

Schlussbericht vom Dezember 2005

Kompakt-Biogasanlage 8

Stand der Anlage: Fam. Gansner

Projekt Nr. 100399

Vertrag Nr. 150496

Ausgearbeitet durch

Genesys GmbH

Verfasser: Daniel Ruch

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

Genesys GmbH, Balierestrasse 29, 8500 Frauenfeld

Autor:

Daniel Ruch

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Energie und Umwelt“ des Bundesamts für Energie BFE erstellt. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Bezugsquelle: www.energieforschung.ch · www.energie-schweiz.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Abstract	4
3	Ziel der Arbeit	5
4	Ausgangslage	5
5	Lösungsweg	6
6	Hauptergebnisse	7
6.1	monatliche Stromproduktion	7
6.2	Kompostiereinheit	8
7	noch offene Probleme	14
8	Literaturverzeichnis	14

1 Zusammenfassung

Der Bau der Kompakt-Biogasanlage Gansner in Graltshausen (TG) wurde im Juni 2004 abgeschlossen. Die Errichtung der Anlage verlief grösstenteils problemlos, dauerte aber verhältnismässig lange, da viel Eigenleistung eingebracht wurde.

In Zusammenarbeit mit der Hochschule Wädenswil wurde vor allem die nachgeschaltete Kompostereinheit optimiert.

Das Gärgut als Abprodukt von Biogasanlagen besitzt im Vergleich zum Ausgangssubstrat bessere Eigenschaften. Zur zusätzlichen Qualitätssteigerung und Vergrösserung des Nutzens für die Pflanzen bietet sich eine Separation und aerobe Nachrotte des Gärgut-Feststoffs an.

Auf der Regio Kompakt-Biogasanlage der Familie Gansner in Graltshausen (TG) sind von der Genesys GmbH zwei Rottetrommeln zur Nachkompostierung von vergorener Gülle aufgebaut worden. In dieser Arbeit werden konstruktive, betriebliche und analytische Verbesserungsmöglichkeiten für die Nachrotte des Gärguts aufgezeigt.

Durch einen Umbau der Anlage in Graltshausen (TG) konnten viele anfängliche konstruktive Defizite behoben werden. Die Zugänglichkeit und Anordnung der einzelnen Anlagenkomponenten wurde verbessert und eine Betonierung des Bodens mit Abwasserfassung realisiert. Die Steuerung des Rotteverlaufs und die Handhabung der Anlage wurden damit wirksam vereinfacht.

In Versuchsreihen wurde die Animpfstrategie mittels Kompostzugabe zur Nachrotte des Gärgut-Feststoffs optimiert. Bereits im Verlauf der Inbetriebnahmephase, während die Rottetrommeln mit Gärgut-Feststoff und aktivem Kompost befüllt wurden, konnten maximale Temperaturen von über 60 °C gemessen werden.

Optimale Milieubedingungen für den Rotteprozess ermöglichen eine vollständige Hygienisierung. Die effiziente Überführung des anaeroben Materials in die aerobe Heissrotte vermindert Stickstoffverluste in Form von Ammoniak und ermöglicht die optimale Ausnutzung der Rottetrommeln.

Die Analyse der Stickstoffparameter Ammonium und Nitrat zeigte, dass eine Nachrotte des Gärgut-Feststoffs sinnvoll ist. Um die VKS-Richtlinien 2001 für eine Anwendung im Garten- und Landschaftsbau zu erreichen und ein stabiles Produkt mit bodenverbessernden Eigenschaften, ist jedoch bei dem aktuellen hohen Durchsatz trotz der zwei hintereinander geschalteten Trommeln eine zusätzliche Kompostierung nötig.

2 Abstract

The construction of the compact biogas plant Gansner in Graltshausen (TG) was completed in June 2004. The construction of the plant proceeded without problems.

In cooperation with the university of applied science Wädenswil the post-connected composting unit was primarily observed.

The fermenting good as by-product of biogas plants has better characteristics compared to the initial substrate. Aerobic post-composting of the digestate lends itself to improve quality and expansion with regard to the use for plants.

At the Regio Kompakt biogas facility on the Gansner family's farm in Graltshausen (TG), two Genesys GmbH Renewable Energy Systems composting barrels have been built for the purpose of

post-composting fermented liquid manure. The aim is to demonstrate constructive, operational and analytical improvement possibilities for composting facilities, and to implement this in their business.

Modifications to the facility in Graltshausen (TG) made it possible to overcome any design deficiencies. The regulations of the composting process as well as the supervision of the facility were effectively simplified.

