

Biogasanlage „Beneficio Santo Domingo“

Studie zur Planung einer Biogasanlage auf der „Beneficio Santo Domingo“, Costa Rica



Photo: Kaffeeverarbeitungsbetrieb in Santo Domingo, Costa Rica

Daniel Ruch
Projektleitung

10. November 2010

Studie



Details zum Dokument

Titel Studie zur Planung einer Biogasanlage auf der „Beneficio Santo Domingo“, Costa Rica

Copyright: Alle Rechte bei der Axpo Genesys AG, CH-8500 Frauenfeld

Filename Planungsstudie_Biogasanlage_Santo_Domingo_CR

Verteiler

Firma/Institution

z.H.

REPIC Plattform

Dr.Stefan Nowak



Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wurde nach einem Besuch auf einem Kaffeeverarbeitungsbetrieb (Beneficio) der Firma Volcafe Costa Rica S.A. in Santo Domingo, Costa Rica, die Planungsgrundlagen einer möglichen Biogasanlage erarbeitet.

Auf der Beneficio fallen grosse Abfallmengen an Pulpa und Miel an. Diese werden teuer entsorgt. Dabei sind sie ideale Ausgangsstoffe zur Biogasproduktion. Überhaupt scheint auf den ersten Blick der Bau einer Biogasanlage sehr vorteilhaft: energiereiche und relativ einfach vergärbare organische Abfälle fallen zu Genüge an und müssen teuer wegtransportiert werden. Der Betrieb braucht selber viel Strom und Wärme. Und die Regierung macht Druck auf die Betriebe, ökologischer zu wirtschaften.

Mit den vorhandenen Substraten könnte ein BHKW von 265 kW_{el} betrieben werden. Damit könnte theoretisch der Strom- und Wärmebedarf der Beneficio gedeckt werden, aber der Nachtbetrieb der Verarbeitung und die hohen Leistungsspitzen sind sehr zum Nachteil der Biogasanlage.

Die Anlage wurde aufgrund der vorhandenen Substrate und den Gegebenheiten am Standort ausgelegt und die Wirtschaftlichkeit berechnet. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigte, dass ein Betrieb einer Anlage vor allem wegen dem saisonalen Anfall der Substrate unrentabel ist. Zudem sind die Energiepreise sehr tief und ohne Ökostromzuschlag nicht zu konkurrenzieren.

Es wurde auch eine Variante gerechnet, die zusätzliche Stoffe in der verarbeitungslosen Zeit vergärt. Die Wirtschaftlichkeit verbessert sich sofort.

Die Studie zeigt, dass zum jetzigen Zeitpunkt eine Biogasanlage noch unrentabel ist. Trotzdem zeigt die Studie auch auf, dass Biogas für die Beneficios die Zukunft sein wird. Denn in Costa Rica und weltweit steigt der Bedarf an Energie. Sie wird knapper und teurer. Jede Verteuerung macht die Ökostromproduktion sinnvoller. Und die Holzpreise werden steigen, da der Staat eine nachhaltige Holzproduktion fordert. Diese Studie kann mithelfen, sich auf diese Zeit optimal vorzubereiten.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Ziel und Kurzbeschreibung dieser Studie	5
1.2	Was ist Biogas – Vorteile von Biogasanlagen	5
1.3	Allgemeine Funktion von Biogasanlagen	5
2	2. Beneficio Santo Domingo	7
2.1	Beschreibung	7
2.2	Prozessablauf	7
2.3	Stoffströme der Kaffeeaufbereitung	10
3	Eignung der Kaffeabfälle zur Gewinnung von Biogas	12
3.1	Erfahrungen	12
4	Situation auf der Beneficio Santo Domingo	13
4.1	Verarbeitung	13
4.2	Energiebedarf	13
4.3	Zukunft	14
5	Planung der Biogasanlage	15
5.1	Substratmengen und Substratmanagement	15
5.2	Verfahrenstechnik	17
5.3	Berechnungen, Energieerzeugung	17
5.4	Gärprodukte - Separation	20
5.5	Anlagendesign und Komponenten	21
5.6	Standort	22
5.7	Kosten	25
5.8	Wirtschaftlichkeit	27
5.9	Verbesserungsmassnahmen	28
6	Zusammenfassung und Fazit	30
6.1	Allgemein	30
6.2	Weiteres Vorgehen	30



1 Einleitung

1.1 Ziel und Kurzbeschreibung dieser Studie

Diese Machbarkeitsstudie dient zur Abklärung, inwiefern eine Biogasanlage auf der Beneficio Santo Domingo ökologisch und wirtschaftlich Sinn macht und unter welchen Rahmenbedingungen die Anlage effizient realisiert und allenfalls gewinnbringend betrieben werden kann.

Die Studie dient als **Basis für eine weitere Planung** und zur Entscheidung, ob, wo und wie die Anlage realisiert werden kann. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen auch allgemein für Kaffeeverarbeitungsbetriebe weltweit genutzt werden, um abzuschätzen, ob ökologische und wirtschaftliche Verbesserungen machbar sind.

1.2 Was ist Biogas – Vorteile von Biogasanlagen

Biogas entsteht bei der Vergärung von organischem Material. Ausgangssubstrate für die Biogasproduktion sind zahlreich. Diese können neben kommunalem Grüngut auch agroindustrielle Reststoffe (Kaffeeverarbeitungsabfälle), Abfälle aus der Gastronomiebranche, Hofdünger (Gülle, Mist) oder gezielt angebaute Energiepflanzen, auch NaWaRo genannt (Nachwachsende Rohstoffe), sein.

Der erneuerbare Energieträger Biogas wird heute vor allem als Brennstoff für Blockheizkraftwerke zur Ökostrom- und Wärmeerzeugung genutzt. Die geplante Anlage hätte diverse Vorteile:

- Energetisch sinnvolle Lösung für die organischen Abfälle
- Energiegewinnung aus organischen Abfällen
- Ökostrom: Der mit Vergärungsanlagen produzierte Strom ist erneuerbar und CO₂-neutral. Der Strom kann deshalb als zertifizierter Ökostrom auf dem Markt angeboten werden.
- Anwohner und die Region profitieren von reduzierten Geruchsemissionen bei der Behandlung der organischen Abfälle

1.3 Allgemeine Funktion von Biogasanlagen

Der Stofffluss sieht je nach Standort folgendermassen aus:

Nachdem das Ausgangssubstrat angeliefert und eventuell von Fremdstoffen gesäubert oder entsprechend der geltenden Richtlinien vorbehandelt (z.B. hygienisiert) wurde, kann es entweder zwischengelagert oder direkt über die Einbringsysteme der Anlage zugeführt werden. Pumpbare Substrate können entweder direkt in den Fermenter gepumpt oder in der Vorgrube angemischt werden. Daraus wird das homogenisierte Material in Chargen dem Fermenter zugeführt.

Studie



Als zweite Möglichkeit bietet sich ein Feststoff-Direkteintrag an. Weiter kann die Anlage auch von einer Hygienisierungseinheit oder dem separaten Lagertank her direkt beschickt werden.

Das Füllniveau des Fermenters mit flüssigem Gärgut ist konstant. Das Biogas wird in einer Gasfaltenhaube, welche den Fermenter oben abdeckt, gespeichert. Anschliessend wird es entfeuchtet, entschwefelt und dem Verbraucher (z.B. Blockheizkraftwerk) zugeführt. Als Aggregat zur Stromerzeugung wird im Normalfall ein reiner Gasmotor verwendet.

