,31		
29.Mär	08:00	8.295,60	70,00	0,70	7.218,31	32,00	0,32
30.Mär	08:00	8.348,50	52,90	0,53	7.242,50	24,20	0,24
31.Mär	08:00	8.403,22	54,70	0,55	7.274,50	32,00	0,32

Tab.14: Biogaserträge April

Datum	Uhrzeit	Fermenter 1	Gasertrag	Spezifischer Gasertrag	Fermenter 2	Gasertrag	Spezifischer Gasertrag
01.Apr	08:00	8.479,80	76,80	0,77	7.320,90	46,40	0,46
02.Apr	08:00	8.562,28	82,48	0,82	7.370,10	49,20	0,49
03.Apr	08:00	8.654,80	92,52	0,93	7.426,70	56,60	0,57
04.Apr	08:00	8.763,50	108,70	1,09	7.528,40	101,70	1,02
05.Apr	08:00	8.885,40	121,90	1,22	7.643,80	115,40	1,15
06.Apr	08:00	9.015,10	129,70	1,30	7.754,30	110,50	1,11
07.Apr	08:00	9.161,80	146,70	1,47	7.862,80	108,50	1,09
08.Apr	08:00	9.288,00	126,20	1,26	7.980,80	118,00	1,18
09.Apr	08:00	9.415,00	127,00	1,27	8.098,80	118,00	1,18
10.Apr	08:00	9.542,00	127,00	1,27	8.218,00	119,20	1,19
11.Apr	08:00	9.615,00	73,00	0,73	8.325,00	107,00	1,07
12.Apr	08:00	9.702,00	87,00	0,87	8.446,65	121,65	1,22
13.Apr	08:00	9.790,00	88,00	0,88	8.551,00	104,35	1,04
14.Apr	08:00	9.881,00	91,00	0,91	8.665,00	114,00	1,14
15.Apr	08:00	9.973,00	92,00	0,92	8.779,00	114,00	1,14
16.Apr	08:00	10.134,00	161,00	1,61	8.885,00	106,00	1,06
17.Apr	08:00	10.295,00	161,00	1,61	8.991,00	106,00	1,06
18.Apr	08:00	10.454,00	159,00	1,59	9.097,30	106,30	1,06
19.Apr	08:00	10.636,00	182,00	1,82	9.191,00	93,70	0,94
20.Apr	08:00	10.769,00	133,00	1,33	9.246,00	55,00	0,55
21.Apr	08:00	10.903,90	134,90	1,35	9.337,80	91,80	0,92
22.Apr	08:00	11.053,00	149,10	1,49	9.432,80	95,00	0,95
23.Apr	08:00	11.203,00	150,00	1,50	9.527,80	95,00	0,95
24.Apr	08:00	11.355,20	152,20	1,52	9.622,90	95,10	0,95
25.Apr	08:00	11.491,00	135,80	1,36	9.747,40	124,50	1,25
26.Apr	08:00	11.601,40	110,40	1,10	9.853,00	105,60	1,06
27.Apr	08:00	11.769,40	168,00	1,68	9.895,90	42,90	0,43
28.Apr	08:00	11.902,12	132,72	1,33	10.041,40	145,50	1,46
29.Apr	08:00	12.059,00	156,88	1,57	10.244,00	202,60	2,03
30.Apr	08:00	12.212,00	153,00	1,53	10.390,00	146,00	1,46

Tab.15: Biogaserträge Mai 2006

Datum	Uhrzeit	Fermenter 1	Gasertrag	Spezifischer Gasertrag	Fermenter 2	Gasertrag	Spezifischer Gasertrag
01.Mai	08:00	12.325,00	113,00	1,13	10.406,00	106,00	1,06
02.Mai	08:00	12.437,10	112,10	1,12	10.601,00	195,00	1,95
03.Mai	08:00	12.564,60	127,50	1,28	10.757,40	156,40	1,56
04.Mai	08:00	12.699,80	135,20	1,35	10.894,10	136,70	1,37
05.Mai	08:00	12.808,40	108,60	1,09	10.963,60	69,50	0,70
06.Mai	08:00	12.912,40	104,00	1,04	11.098,70	135,10	1,35
07.Mai	08:00	12.966,40	54,00	0,54	11.238,21	139,51	1,40
08.Mai	08:00	13.113,50	147,10	1,47	11.343,30	105,09	1,05
09.Mai	08:00	13.253,00	139,50	1,40	11.434,60	91,30	0,91
10.Mai	08:00	13.393,60	140,60	1,41	11.572,20	137,60	1,38
11.Mai	08:00	13.494,40	100,80	1,01	11.690,30	118,10	1,18
12.Mai	08:00	13.612,00	117,60	1,18	11.850,00	159,70	1,60
13.Mai	08:00	13.754,00	142,00	1,42	12.001,00	151,00	1,51
14.Mai	08:00	13.907,00	153,00	1,53	12.149,00	148,00	1,48
15.Mai	08:00	14.043,00	136,00	1,36	12.278,10	129,10	1,29
16.Mai	08:00	14.225,00	182,00	1,82	12.338,70	60,60	0,61
17.Mai	08:00	14.355,00	130,00	1,30	12.414,00	75,30	0,75
18.Mai	08:00	14.464,90	109,90	1,10	12.502,20	88,20	0,88
19.Mai	08:00	14.564,50	99,60	1,00	12.602,20	100,00	1,00
20.Mai	08:00	14.672,40	107,90	1,08	12.715,30	113,10	1,13
21.Mai	08:00	14.794,00	121,60	1,22	12.832,00	116,70	1,17
22.Mai	08:00	14.919,30	125,30	1,25	12.953,80	121,80	1,22
23.Mai	08:00	15.033,30	114,00	1,14	13.057,80	104,00	1,04
24.Mai	08:00	15.147,70	114,40	1,14	13.162,50	104,70	1,05
25.Mai	08:00	15.226,10	78,40	0,78	13.239,60	77,10	0,77
26.Mai	08:00	15.379,10	153,00	1,53	13.374,60	135,00	1,35
27.Mai	08:00	15.532,30	153,20	1,53	13.509,90	135,30	1,35
28.Mai	08:00	15.649,00	116,70	1,17	13.632,40	122,50	1,23
29.Mai	08:00	15.810,00	161,00	1,61	13.780,00	147,60	1,48
30.Mai	08:00	15.958,30	148,30	1,48	13.913,30	133,30	1,33
31.Mai	08:00	16.151,30	193,00	1,93	14.012,20	98,90	0,99