A series of tests using post-composting of solid digestate aimed to improve the inoculation strategy using additional compost. Maximum temperatures of over 60°C could already be measured during the implementation phase, as the composting barrels were being filled with solid digestate.

The barrel's active ventilation and heating functions paired with optimal environmental conditions make possible a complete elimination of pathogens and inactivation of weed seeds. The efficient transfer of the anaerobic materials to the aerobic thermophile phase reduces the loss of nitrogen in the form of ammonia and makes possible the optimal use of the composting barrels.

3 Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit war die Erfassung der monatlichen Stromproduktion, sowie die Sammlung von Erfahrungen beim Aufbau einer Biogasanlage. Da die betrachtete Anlage beste Rahmenbedingungen bot die nachfolgende Kompostierung zu analysieren und zu optimieren, wurde der Schwerpunkt der Arbeit auf dieses wichtige Thema gelegt. Das Ziel der nachgeschalteten Aufarbeitung ist die Erzeugung eines qualitativ hochwertigen und ausgereiften Produktes. Es sollen verschiedene Möglichkeiten zur Nachbehandlung von Gärgutfeststoff aufgezeigt werden. Das Trommelsystem soll optimiert und charakterisiert werden.

4 Ausgangslage

Als die Milchproduktion vom Betrieb nicht mehr ausgebaut werden konnte und die Käserei im Dorf geschlossen wurde, verkaufte Gansner das Milchkontingent (100'000 l) und entschied sich für die Aufzucht von Rindern, Kälbermast und Biogasproduktion. Eine Vergrößerung der Betriebsfläche von 17 ha Grünland war nicht möglich. Heute hält Gansner knapp 20 Kühe, 40 Kälber und 30 Rinder. Die Kälber werden auf Stroh gehalten, deren Festmist nebst der Rindergülle ebenfalls in die Biogasherstellung einfließt.

Der Bau der Kompakt-Biogasanlage verlief problemlos und die Anlage Gansner konnte im Juni 2004 erfolgreich in Betrieb genommen werden. Das Hochfahren einer Biogasanlage verläuft routinemässig. Der erfolgreiche Start ist auch bei den Stromerträgen (Fig.1) erkennbar, welcher schon ab dem ersten Monat die Produktivität der Anlage zeigt.

Heute hat Gansner, nebst dem Verkauf von Strom, ein weiteres Ziel, nämlich der Absatz eines Komposts oder Düngererde, welche aus dem Gärgut gewonnen wird.

Ursprünglich war geplant, dass die Trommeln im Tag mit 1.5 m³ separiertem Gärgut (inkl. Animpfmaterial) beschickt werden. Dabei verfolgte er die Rückimpfstrategie, bei welcher 1/3 der Beschickungsmenge aus nachgerottetem Material bestand. Das Produkt der Trommeln sollte bei der Nachrotte keine Erwärmung mehr aufzeigen und sich nach einigen Wochen Lagerung verkaufen

lassen. Da nun aber mehr als die dreifache Menge separiertes Gärgut täglich anfällt, ist das Produkt nach der Rotte in den Trommeln noch nicht ausreichend stabilisiert.

Ausserdem sind anlagentechnische, kompostiertechnische Mängel und folgende Probleme aufgetreten:

- Wegen Mangel an Strukturmaterial, zu tiefem TS-Gehalt (20-25%) und langsamer Drehung bildeten sich in den Trommeln Klumpen in welchen kein Abbau stattfindet
- Belüftung und Heizung sind noch ungenügend
- Die Beschickung mittels Förderschnecke bereitet Schwierigkeiten, wegen Brückenbildung, da die hydraulische Pumpe zur Drehung der Trommeln zu klein ausgelegt wurde.
- Keine geeignete Fördereinrichtung vom Separator zur ersten Trommel vorhanden (daher musste die Trommel stets mit dem Frontlader beschickt werden)

5 Lösungsweg

Folgende Massnahmen wurden deshalb vorgenommen:

- Eine zusätzliche, leistungsstärkere (4.4 kW) Hydraulikpumpe wurde beschafft und an die 1. Trommel angeschlossen und die Steuerung im Schaltschrank angepasst.
- Die alte Pumpe wurde bei der Trocknungstrommel eingesetzt und ebenfalls neu programmiert.
- Eine neue Förderschnecke wird vom Separator zur Beschickungsschnecke konstruiert, installiert und an den Steuerungsschrank angeschlossen.
- Ein regelbarer Ventilator wurde an die zweite Trommel installiert.
- Bei allen Massnahmen mussten neue Kabel verlegt und die SPS angepasst werden.