Dieselbe Menge an Ausgangssubstrat, die dem Fermenter zugeführt wird, wird gleichzeitig als Gärgut entnommen. Entweder wird dieses Gärgut ins Endlager bzw. den Nachgärer gefördert, oder mittels Entnahmepumpe auf einen Separator geleitet. Der Separator trennt das Gärgut in eine flüssige (Gärdünngülle) und eine feste Fraktion (Gärmist).



Abb.1: Biogasanlagen in Silvaplana (GR), und in Visp (VS)

Eine **Separation** des vergorenen Materials macht dann Sinn, wenn die Biogasanlage Nährstoffe in fester Form wegführen will oder der flüssige Teil (Gärgut) zur Herabsetzung des Trockensubstanzgehalts im Fermenter wieder verwendet, d.h. rückgeführt werden soll.

Gärmist kann entweder direkt in die Landwirtschaft abgegeben und verwertet oder bei Bedarf aerob nachbehandelt (kompostiert oder getrocknet) werden. Dadurch entsteht ein hygienisch einwandfreies und qualitativ hochwertiges Produkt.

Der flüssige Anteil fliesst in das Endlager bzw. den Nachgärer ab und wird aus diesem Behälter auf die Felder ausgebracht.



2 Beneficio Santo Domingo

2.1 Beschreibung

Die Beneficio Santo Domingo gehört zur Beneficios Volcafe (Costa Rica), S.A. Die Volcafe Holding, mit Sitz in der Schweiz, ist einer der grössten Kaffeehändler der Welt. Eine Beneficio ist ein



Verarbeitungsbetrieb, hier für Kaffeebohnen. Die Stadt Santo Domingo de Heredia ist eine mittelgrosse ehemalige Kolonialstadt zwischen den Städten Heredia und der Hauptstadt von Costa Rica, San Jose. Santo Domingo liegt im fruchtbaren zentralen Hochtal von Costa Rica und ist umgeben von zahlreichen Kaffeeplantagen. Die Beneficio ist typisch für diese Gegend. Sie nimmt von den umliegenden Kaffeebauern die Kaffeekirschen an und verarbeitet sie zu fertigen Kaffeebohnen.

Abb. 2: Annahmestelle der Beneficio Santo Domingo

2.2 Prozessablauf

Die Kaffeeernte dauert von Oktober bis Januar. In dieser Zeit liefern die Bauern ihre frischen, reifen Kaffeekirschen an. Wichtig ist, dass die geernteten Kaffeekirschen nicht später als 24 Stunden, besser innerhalb von 12 Stunden nach der Ernte, da sie sonst zu gären beginnen. Die Beneficio Santo Domingo verarbeitet ihre Kirschen mit der nasse Aufbereitung: im Gegensatz zur trockenen Aufbereitung ist die notwendige Voraussetzung für die nasse Aufbereitung das Vorhandensein von Wasser. Das Verfahren benötigt 130 bis 150 Liter klares Quellwasser für 1 Kilogramm marktfertigen Rohkaffee.



Abb. 3: Annahmestation der Kaffeekirschen

Studie

Genesys



Abb. 4: Kiste zum Abmessen einer Fanega

Die Kirschen werden in Kisten, welche je eine Fanega (250 kg) gross ist, entladen. Von da gelangen sie in den vollautomatischen Verarbeitungsprozess. Zunächst werden die Kaffeekirschen mechanisch von Verunreinigungen befreit und in Schwemmkanälen vorsortiert. Dann werden die Kaffeekirschen durch den Pulper befördert. Mit dieser Maschine wird das Fruchtfleisch so von den Bohnen abgequetscht, dass diese unbeschädigt in ihrer allerdings noch von einer Schleimschicht umgebenen Pergamenthauthülle übrig bleiben. Gleichzeitig wird das überflüssige Fruchtfleisch von den Bohnen getrennt.



Abb. 5: Pulpa



Abb. 6: Schleimschicht oder „Miel“

Der entpulpte Kaffee wird im Schwemmkanal und durch Siebung weiter selektiert und gelangt dann in das Fermentationsbecken oder die Fermentationsbehälter. Dort wird der an der Pergamenthaut

Studie



haftende Restschleim in einem Gärungsprozess, dem so genannten Fermentationsvorgang, gelöst und abwaschbar gemacht.

Die im Kaffee vorhandenen Enzyme bewirken diese Fermentation. Sie dauert normalerweise je nach Gegebenheiten 12 bis 36 Stunden. Absolute Sauberkeit aller Anlagen und Aggregate ist notwendig, denn eine Bohne, die zu lange der Gärung ausgesetzt war, ist überfermentiert und ergibt die berüchtigte „Stinkerbohne“, die eine ganze Kaffeepartie verderben kann. Nach der Fermentation muss der Kaffee gewaschen werden, um alle noch verbliebenen Reste von der Pergamenthaut zu entfernen.

Bei der folgenden Trocknung wird der Pergamentkaffee auf ca. 12% Feuchtigkeit herunter getrocknet. Dies geschieht in Trockenöfen, in denen erhitzte Luft das Gut trocknet. Danach werden die

Bohnen gedrescht. Das Dreschen erfolgt maschinell und bezweckt, dass die Pergamentschale von den Bohnen abgelöst wird. Diese Pergamentschalen werden zusammen mit Brennholz in den Öfen des Trocknungsprozesses verbrannt.



Abb. 7: Trocknungsanlage



Abb. 8: Pergamentschalen



Abb.9: Holzofen

Studie



2.3 Stoffströme der Kaffeeaufbereitung

Insbesondere bei der nassen Kaffeeaufbereitung entstehen die beiden Stoffströme „Abwasser“ und „organische Feststoffe“, welche behandelt werden müssen. Der Wasserstrom variiert je nach Aufbereitungsmethode stark, derjenige der organischen Feststoffe bleibt bei allen Verfahren annähernd gleich.

Abwasser: Wasser steht an den Erntestandorten meist gratis zur Verfügung, der Wasserverbrauch ist in vielen Betrieben entsprechend sehr hoch und Einsparungen lohnen sich finanziell nicht. 80 - 90% des gesamten Wassers werden üblicherweise für den Waschprozess aufgewendet. Es gibt Betriebe, die ihr Wasser im Kreislauf fahren und so bis 90% weniger Wasser verbrauchen. Ein bei diesem Verfahren zu beachtender Effekt ist, dass das Abwasser viel höhere Konzentrationen an organischen Stoffen aufweist als normal.

Diese hoch kontaminierten Abwässer werden in einer Kläranlage aufbereitet.



Abb. 10: Kläranlage

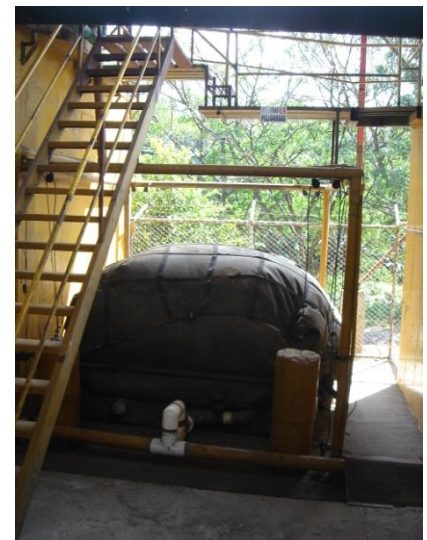


Abb. 11: Gasspeicher

Organische Feststoffe: Nur gerade 21% des Gesamtgewichtes von frisch geerntetem Kaffee kann als Konsumkaffee genutzt werden. Der Rest fällt während der Produktion als organisch stark belastete Fraktion an (Pulpa, Fruchtschleim oder Miel und Pergamentschalen). Der grösste Anteil macht mit 41% die Pulpa aus. Der Miel macht rund 16% aus. Diese beiden Stoffe eignen sich zur Biogasgewinnung. Total resultieren 62% der Frucht als organische Abfälle.