Tab.16: Biogaserträge Juni 2006

Datum	Uhrzeit	Fermenter 1	Gasertrag	Spezifischer Gasertrag	Fermenter 2	Gasertrag	Spezifischer Gasertrag
01.Jun	08:00	16.308,30	157,00	1,57	14.097,40	85,20	0,85
02.Jun	08:00	16.430,20	121,90	1,22	14.183,30	85,90	0,86
03.Jun	08:00	16.555,60	125,40	1,25	14.289,30	106,00	1,06
04.Jun	08:00	16.698,60	143,00	1,43	14.401,30	112,00	1,12
05.Jun	08:00	16.842,20	143,60	1,44	14.513,30	112,00	1,12
06.Jun	08:00	17.010,20	168,00	1,68	14.626,30	113,00	1,13
07.Jun	08:00	17.137,70	127,50	1,28	14.727,40	101,10	1,01
08.Jun	08:00	17.346,50	208,80	2,09	14.837,30	109,90	1,10
09.Jun	08:00	17.543,30	196,80	1,97	14.948,30	111,00	1,11
10.Jun	08:00	17.751,80	208,50	2,09	15.095,20	146,90	1,47
11.Jun	08:00	17.988,30	236,50	2,37	15.264,10	168,90	1,69
12.Jun	08:00	18.170,30	182,00	1,82	15.427,10	163,00	1,63
13.Jun	08:00	18.352,30	182,00	1,82	15.590,10	163,00	1,63
14.Jun	08:00	18.500,70	148,40	1,48	15.722,20	132,10	1,32
15.Jun	08:00	18.627,70	127,00	1,27	15.869,70	147,50	1,48
16.Jun	08:00	18.748,50	120,80	1,21	16.017,90	148,20	1,48
17.Jun	08:00	18.857,50	109,00	1,09	16.126,80	108,90	1,09
18.Jun	08:00	18.990,10	132,60	1,33	16.252,70	125,90	1,26

Inputdaten der Versuchsanlage Steiner vlg. Ladreiter

Tab.17: Inputdaten Versuchsanlage Steiner vlg. Ladreiter
 Angaben in m³ zu gleichen Teilen in Fermenter 1 und 2

Datum	Stallmist; Gülle	Speisefett/ Speisereste	Anmerkungen
15.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
16.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
17.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
18.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
19.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
20.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
21.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
22.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
23.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
24.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
25.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
26.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
27.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	

28.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
29.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
30.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
31.Mär	2,25	1,5 plus Waschwasser	
01.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
02.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
03.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
04.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
05.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
06.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
07.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
08.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
09.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
10.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
11.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
12.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
13.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
14.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
15.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	

16.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
17.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
18.Apr	2,25	1,5 plus Waschwasser	
19.Apr		1,5 plus Waschwasser	
20.Apr	10 m3 Gemisch	1,5 plus Waschwasser	
21.Apr			Weidebetrieb gestartet
22.Apr			Speisereste werden nicht mehr geliefert
23.Apr			
24.Apr	1 m3	2 m3	in Summe 100 kg Fett - 33%F1 und 66%F2
25.Apr	1 m3	2 m3	in Summe 100 kg Fett - 33%F1 und 66%F3
26.Apr	5,5 m3/d		
27.Apr	F1:2 m3/d und F2:3,5m3/d -		
28.Apr	3,5	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
29.Apr	3,5	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
30.Apr	3,5	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
01.Mai	3,5	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
02.Mai	3,5	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
03.Mai	3,5	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig

04.Mai	2	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
05.Mai	2	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
06.Mai	2	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
07.Mai	4	50 l Speisefette	Gülle dünnflüssig
08.Mai	1,5	75 l Speisefett/Fett	Gülle dünnflüssig - Probenahme
09.Mai	1,5	75 l Speisefett/Fett	
10.Mai	1,5	75 l Speisefett/Fett	
11.Mai	1,5	75 l Speisefett/Fett	
12.Mai	2	75 l Speisefett/Fett	
13.Mai	1,5	75 l Speisefett/Fett	
14.Mai	1,5	75 l Speisefett/Fett	
15.Mai	1,5	75 l Speisefett/Fett	
16.Mai	1,5	75 l Speisefett/Fett	
17.Mai	3	100 l Speisefett/Fett	Gülle dünnflüssig - Probenahme
18.Mai	3	100 l Speisefett/Fett	
19.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
20.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
21.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
22.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	

23.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
24.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
25.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
26.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
27.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
28.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
29.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
30.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
31.Mai	2,5	100 l Speisefett/Fett	
01.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
02.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
03.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
04.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
05.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	

06.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
07.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
08.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
09.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
10.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
11.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
12.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
13.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
14.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	
15.Jun	2	100 l Speisefett/Fett+1m3 Rasenschnitt/Wasser	