Alle übrige technische Ausrüstung wie Wärmetauscher, Ventilator der 1. Trommel, Beschickungsschnecke, Zubringerschnecke und Abgangsförderband zum Betreiben der Anlage waren vorhanden und funktionierten zufrieden stellend.

6 Hauptergebnisse

6.1 monatliche Stromproduktion

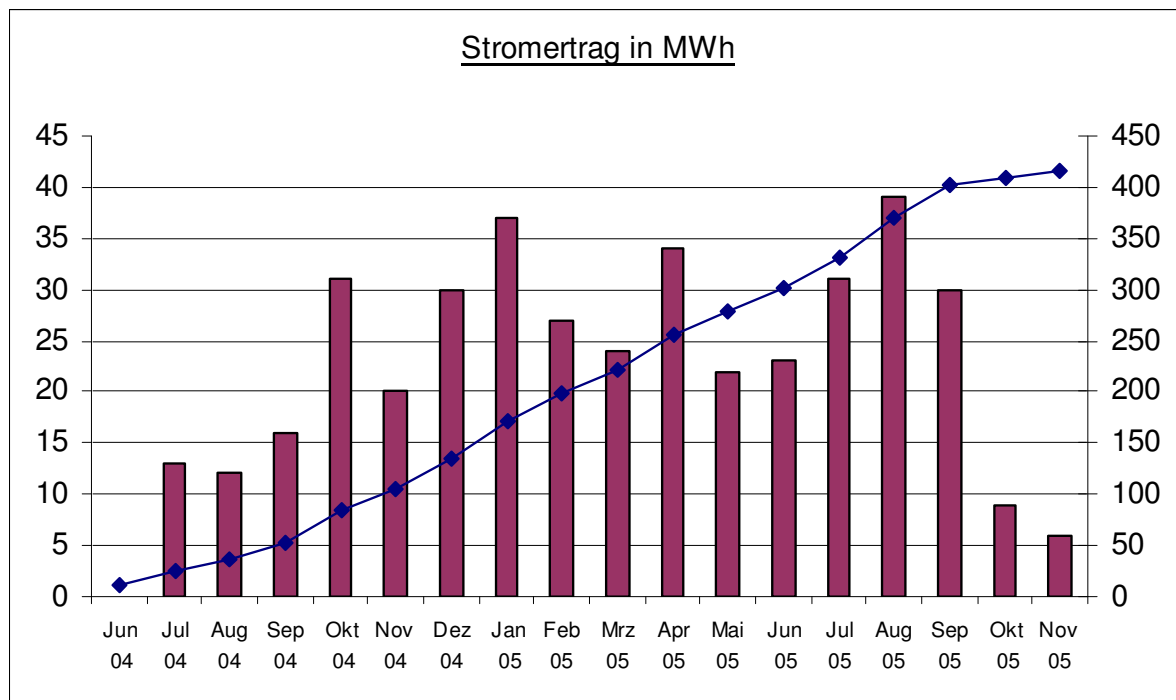


Fig. 1: Diagramm Stromertrag

Figure 1 zeigt, dass die Biogasanlage konstant hochgefahren wurde. Die Erfahrungen der letzten Jahre, vor allem im Bereich Biotechnologie und Prozessstabilität, kommen neuen Anlagen voll zu Gute. Nach 18 Betriebsmonaten (inklusive Inbetriebsetzung) produzierte das 100 kW_{el} BHKW über 416'000 kWh Ökostrom. Deutlich erkennbar ist bei dieser Anlage die unterschiedliche Monatsleistung. Die grossen Schwankungen resultieren von deutlichen Qualitäts- und Mengenunterschieden beim zugeführten Substrat.

6.2 Kompostiereinheit

Die ersten nebeneinander angeordneten Kompostiertrommeln zur Nachrotte von Gärgut in der Schweiz wurden im Frühjahr 2004 aufgestellt. Nachdem jedoch bauliche und strategische Mängel aufgedeckt wurden, die ein effizientes Betreiben der Kompostieranlage und somit eine konstante, Produktion von qualitativ hoch stehendem Kompost erschwerte, wurden die Trommeln im September 2004 neu angeordnet und ein neues Gehäuse dafür errichtet.