Studie

Genesys



Abb.12: Lagerplatz der Pulpa

Kaffee Pulpa: Die Pulpa macht den grössten Teil des Abfalls aus, sie fällt zentral in grossen Mengen an und wird auf einem Platz zwischengelagert. Das Wegfahren der Pulpa zur Kompostierung kostet jährlich rund US\$ 40'000!

Fruchtschleim oder Miel: Der Fruchtschleim geht bei der nassen Aufbereitung zum grössten Teil ungelöster Form mit dem Abwasser weg, was eine hohe organische Belastung zur Folge hat. Diese Abwasser werden in der Kläranlage abgebaut.



3 Eignung der Kaffeabfälle zur Gewinnung von Biogas

3.1 Erfahrungen

2002/2003 hat die Hochschule Wädenswil unter der Leitung von U.Baier im Auftrag des Bundesamtes für Energie die Vergärung von Pulpa aus der Kaffee-Produktion praktisch untersucht. Sie kommen zum Schluss, dass die Pulpa sich sehr gut eignet zum Vergären und zur Biogasproduktion. Wichtige Aspekte dabei sind die Nährstofflimitation, der anaerobe Abbau, die Substratinhibition, und das Biogaspotential. Die Hochschule Wädenswil hat dazu in ihren umfangreichen Laborversuchen folgende Erkenntnisse gewonnen:

3.1.1 Nährstofflimitation

Basierend auf organischen Parametern ist Kaffee Pulpa für die anaerobe Vergärung sowohl mit als auch ohne weitere Nährstoff- resp. Spurenelementzusätze geeignet. Frische Pulpa weist mit C:N:P = 250:10:1 ein Nährstoffverhältnis auf, welches im für die Vergärung optimalen Bereich von (C:N:P) = 100:5:1 liegt und bereits als optimal für den anaeroben Abbau von Pulpa beschrieben wurde. Allenfalls könnte ein leichter Phosphor Mangel auftreten. In sämtlichen durchgeführten Versuchen konnte keine Limitation von Stickstoff, Phosphor oder Spurenelementen für den anaeroben Abbau festgestellt werden. Somit lässt sich Kaffee Pulpa direkt und ohne Zusatz von weiteren Substraten anaerob vergären.

3.1.2 Anaerober Abbau

In sämtlichen Batch Ansätzen mit Kaffee Pulpa ist ein anaerober Abbau der organischen Inhaltsstoffe von über 70% bei mesophilen Temperaturen erreicht worden, was im Vergleich mit Literaturwerten als normal bis hoch eingestuft werden kann. In kontinuierlich betriebenen voll durchmischten Reaktoren wurde bei tiefer Raumbelastung ein Abbau von 84% der organischen Substanz erreicht. Der Abbau findet mehrphasig statt. In einer ersten Phase werden leicht abbaubare (gelöste) Stoffe umgesetzt, während dieser Phase kann es zu einer Säureakkumulation und zu einer starken pH Absenkung kommen. Während einer zweiten Abbauphase werden komplexe Substratinhaltsstoffe hydrolysiert und abgebaut. Obwohl der Abbau weitgehend ist, wird die Hydrolyserate hier möglicherweise zum Geschwindigkeit limitierenden Schritt.

3.1.3 Substratinhibition

Die Substrathemmung ist nicht stark ausgeprägt und höchstens beim direkten oder schwach verdünnten (1:1) Einsatz von Pulpa sichtbar. Eine Hemmung drückt sich nicht in einem vermindertem Abbaugrad sondern in einem zeitlich leicht verzögertem Abbau aus. Höhere und realistische Verdünnungen (Einmischen in Rührkesselreaktoren resp. in Substratzirkulationen bei Pfropfströmern) von 1:5 und mehr führen zu keinen messbaren Hemmungen. Damit ist es möglich, Pulpa als Monocharge anaerob zu vergären. Die Kombination mit nährstoffreichen oder Struktur gebenden Cosubstraten ist nicht zwingend.



3.1.4 Biogaspotential

Bezogen auf den Trockenrückstand können aus Batch Ansätzen gesicherte Werte von 0.35 Nm³ Biogas pro kg Trockenrückstand TR angegeben werden. Aus semikontinuierlichen Versuchen wurden teilweise ein höheres Biogaspotential von bis zu 0.9 Nm³ Biogas pro kg organischer Trockenrückstand oTR ermittelt. Diese Werte liegen an der Grenze des theoretisch Möglichen und sind entsprechend vorsichtig zu interpretieren. Die in semikontinuierlicher Kultur erreichten spezifischen und Volumen bezogenen Biogasproduktionsraten sind mit Literaturwerten für Kaffee Pulpa vergleichbar, in zweistufigen Verfahren mit vorgeschalteter saurer Hydrolyse werden doppelt so hohe Werte erreicht.

4 Situation auf der Beneficio Santo Domingo

4.1 Verarbeitung

Die Beneficio verarbeitet die Kaffeekirschen von Oktober bis März. Folgende Daten sind verfügbar:

Saison	Monat	Verarbeitung [ff] ¹⁾	Verarbeitung [t]	Organischer Abfall ²⁾ [t]
2005-2006	September	906	227	130
2005-2006	Oktober	3'832	958	546
2005-2006	November	16'457	4'114	2'345
2005-2006	Dezember	17'987	4'497	2'563
2005-2006	Januar	6'493	1'623	925
2005-2006	Februar	1'085	271	155

1) Fanega: traditionelle Masseinheit. 1 Fanega entspricht 250 kg.

2) Rund 57% der Kaffeekirschen kann für die Vergärung genutzt werden (Pulpa und Miel)

4.2 Energiebedarf

Dazu werden folgende Energiemengen benötigt:

Saison	Monat	Stromverbrauch [kWh]	Leistungsabrechnung [kW]	Stromkosten total [US\$]
2005-2006	September	35'398	411	98'867
2005-2006	Oktober	78'757	638	172'968
2005-2006	November	222'360	1'551	449'806
2005-2006	Dezember	264'226	1'785	581'479
2005-2006	Januar	161'946	1'658	645'421
2005-2006	Februar	31'794	527	186'070
2005-2006	März	12'598	230	83'392

Die Stromkosten setzen sich aus verbrauchter Energie, Leistungsspitzen und Saisonalität zusammen. Deshalb sind die Stromkosten im Januar zum Beispiel höher als im Dezember, obwohl weni-

Studie



ger Kaffekirschen verarbeitet wurden. Die ganze Verarbeitung der Kaffekirschen geschieht während der Nacht. Ein wichtiger Grund dafür ist der günstigere Nachtstromtarif (neben der sofortigen Verarbeitung der Tagesernte). Ein grosser Kostenfaktor sind die Leistungsspitzen und die Saisonalität. Im Januar machen die effektiv verbrauchten kWh nicht einmal 30% der Stromkosten aus.

Wärmeverbrauch:

Saison	Holzverbrauch [m ³]	Verarbeitete Fanegas [ff]
2004-2005	3'421.21	46'784.77
2005-2006	3'740.27	49'161.72

Saison	Schalerverbrauch [m ³]	Verarbeitete Fanegas [ff]
2004-2005	1'081.58	46'784.77
2005-2006	837.53	49'161.72

Das Holz stammt von umliegenden Wäldern und wird von Privaten angeliefert.