In Kompostiertrommeln wird der Feststoffanteil der separierten Gärgülle mit der Abwärme des BHKWs nachbehandelt. Damit ist es möglich, ein homogenes und hygienisches Endprodukt für die landwirtschaftliche Düngung herzustellen.

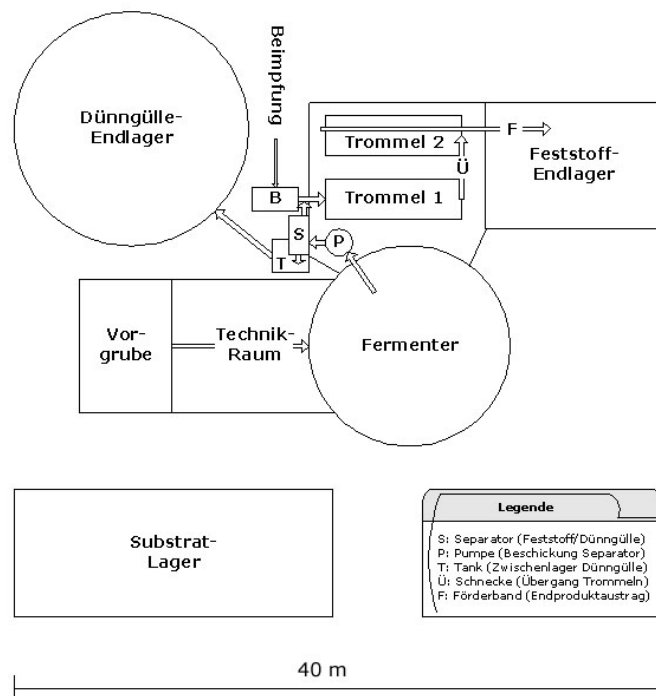


Fig 2: Schematische Übersicht über die Anlage in Graltshausen (TG)

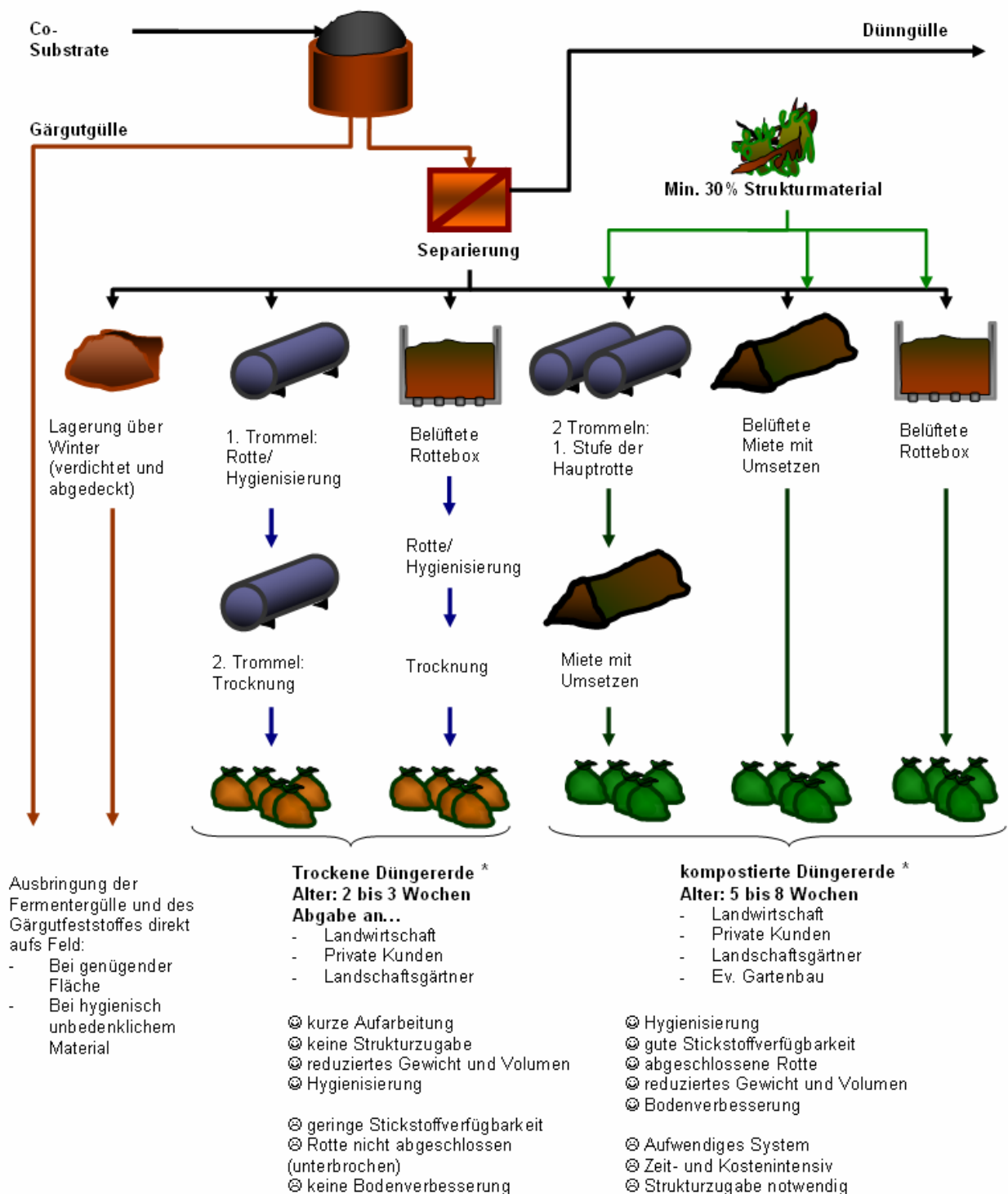
Im Fermenter mit einem Volumen von 470 m^3 vergärt Gansner vor allem Rindergülle, die betriebsfremden Hofsubstrate Hühner- und Pferdemist und die Co-Substrate: Getreideabgang (Filterstaub) und Obsttrester. Die Co-Substrate werden ihm nebst den lokalen Landwirten auch von der Genossenschaft Ökostrom Schweiz zur Verfügung gestellt. Die angelieferten Substrate lagert Gansner auf einem betonierten Platz nahe der Vorgrube. Die Co-Substrate werden mit einem Frontlader in die Vorgrube eingetragen und mit dem Rührwerk durchmischt. Diese Grube wird von Zeit zu Zeit entleert und von Sand, Steinen und anderen sedimentierten Fremdstoffen befreit. Das Endprodukt Dünngülle wird in einem offenen Güllebehälter gelagert.