Die Pulpa wird täglich abgeholt und an einem zentralen Platz kompostiert. In der Regel wird anfallende Pulpa häufig nur ungenügend angeimpft, umgeschichtet und belüftet zu Haufen aufgeschichtet und sich selbst überlassen. Die Bedeutung der Animpfung und der Zugabe von Strukturmaterial oder anorganischen Zusatzstoffen für die Kompostierung von Pulpa ist bekannt. Charakteristisch für die meisten (auch gut geführten) Kompostierungen sind die langen Rottezeiten von 5 – 10 Monaten, das Entstehen von Sickerwasser und die gasförmigen Emissionen von Methan und Lachgas. Werden Monochargen von Kaffeepulpa während der initialen Phase der ersten Wochen nicht intensiv belüftet, so bilden sich schnell saure oder anaerobe Zonen.

Die Abwasser und der Honig werden in der betriebseigenen Kläranlage aufbereitet. Das gereinigte Wasser in den nahen Fluss geleitet. Mit einer kleinen Biogasanlage wird Gas gewonnen und zur Unterstützung der Öfen genutzt.

4.3 Zukunft

Die tiefen Kaffeepreis auf dem Weltmarkt zwingen die Kaffeeverarbeiter ihre Produktionskosten zu senken. Ein weiterer Druck lastet auf ihnen, weil die Regierung in Costa Rica den Umweltschutz vorantreiben will. Die Motivation dahinter ist der Ausbau des umweltverträglichen Tourismus und die Erhöhung der Lebensqualität, um attraktiver für pensionierte Ausländer zu werden, die in neu erstellten Siedlungen angelockt werden. Konkret heisst das, Strom sparen, Holz nur aus nachhaltiger Bewirtschaftung zu verbrennen, Abfälle aufarbeiten, und nicht nur schlecht und mit vielen Emissionen kompostieren. Da bietet sich eine Verbesserung der Situation dank Biogasanlagen an,



weil aus den Abfällen Energie produziert werden kann. Deshalb sind die Verantwortlichen offen für das Thema, falls es eine finanzielle Verbesserung bringt.

5 Planung der Biogasanlage

5.1 Substratmengen und Substratmanagement

Zusätzlich zu den anfallenden Substratmengen in Santo Domingo können noch von der benachbarten Beneficio San Diego Pulpa hergefahren werden. Folgende Mengen wären verfügbar:

Saison	Monat	Verfügbar [t]
2005-2006	September	0
2005-2006	Oktober	0
2005-2006	November	0
2005-2006	Dezember	0
2005-2006	Januar	275
2005-2006	Februar	1'045
2005-2006	März	1'200

Interessanterweise sind die Produktionsmonate nicht deckungsgleich, somit würde über eine längere Zeit vergärbare Substrat zur Verfügung stehen.

Diskutiert wird auch die Nutzung der Grünabfälle der Gemeinde Santo Domingo. Es gab erste Gespräche mit Verantwortlichen der Gemeinde. Prinzipiell stehen sie einer solchen Lösung offen gegenüber. Über die anfallenden Mengen gibt es keine Angaben.

Weitere Substratlieferanten wären agroindustrielle Betrieb in der Umgebung. Es hat auch Schlachtbetriebe, genauere Informationen fehlen.

Eine Herausforderung für den Betrieb einer Biogasanlage ist der saisonale Anfall der Substrate. Aus wirtschaftlichen Gründen kann die Anlage nicht für die maximale Energieproduktion ausgelegt werden, weil sie dann nur 2-3 Monate voll ausgelastet wäre, aber gross und teuer gebaut werden müsste. Als erste Massnahme muss die anfallende Pulpa gelagert werden, damit Substratspitzen gebrochen werden und der Betrieb der Biogasanlage verlängert werden kann. Die offene Lagerung von Kaffee Pulpa bei Temperaturen über 15 °C unter Sauerstoffzugang hat bei hoher Luftfeuchtigkeit eine schnelle Verpilzung und bakterielle Kontamination innert Tagen bis Wochen zur Folge. Als Resultat tritt ein Abbau organischer Substanz mit entsprechender Erwärmung und Energieverlust ein. Das Material wirkt schnell unansehnlich und entwickelt unangenehme Geruchsemissionen. Es ist nicht auszuschliessen, dass durch Pilze Substanzen frei gesetzt werden, welche einen späteren anaeroben Abbau hemmen. Die Lagerung von Kaffee Pulpa muss unter Luftausschluss erfolgen. Klassische Flachsilos mit befahrbarem dichtem Untergrund und Abdeckung durch Kunststofffolien

Studie



eignen sich gut für die Pulpa Lagerung. Eine gedeckte Lagerung von Kaffe-Pulpa unter Sauerstoff-ausschluss hat eine schnelle spontane Milchsäuregärung (Silage) zur Folge. Die entsprechende Mikroflora ist autochthon, d.h. auf der Kaffeepflanze vorhanden. Durch die pH Absenkung wird eine Stabilisierung erreicht, das Produkt riecht leicht säuerlich, es findet nur ein sehr geringer Vorabbau und Energieverlust statt. Organisches Material wird hauptsächlich in leicht abbaubare lösliche Säuren (Milchsäure) umgesetzt, diese sind einem späteren anaeroben Abbau und der Biogasproduktion direkt zugänglich. Da diese sauren Abbauprodukte leicht löslich sind, ist die Entstehung und der Austritt von Sickerwasser zu verhindern.

Die Lagerung in milchsaurer Gärung verhindert effizient den Energieverlust und die Bildung von gasförmigen Emissionen (CH₄, N₂O, NH₃). Innerhalb von Monaten ist jedoch zu erwarten, dass sich auch in milchsaurer Umgebung Säure abbauende Mikroorganismen und Methanogene etablieren.



Abb.13 : Fahrsilo

Ein Lagerkonzept sollt daher von maximalen Lagerzeiten von 2-4 Monaten von der anaeroben Vergärung ausgehen. Bei Luftzutritt während der sauren Lagerung findet ein schneller Abbau der Säuren und von weiterem organischen Material statt, dies ist mit Energieverlust und Emissionen verbunden.

Kann noch die Pulpa von San Diego dazu genommen werden, so ergibt sich folgende erste Möglichkeit für ein Substratmanagement:

Monat	Substrat von Santo Domingo [t]	Substrat von San Diego [t]	Einsilierung [t]	Eintrag in Biogasanlage[t]
September	130	0	0	130
Oktober	546	0	0	546
November	1'200	0	0	1'200

Studie



Dezember	1'200	0	+1'200	1'200
Januar	925	275	0	1'200
Februar	155	1'045	0	1'200
März	0	1'200	0	1'200
April	0	0	-1'200	1'200

Somit kann die Biogasanlage während 6 Monaten voll ausgelastet werden. Dann muss sie für 4 Monate still gelegt werden und kann im September mit den wenig vorhandenen Stoffen wieder angefahren werden. Das funktioniert technisch zwar, wird aber unrentabel sein. Für die erste Variante soll aber dieses Modell einmal durchgerechnet werden.

5.2 Verfahrenstechnik

Der technische Aufwand soll möglichst klein gehalten werden, damit die Biogasanlage nicht zu teuer wird und möglichst wenige Anlagenkomponenten importiert werden müssen. Frische Pulpa aus der Kaffeeproduktion weist mit 16% einen hohen TR Gehalt auf, das Material ist nicht direkt fließfähig oder pastös pumpbar. Die Körnung (Halbschalen der Kaffeekirsche) liegt bei 8 – 15 mm, die Schalen weisen eine teilweise harte Struktur auf und müssen vorgängig der anaeroben Vergärung mechanisch aufgeschlossen werden. Die täglich benötigte Menge Pulpa soll direkt über das bestehende Förderband in eine Vorgrube gelangen. Da wird sie mit rückgeführter vergorener Gülle vermischt und über eine Pumpen/Hackerkombination direkt in den Fermenter eingebracht. Der Fermenter ist volldurchmischt und beheizt. Das produzierte Biogas wird in einem darüber liegenden elastischen Gasspeicher aufgefangen und dem BHKW zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung zugeführt. Die vergorene Gülle wird separiert in einen Feststoffanteil von rund 30% TS und einen Flüssigteil von 4% TS.

5.3 Berechnungen, Energieerzeugung

Stoffmengen- und Biogasertragsberechnung

Substrat	Herkunft	Menge	Einheit
FrISChe Pulpa und Miel	Santo Domingo	4'156	[t/a]
FrISChe Pulpa und Miel	San Diego	2'520	[t/a]
Silierte Pulpa	Silo Santo Domingo	1'200	[t/a]
Total Substrate		7'876	[t/a]

Studie



Technische Prozessparameter der Stoffflüsse (Berechnungen)

Substrat	Menge	Einheit
Tägliche Beschickungsmenge ¹⁾	40	[t/d]
TS im Input	16.2	[%]
TS im Output	8.5	[%]
oTS-Fracht	6.0	[t/d]

Die angegebenen Daten beziehen sich auf die sechs Vollastmonate November bis April.

Stoffdaten der Ausgangssubstrate (Trockensubstanzgehalt TS, organischer Trockensubstanzgehalt oTS und Biogasertrag)

Substrat	TS	oTS	Biogasertrag	
	[% FS ¹⁾	[% TS]	[m ³ /t oTS]	[m ³ /t FS]
Pulpa und Miel	16.30	92.80	350	57

Weil keine genauen Daten des Miel vorhanden sind, wird er wie Pulpa behandelt. In der Praxis wird es eher bessere Gaswerte und sicher ein besseres Fließverhalten geben.

Übersicht Biogasproduktion

Parameter	Var. 1	Einheit
Täglicher Biogasertrag	1'243	[m ³ /d]
Biogasertrag total	447'570	[m ³ /a]
Methangehalt	60.0	[%]

5.3.1 Stromproduktion und Stromeigenverbrauch der Biogasanlage

Für den **Stromeigenverbrauch** wird je nach Anlage gemäss Erfahrungswerten von einem Anteil von ca. 8-12 % der gesamten Stromproduktion der Biogasanlage ausgegangen. Der Stromverbrauch der Biogasanlage ist abhängig von der Rührintensität, der Anzahl Pumpen und deren Betriebsdauer.

Studie



Stromproduktion und Überschuss BHKW

Parameter		Einheit
Anzahl BHKWs	1.0	[St.]
BHKW-Leistung elektrisch	265	[kWel]
Wirkungsgrad elektrisch	43.0%	[-]
Auslastung bez. auf BHKW (el. Leistung)	96.5%	[-]
Betriebszeit pro BHKW (bez. auf el. Leistung)	23.2	[h/d]
Jahres-Stromproduktion	1'208'438	[kWh/a]
Stromeigenverbrauch Biogasanlage	120'844	[kWh/a]
Überschuss/Verkauf	1'087'594	[kWh/a]
Anteil Stromeigenverbrauch an Bruttoproduktion	10.00	[%]
Stromüberschuss/Verkauf	1'087'594	[kWh/a]

Auslegung der Fermenter aufgrund der technischen Prozessparameter

	Parameter		Einheit
Fermenter	Fermenter		
	Fermenteranzahl	1.0	[St.]
	Fermenterdurchmesser (innen)	18.0	[m]
	Fermenterhöhe	6.0	[m]
	Bauvolumen Fermenter	1'527	[m ³]
	Nutzvolumen Fermenter	1'361	[m ³]
	Parameter		
	Prozesstemperatur	42	[°C]
	Angenommene Anzahl Betriebstage	360	[d/a]
	Raumbelastung [kg oTS/(m ³ *d)] ¹⁾	4.4	[-]
	Verweilzeit	34	[d]

Diese Berechnungen und Daten beziehen sich auf die verarbeiteten Substrate während den 8 Monaten. Während dem Rest des Jahres steht die Anlage still und produziert somit auch nichts.

Studie



5.4 Gärprodukte - Separation

Mit einem **Separator** kann ein Teil der zugegebenen Feststoffe wieder aus der Gärgülle ausgepresst werden. Es entstehen eine Gärdünngülle und ein Feststoff, der Gärmist.

Flüssiges Endprodukt (Gärdünngülle)

Der flüssige Teil bei der Separation (ca. 3.5 bis 4 % TS), welches nicht zurück in den Fermenter geführt wird, wird in einer offenen Lagune zwischengelagert. Von da kann die Gülle in die bestehende Kläranlage gebracht werden oder als Dünger wieder zurück in die Landwirtschaft.

Feststoffe (Gärmist)

Ein Grossteil der zugegebenen Feststoffe kann durch den Separator wieder zurück gewonnen werden. Zur Verwertung des Gärmistes (ca. 25-30 % TS) stehen verschiedene Möglichkeiten offen:

- Eine erste Möglichkeit besteht in der direkten Abgabe des Gärmistes an die Landwirtschaft, d.h. eine direkte Ausbringung des Kali-, Phosphor-, bzw. Stickstoff-Düngers aufs Feld.
- Als Alternative dazu bietet sich eine Kompostierung an (evtl. zusammen mit den holzigen Anteilen des Grünguts, um dem Material Struktur zugeben).
- Die letzte Möglichkeit besteht darin, den Gärmist zu trocknen und so das Volumen zu verringern. Eine anschliessende Verbrennung ist zwar möglich, jedoch aus ökologischen Gründen nicht zu empfehlen (Stickstoff- und Phosphorvernichtung).

Aufgrund der Input-Substrate wurden die nachfolgenden Gärgut-Mengen berechnet.

Mögliche Endprodukte, berechnete Mengen und TS-Gehalt

Produkt	Menge [t/a]	TS [% FS]	Bemerkung
Gärgülle (vergorenes Substrat)	7'340	~ 8.5	Ohne Separation
Gärdünngülle (flüssige Fraktion)	5'577	~ 3	Mit Sepa- ration
Gärmist (feste Fraktion)	1'763	~ 27	

Aufgrund des berechneten TS-Gehaltes der Gärgülle ist eine Separation empfehlenswert. Die Separation ist vor allem dann sinnvoll, wenn viel Mist und andere Feststoffe verwertet werden oder viele Nährstoffe weggeführt werden müssen. Zudem ist dann weniger Lagerkapazität notwendig.