Die Biogasanlage produziert bei störungsfreiem Betrieb bis zu 1000 m^3 Gas im Tag, welches von einem 100 kW BHKW in Strom umgewandelt wird. Pro Tag fallen 3 bis 4 m^3 separiertes Gärgut an, welches anschliessend kompostiert wird.

Die Systeme der Aufarbeitung und Verwertung von separiertem Gärgut

Die Gärgutgülle kann entweder direkt aufs Feld ausgebracht oder einem Separator zugeführt werden.

Bei der Behandlung von separiertem Gärgut können verschiedene Verfahren und Systeme unterschieden werden. Die einen Verfahren haben eine trockene Düngererde zum Ziel, die anderen eine kompostierte Düngererde. Bei den Trocknungsverfahren zur Gewinnung von trockener Düngererde wird das Gärgut zuerst bei einer aeroben Anrotte hygienisiert und anschliessend getrocknet. Der Rotteprozess wird unterbrochen und nicht abgeschlossen. Zu diesem Verfahren eignen sich die Systeme ‚Trommel‘ und ‚belüftete Rottebox‘.



*Produkte die an Dritte (nicht Landwirtschaft) abgegeben werden, sind beim VKS anzumelden.

Andere Verfahren haben ein qualitativ hochwertiges und ausgereiftes Produkt zum Ziel. Es erreicht seine Stabilität durch den Abschluss der Rotte und kann als kompostierte Düngererde verkauft werden. Bei diesen Verfahren kann neben den Systemen ‚Trommel‘ und ‚belüftete Rottebox‘ zusätzlich noch ein weiteres Kompostiersystem, die belüftete Miete, angewandt werden.

System einfache oder verdichtete Lagerung

Das System Lagerung mit oder ohne Verdichtung sollte dann angewendet werden, wenn das Gärsubstrat direkt aufs Feld ausgetragen wird und keine hygienischen Bedenken sowie Probleme mit der Nährstoffbilanz bestehen. Um die anfallende Menge im Winter zu lagern sollte genügend Platz eingeplant ($0.6 \text{ m}^2/\text{t}$) werden.