5.5 Anlagendesign und Komponenten

Hauptbestandteil der Biogasanlage ist der Fermenter mit 1'361 m³ Nutzvolumen. Er soll als zylindrischer Monolith aus Stahlbeton vor Ort hergestellt und isoliert werden. Diese Konstruktion hat sich bewährt, ist günstig und in Costa Rica erhältlich. Als Rührwerke kommen 2 Stabmixer zum Einsatz. Sie werden seitlich am Fermenter montiert und müssen aus Europa importiert werden. Diese Rührwerke sind robust und wartungsarm. Als Fermenterheizung werden gebogene Edelstahlrohre vor Ort verschweisst. Der Fermenter wird mit einer elastischen Gasspeicherfolie abgedeckt. Die Pulpa wird per Förderband direkt in eine Vorgrube geleitet. Sie wird vor Ort betoniert und hat ein Volumen von 80 m³. In der Vorgrube wird die Pulpa mit vergorener und separierter Gülle verdünnt und pumpfähig gemacht. Zur Mischung wird ein Tauchrührwerk eingesetzt. Eine Pumpen/Hacker-Kombination fördert die tägliche Beschickungsmenge in den Fermenter und nimmt die gleiche Menge zur Separierung hinaus. Ein Separator trennt die vergorene Gülle in eine Flüssigphase und eine Festphase. Die Festphase muss zur Kompostierung abtransportiert werden. Die Flüssigphase kann allenfalls in der bestehenden Kläranlage verarbeitet werden. Da der Miel da nicht mehr behandelt wird, sondern in der Biogasanlage abgebaut wird, hat die Kläranlage Kapazitäten frei.



Als Rührwerke kommen 2 Stabmixer zum Einsatz. Sie werden seitlich am Fermenter montiert und müssen aus Europa importiert werden. Diese Rührwerke sind robust und wartungsarm. Als Fermenterheizung werden gebogene Edelstahlrohre vor Ort verschweisst. Der Fermenter wird mit einer elastischen Gasspeicherfolie abgedeckt. Die Pulpa wird per Förderband direkt in eine Vorgrube geleitet. Sie wird vor Ort betoniert und hat ein Volumen von 80 m³. In der Vorgrube wird die Pulpa mit vergorener und separierter Gülle verdünnt und pumpfähig gemacht. Zur Mischung wird ein Tauchrührwerk eingesetzt. Eine Pumpen/Hacker-Kombination fördert die tägliche Beschickungsmenge in den Fermenter und nimmt die gleiche Menge zur Separierung hinaus.

Ein Separator trennt die vergorene Gülle in eine Flüssigphase und eine Festphase. Die Festphase muss zur Kompostierung abtransportiert werden. Die Flüssigphase kann allenfalls in der bestehenden Kläranlage verarbeitet werden. Da der Miel da nicht mehr behandelt wird, sondern in der Biogasanlage abgebaut wird, hat die Kläranlage Kapazitäten frei.



Abb.15: Pumpen/Hacker_Kombination



Abb.16: Container mit BHKW

Somit können die meisten Komponenten in Costa Rica bezogen werden. Nur die Fermenterrührwerke, das BHKW und die Pumpe kommen vom Ausland. Damit können die Kosten im Rahmen gehalten werden und der Service für viele Komponenten kommt von lokalen Firmen.

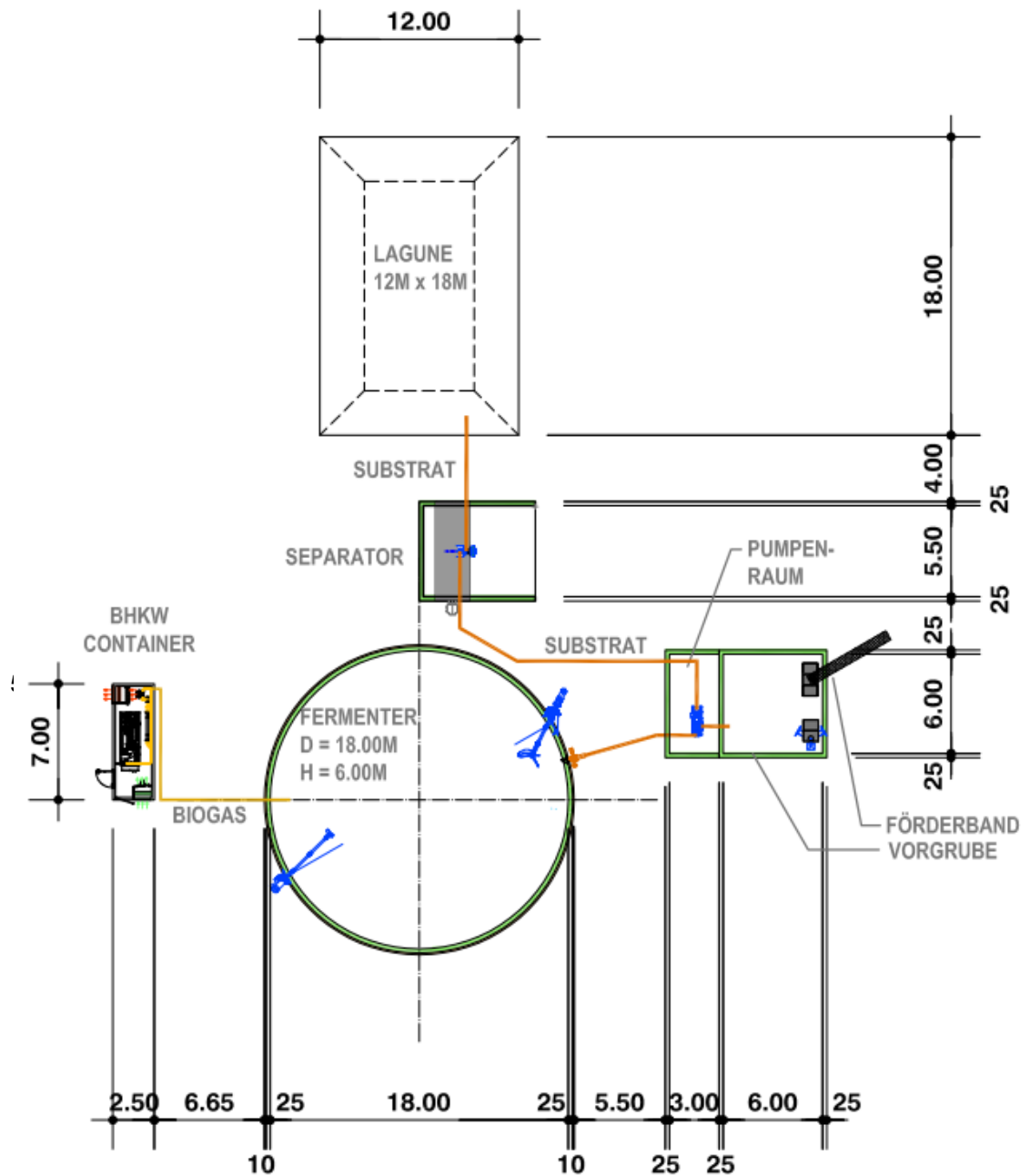


Abb.17 : Anlagenlayout



5.6.1 Hauptverarbeitungsbetrieb

Auf dem Hauptverarbeitungsbetrieb hat es genügend Platz für den Bau einer Biogasanlage, inklusive des Fahrsilos. Ein Teil davon wird heute zur Lagerung der Pulpa genutzt. Die Pulpa könnte also direkt via Förderband in die Vorgrube gelangen. Das Areal ist gut zugänglich von der Hauptstrasse her und hat keine direkten Nachbarn. Die betriebseigene Kläranlage, wo allenfalls die Flüssigfraktion der Gargülle verarbeitet werden könnte, ist grad nebenan, ebenso der Transformer und die Heizöfen.



Abb. 18: Lagerareal der Beneficio

5.6.2 Standort Dosmill

Direkt neben der Beneficio befindet sich das Dosmill, ein moderner Bau zur Lagerung und Verpackung des Kaffees. Dieser wird auch von Volcafe betrieben.

Studie

Genesys



Abb. 19: Betrieb Dosmill



Abb. 20: Freies Gelände hinter Dosmill

Hinter dem Betrieb hat es ein flaches Gelände, das für den Bau einer Biogasanlage geeignet wäre. Dieses würde sich vor allem für eine grössere Anlage mit externen Substraten und allfälliger nachgeschalteter Kompostierung eignen.

Studie



5.7 Kosten

Kostenaufstellung:

Gruppe	Beschreibung	[\$]
BHKW	<p>BHKW Motor: BHKW-Kompaktmodul mit MAN Gasmotor (elektrische Leistung: 265 kW, thermische Leistung verfügbar: 218 kW) inkl. Wärmetauscher für Motor-kühlkreislauf, Pumpen, Sicherheitseinrichtungen, Ausdehnungsgefäß Container zu BHKW inkl. Doppelflügeltür, Zu- und Abluftöffnungen mit Wetterschutzgitter, angebaute Wärmeauskopplung, elektrische Verkabelung bis Schaltschrank, Gasregelstrecke, Notkühlereinheit, Abgasanlage inkl. Schall-dämpfer, Belüftung mit Ventilator, Abteil für Steuerschrank und Zündöltanks, Einspeiseschrank und Computer, Heizkreisverteiler, Aktivkohlebehälter inkl. Aktivkohle Montage: Anschlusspauschale, Inbetriebnahme Optional: Gaskühlung (inklusive) Abgaswärmetauscher (inklusive) zusätzliche Isolierung Container (exklusiv)</p>	300'000
Fermenter	<p>Fermenter Fermenter (d = 18 m, h = 6 m), $V_B = 920 \text{ m}^3$, $V_N = 820 \text{ m}^3$ Bauarbeiten für Fermenter: Betonbau mit Mittelpilz und integrierter Isolation auf der Unter- und Aussenseite, inkl. Drucktüre 80x60 cm aus Edelstahl, Wärmedämmung, Betonschutzfolie, Aussparung Zubehör: Fermenterheizungssystem, Schaugläser, Ex-Leuchte, 2 x Fermenterrührwerk, Über-, Unterdrucksicherung, Gasspeicher (EPDM-Einfachfolie), Kompressor, Entschwefelungseinheit, Niveausonde, Notstopp, Decke, Aus-senverkleidung, Anschlussplatten, Gasleitung, Sensoren, Steuerungseinheit, Fernwärmeleitung, Leckerkennungssystem Montagearbeiten: Gülletechnik (Rührwerke, Leitungen), Gasleitung, Aufheizen, Steuerungseinheit, Aus-senverkleidung, Sonden und andere Komponenten Optional: Mannloch 1.80 x 1.30 für kleines Fahrzeug (exklusiv) Zusätzliche Wärmedämmung: 12 statt 8 cm (exklusiv)</p>	250'000
Lagune	<p>Lagune Güllelagune, $V_N = 500 \text{ m}^3$ Bauarbeiten für Aushub: runder Betonbau, inkl. Drucktüre 80x60 cm aus Edelstahl, Betonschutzfolie, Aussparung Zubehör: 1 x Tauchrührwerk, geruchsdichte Abdeckung PVC, Anschlussplat-ten, Füllstandmessung Montagearbeiten: Gülletechnik (Rührwerke, Leitungen, Sonden und andere Komponenten)</p>	20'000
Vor- und Sammelgru-be	<p>Vorgrube Vorgrube geschlossen (d = 6 m, h = 3 m), $V_B = 80 \text{ m}^3$, $V_N = 60 \text{ m}^3$ Bauarbeiten für Vorgrube: Betonbau, Betondecke, Aussparung Zubehör: Tauchrührwerk, Saugleitung, Grubenöffnung, Schachtabdeckung, Beschickungsleitung Montagearbeiten: Gülletechnik (Rührwerke, Leitungen), andere Komponenten</p>	40'000

Studie



Separation	<p>Separator Pressschneckenseparator, inkl. Probeentnahme, Bedienpodest, Leitungen und Steuerung</p> <p>Bauarbeiten: Betonfundament und Lagerplatz (inkl. Mauern), bei Baumeisterarbeiten berücksichtigt</p> <p>Montage: Separator, Leitungen, Gerüst</p>	50'000
Gülletechnik	<p>Gülletechnik Drehkolbenpumpe, Unihacker, diverse Schieber, Bögen, Armaturen, Steuerungsschrank</p> <p>Installationen: alle Montagen inbegriffen</p>	60'000
Gasinstallationen	<p>Gasinstallationen Diverse Gasinstallationen Edelstahl inkl. Armaturen und Deflagrationssicherung</p>	20'000
Baumeisterarbeiten	<p>Baumeisterarbeiten Allgemein: Schlamm- und Sammlerschächte, Kontrollschächte, Kanalisationsleitungen</p> <p>Aushub und Fundament: alle Komponenten (Behälter, Separator, etc.)</p> <p>Umschlagplätze: Befestigter Umschlagplatz, Zufahrt</p>	50'000
Elektrisches, Schaltschrank, Messtechnik	<p>Elektrisches, Schaltschrank, Messtechnik Zentralsteuerung - Schaltschrank inkl. SPS - komplett verdrahtet, Installationen, Steuerungsschrank, Visualisierung inkl. PC, EVU-Einspeiseschrank</p>	90'000
Vorprojekt- und Projektphase	<p>Vorprojekt- und Projektphase Machbarkeitsstudie, Detailstudien, Bauprojekt, Schätzung der Baukosten und Termine, Baubewilligungsverfahren, Kostenvoranschlag</p>	50'000
Vorbereitungs-, Ausführungs- und Abschlussphase	<p>Projektplanung / Leitung Erarbeiten eines Planungskonzepts, Planungs- und Ausführungspläne Planung der Gas-, Wasser-, Abluft- und Elektroinstallationen, Übergabe der Biogasanlage, Dokumentation, Bedienungsanleitungen und Prüfprotokolle, die Auflistung der Gewährungsfristen, Abstimmung mit dem Bauherrn, Controllingaufgaben, Schlussabrechnung, Leitung der Garantearbeiten Gebühr für die Plangenehmigung</p>	80'000
Bauleitung	<p>Bauleitung Koordination der Bauausführung mit der Baugenehmigung, den Ausführungsplänen und den Leistungsbeschreibungen Kordinieren der Fachingenieure, Aufstellen und Überwachen eines Zeitplanes, Dokumentation Bauführung der auftragnehmenden Unternehmen, Sicherstellen von Sicherheit und Gesundheitsschutz sowie der Umweltschutz. Vertretung Firmeninhaber, Sicherstellen, dass Baumaschinen, Maschinen, Lieferungen, Schalung, Rüstung und Baustoffe rechtzeitig und in der ausreichenden Menge auf der Baustelle verfügbar sind, Koordination der Subunternehmer Abrechnung und Nachtragsmanagement</p>	60'000

Studie



Abnahmen	Diverses Abnahmen, Begleitung externe Abnahmen, Brandschutz, Geometer, Technische Inbetriebsetzungen (BHKW, Fermenter, Heizung, Anlagen-Steuerung), Baunebenkosten, Entfernungspauschale, Versicherungen, Plankopien, Elektrofachplanung, UVB, Bewilligung und Gebühren etc.	50'000
Biotechnologische Betreuung	Biotechnologische Betreuung 12 Monate Betreuung Gärprozess zum schnellen und sicheren Anfahren des Fermenters, inkl. regelmässiger Probenahme und Laboranalyse, Inbetriebnahme, Prozessbetreuung und Schulung	6'500
Unvorhergesehenes	Unvorhergesehenes (1.0 % der Investitionskosten für Beleuchtung, Sanitär und Wasserzuleitung)	12'098
	Kosten Biogasanlage exkl. MWSt.	818'598
	Kosten Netzanschluss Trafo	20'000
	Kosten Landkauf	0
	Kosten Total exkl. MWSt.	838'598

Die Kosten sind realistisch. Für europäische Verhältnisse eher tief, aber es können viele Komponenten und Leistungen in Costa Rica erbracht werden.