System Hygienisierung und Trocknung in Trommeln

Das System Trocknung ist dann ratsam, wenn kleinere Mengen bis maximal $1000 \text{ m}^3/\text{a}$ aufgearbeitet werden müssen, eine Hygienisierung des separierten Gärgutes und nur wenig Arbeitsaufwand erwünscht sind. Das hygienisierte, trockene Material kann als trockene Düngererde verkauft werden. Der Rotteprozess ist nicht abgeschlossen, sondern wird durch die Trocknung unterbrochen, da die Mikroorganismen nicht mehr genügend Wasser zur Verfügung haben. Eine Strukturzugabe ist mit einer allfälligen Rückimpfstrategie und/oder ausreichender Belüftung nicht zwingend.

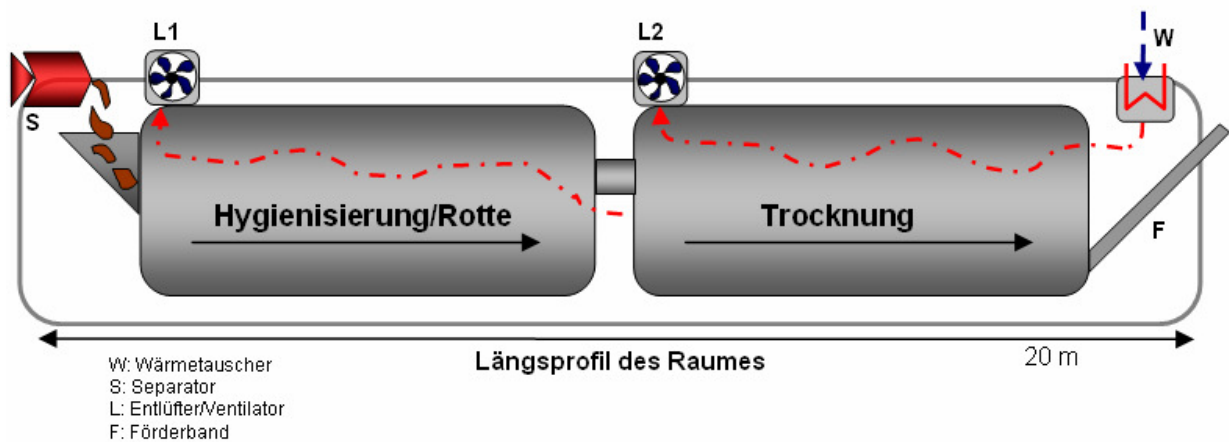


Fig. 1: Trommelinneres (l), Trommel von aussen (m, r) und Verfahren der Hygienisierung und Trocknung (oben)

Die beiden Trommeln befinden sich von Vorteil hintereinander in einem geschlossenen Raum, welcher mit der Abwärme des BHKWs mittels Wärmetauscher geheizt werden kann. Die Beschickung erfolgt mit einer Förderschnecke oder direkt ab Separator. Die Trommeln werden jeweils mit einem Hydraulikzylinder, welche von zwei separaten Pumpen angetrieben werden, gedreht. Entlüftet wird mit einem einfachen Ventilator.

Die Verweilzeit und somit die Dauer der Trocknung kann durch die Beschickungsmenge reguliert werden. Die Trommel kann bis zu 60 % des Volumens (10 bis 18 m³) gefüllt werden.

Beim Trocknungsverfahren soll in der 1. Trommel während 1 Woche eine Hygienisierung bei über 60°C stattfinden. Diese Trommel wird nur leicht entlüftet und dreht sich lediglich während der Beschickung. Die 2. Trommel dreht sich bei intensiver Entlüftung kontinuierlich. Dadurch kann theoretisch während einer weiteren Woche ein TS-Gehalt von über 55 % erreicht werden. Das System funktioniert bei einem maximalen Durchsatz von 2.5 bis 3 m³ Gärgut und somit bei einer Verweilzeit von 14 Tagen.

System Kompostierung in Trommel und Miete

Auch bei den Trommeln mit anschließender Miete kann nur eine begrenzte Menge produziert werden und eignet sich für einen täglichen Anfall von maximal 2-3 m³/d. Es sei denn, die Anzahl der Trommeln wird erhöht. Das System sollte vor allem dann gewählt werden, wenn bereits ein Umsetzer und Platz zur Mietenkompostierung vorhanden sind. Eine Zugabe von Strukturmaterialien und/oder Rückimpfung ist auf Grund des tiefen C/N-Verhältniss vom Gärgut dringend nötig. Je weniger Substrat verarbeitet werden muss, desto höher wird die Verweilzeit und somit die Qualität des Endproduktes nach der Trommel. Bei einem tiefen Durchsatz von 1 m³/d kann auf die anschließende Miete mit Umsetzen allenfalls ganz verzichtet werden. Das Produkt kann als kompostierte Düngererde abgesetzt werden.

Fotos der Kompakt-Biogasanlage Gansner



Fig. 3: Technikraum der Anlage Gansner



Fig. 4: Fermenter der Biogasanlage

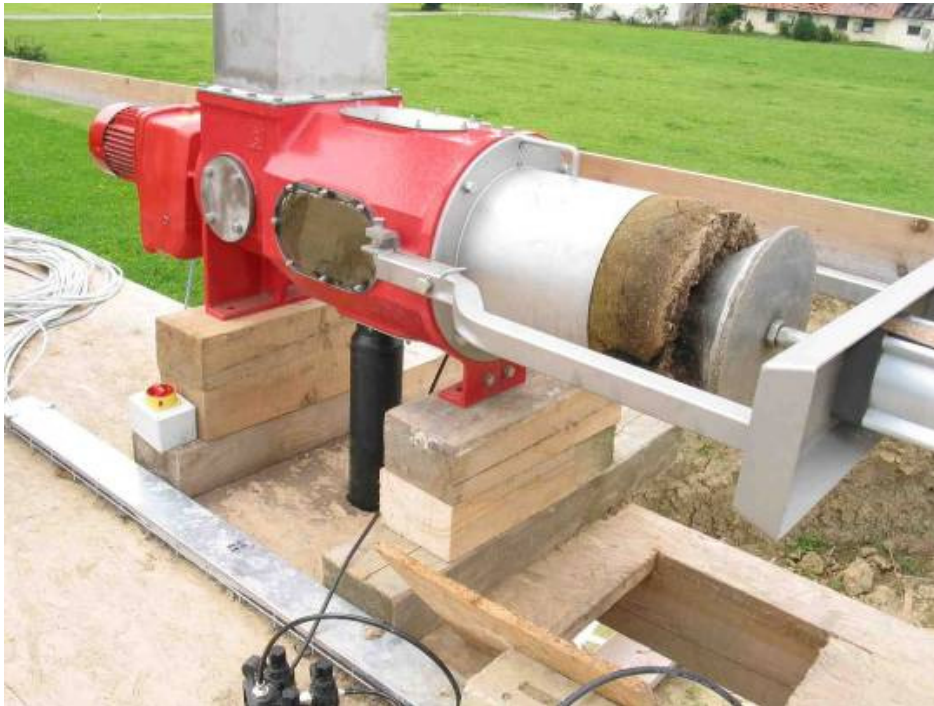


Fig. 5: Separator



Fig. 6: Kompostiertrommel

7 noch offene Probleme

Da zurzeit für das separierte Gärgut noch keine gedeckte Lagerfläche zur Verfügung steht, wird dieses offen gelagert oder auf offener Miete kompostiert. Dabei wird mittels Mischzetter vor der Lagerung noch angerottetes Material zugemischt. Durch allfälligen Regen wird der Kompost durchnässt und kann nicht mehr verkauft werden. Er wird deshalb noch aufs Feld ausgetragen. Eine gedeckte Lagerung ist in Planung.

Da mehr separiertes Gärgut anfällt, als mit den beiden Trommeln verarbeitet werden kann, müssen auch andere Verfahren angewandt werden. Dabei muss die Trocknung noch effizienter gestaltet werden.

Ein wesentlicher Forschungsbedarf besteht noch bei der Erforschung welches Endprodukt für welche Böden ideal ist, wie dieses am Besten ausgebracht und eingearbeitet wird und wie sich der Stickstoff im Boden über eine längere Beobachtungszeit verhält.

Nicht zu unterschätzen ist die Eröffnung von Absatzkanälen und die Vermarktung des Produktes. Die Nachfrage muss durch aktive Bewerbung der Kompost- und Düngererde gesteigert werden, sodass sich die Gesamtwirtschaftlichkeit erhöht.

8 Literaturverzeichnis

AfUTG, 2003. Kompostieren im Thurgau TG 22. Abfall-Handbuch Thurgau 2003, Stand 02.04., Amt für Umwelt, Kanton Thurgau. Schweiz. [Online] Zugriff 27. 01. 2005. www.afutg.ch

Baserga, U. 2000. Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen. Biogas aus organischen Reststoffen und Energiegras. FAT-Bericht Nr. 512. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT). Tänikon. Schweiz.

Baserga, U. 2000. Vergärung organischer Reststoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Stoffdaten, Gärtechnik und gesetzliche Grundlagen. FAT Bericht Nr. 546. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT). Tänikon. Schweiz.

Biogasforum, 2003. Biogas. Stand des Wissens und optimaler Anlagenbetrieb. Grundkurs 13./14. November 2003, ARA Bülach, Schweiz.

Candidas, T., Golder, E., Kupper, T., Besson, J., 1999. Nähr- und Schadstoffe im Kompost. AgrarForschung 6 (11-12) S. 421-424. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (ILU), Bern, Schweiz

Engeli, H. 2002. Co-Vergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Informationsstelle Biomasse. Zürich. Schweiz.

Engeli, H., 2003. Schweizerische Statistik erneuerbarer Energieträger. Teilstatistik Biogas 2002. Bundesamt für Energie BFE. [Online] Zugriff am 14.10.2004. <http://www.energieschweiz.ch/imperia/md/content/teilstatistiken/20.pdf>

FAC, 1995. Kompost und Klärschlamm. Weisungen und Empfehlungen der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC) im Bereich der Abfalldünger. EDMZ-Art. Nr. 730.920.d. FAC Liebefeld-Bern, Schweiz.

FAC, 1997. Schweizerische Referenzmethoden der Eidg. Landwirtschaftlichen Forschungsanstalten. Band 4. Düngeruntersuchungen. Ausgabe 1997 (Änderungen 1998 – 2004). Eidg. Forschungsanstalten FAL, FAW, RAC, Schweiz.

Felsberger, G., 2003. Biochemische Grundlagen der Kompostierung. Abfallwirtschaft Steiermark. Abfall- und Stoffflusswirtschaft & Nachhaltige Entwicklung. [Online] Zugriff am 27.12.2004. <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10008804/46291/>

Fuchs, J., 2004. Aktive Belüftung der Kompostmieten: Basis, Chancen und Risiken. Biophyt AG, Forschungsinstitut für angewandte Agronomie und Oekologie, Mellikon, Schweiz. Unterlagen des VKS-Erfahrungsaustauschs 2004. (unveröffentlicht)

Fuchs, J., Bieri, M. 2000. Neue Pflanzentests, um die Kompostqualität zu charakterisieren. AgrarForschung 7 (7), 314-319. [online] Zugriff am 20.11.2004. <http://www.biophyt.ch/downloads/biotests.pdf>

Hartleib, E. Aerobe Kompostierung. Einflussfaktoren auf die Rotte. [Online] Zugriff am 21.01.2005. <http://www.elke-hartleib.de/kompostierung-aerob.htm>

Kranert, M. Grundfach Siedlungswasserbau II. Biologische Behandlung. Lehrstuhl für Abfallwirtschaft und Abluft. Universität Stuttgart. Deutschland.

LFU, 1999. Fachinformation "Umwelt und Gesundheit". Die Eigenkompostierung – eine Betrachtung unter hygienischen Aspekten Bayerisches Landesamt für Umweltschutz. [Online] Zugriff am 22.12.2004. http://www.bayern.de/lfu/umwberat/data/praxis/kompost1_1999.htm

Nef, A., 2001. Mikrobieller Abbau von biologisch abbaubaren Werkstoffen in Erde und Kompost. Ein Beitrag zum Nachweis der vollständigen biologischen Abbaubarkeit. EMPA-Bericht Nr. 254. St. Gallen, Schweiz.

Oechsner, H., 2003. Einfluss des Biogasprozesses auf die Keimfähigkeit von Pflanzensamen. Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen, Universität Hohenheim. Stuttgart. Deutschland.

Schleiss, K., 2003a. Entwicklung eines Systems für die Sicherung der Qualität von Kompost und Gärgut. Projekt im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft. Umwelt und Kompostberatung. Grenchen. Schweiz.

Schulz, H., Eder, B. 2001. Biogas Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele. 2. überarbeitete Auflage. ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, Deutschland.

VKS. 2001. VKS-Richtlinie 2001: Qualitätseigenschaften von Komposten und Gärgut aus der Grüngutbewirtschaftung. Verband Kompostwerke Schweiz, Biogas Forum Schweiz. [Online] Zugriff am 26.01.2005. www.vks-asic.ch/acrobatreader/qkompostd05_04_01.pdf

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Vertrieb: ENET, Egnacherstrasse 69, CH-9320 Arbon
Tel. 071 440 02 55 · Tel. 021 312 05 55 · Fax 071 440 02 56
enet@temas.ch · www.energieforschung.ch · www.energie-schweiz.ch