5.8 Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeitsberechnung:

	Variante 1	Einheit
Allgemein	Bausumme gemäss Investitionskostenabschätzung	818'598 [US\$]
	Bausumme gesamte Anlage (inkl. Trafo)	838'598 [US\$]
	Kosten Biogasanlage pro installierte Leistung	3'089 [US\$/kWh]
	BHKW-Leistung elektrisch	265 [kW _{el}]
	Wirkungsgrad elektrisch	45.0% [-]
	Betriebszeit pro BHKW (bez. auf el. Leistung)	13 [h/d]
	Jahres-Stromproduktion	1'208'438 [kWh/a]
Aufwand	Aufwand	
	Amortisation und Kapitalverzinsung (5 %)	90'232 [US\$/a]
	Verbrauchsmittel (Aktivkohle)	720 [US\$/a]
	Zündöl	15'000 [US\$/a]
	Substratbereitstellung (Transport Hofdünger, Glycerin, Altfrittieröl)	0 [US\$/a]
	Service- und Reparaturkosten (Regelwartung)	11'036 [US\$/a]
	Betreuung und Service Biogasanlage inkl. BHKW (Personal)	5'475 [US\$/a]
	Unterhalt Biogasanlage (Material für Unvorhergesehenes)	6'549 [US\$/a]
	Biotechnologische Betreuung	7'750 [US\$/a]

Studie



Ertrag	Externe Kontrollen, Analytik	1'500	[US\$/a]
	Firmenabschluss (Buchhaltung etc.)	1'500	[US\$/a]
	Versicherungen (Feuer, Haftpflicht, Betriebsausfall,...)	1'000	[US\$/a]
	Kosten Wegfuhr/Ausbringung Endprodukte	0	[US\$/a]
	Total Kosten Biogasanlage pro Jahr	140'762	[US\$/a]
	Ertrag		
	Ertrag Stromverkauf	87'008	[US\$/a]
	Ertrag total für Stromproduktion	87'008	[US\$/a]
	Ertrag durch externe Wärmenutzung	5'000	[US\$/a]
	Ertrag durch Entsorgung andere Substrate	0	[US\$/a]
	Einsparung Pulpaentsorgung	20'000	[US\$/a]
	Total Einnahmen Biogasanlage pro Jahr	112'008	[US\$/a]
	Gewinn/Verlust	-28'754	[CHF/a]

5.8.1 Kommentar

Die Anlage ist aus folgenden Gründen unrentabel:

- Die Anlage läuft nur während 6 Monaten auf Volllast
- Die Stromvergütung ist mit 8 US cents tief
- Der Holzpreis ist mit 5 US\$/Ster sehr tief. Die Substitution durch die Wärme des BHKW's fällt finanziell kaum ins Gewicht

Die teuren Leistungsspitzen des Betriebs können nicht gebrochen werden. Dafür ist die Leistung des BHKW zu klein.

5.9 Verbesserungsmaßnahmen

1. Die Anlage muss 360 Tage im Jahr betrieben werden. In der Zwischensaison könnten Grünabfälle der Gemeinde Sato Domingo, Geflügelmist von Mastställen und weitere agroindustrielle Abfälle angenommen werden. Die Anlage müsste dann vom Platz her auf dem Areal von Dosmill gebaut werden und würde rund US\$200'000 mehr kosten.
2. Die Nutzung des Ökostroms bringt der Beneficio nicht viel. Der Strom müsste mit Mehrwert an ökologisch interessierte Konsumenten verkauft werden. Es fanden Gespräche mit der staatlichen Elektrizitätsgesellschaft statt. Sie signalisierten die Bereitschaft, für ein Vorzeigeprojekt rund 12 US cents/kWh zu vergüten.

Studie



Neue Wirtschaftlichkeitsberechnung

	Variante 1	Einheit
Allgemein	Bausumme gemäss Investitionskostenabschätzung	1'018'500 [US\$]
	Bausumme gesamte Anlage (inkl. Trafo)	1'038'500 [US\$]
	Kosten Biogasanlage pro installierte Leistung	3'843 [US\$/kWh]
	BHKW-Leistung elektrisch	265 [kW _{el}]
	Wirkungsgrad elektrisch	45.0% [-]
	Betriebszeit pro BHKW (bez. auf el. Leistung)	24 [h/d]
	Jahres-Stromproduktion	2'251'944 [kWh/a]
Aufwand	Aufwand	
	Amortisation und Kapitalverzinsung (5 %)	115'672 [US\$/a]
	Verbrauchsmittel (Aktivkohle)	1'300 [US\$/a]
	Zündöl	27'000 [US\$/a]
	Substratbereitstellung (Transport Hofdünger, Glycerin, Altfrittieröl)	1'500 [US\$/a]
	Service- und Reparaturkosten (Regelwartung)	28'000 [US\$/a]
	Betreuung und Service Biogasanlage inkl. BHKW (Personal)	16'640 [US\$/a]
	Unterhalt Biogasanlage (Material für Unvorhergesehenes)	20'000 [US\$/a]
	Biotechnologische Betreuung	12'000 [US\$/a]
	Externe Kontrollen, Analytik	2'500 [US\$/a]
	Firmenabschluss (Buchhaltung etc.)	1'500 [US\$/a]
	Versicherungen (Feuer, Haftpflicht, Betriebsausfall,...)	1'000 [US\$/a]
	Kosten Wegfuhr/Ausbringung Endprodukte	20'000 [US\$/a]
	Total Kosten Biogasanlage pro Jahr	247'112 [US\$/a]
	Ertrag	Ertrag
Ertrag Stromverkauf		243'210 [US\$/a]
Ertrag total für Stromproduktion		243'210 [US\$/a]
Ertrag durch externe Wärmenutzung		5'000 [US\$/a]
Ertrag durch Entsorgung andere Substrate		0 [US\$/a]
Einsparung Pulpaentsorgung		20'000 [US\$/a]
Total Einnahmen Biogasanlage pro Jahr		268'210 [US\$/a]
Gewinn/Verlust	21'098 [CHF/a]	



5.9.1 Kommentar

Dank eines ganzjährigen Betriebes und der höheren Stromvergütung wird die Anlage rentabel. Dies, weil sich die Stromproduktion verdoppelt.

6 Zusammenfassung und Fazit

6.1 Allgemein

Eine Biogasanlage bringt keine finanzielle Erleichterung für einen Kaffeeverarbeitungsbetrieb. Dies überrascht auf den ersten Blick, weil die Voraussetzungen eigentlich ideal sein müssten. Energie-reiche und relativ einfach vergärbare organische Abfälle fallen zu Genüge an und müssen teuer wegtransportiert werden. Der Betrieb braucht selber viel Strom und Wärme. Und die Regierung macht Druck auf die Betriebe, ökologischer zu wirtschaften. Die Studie über die Beneficio Santo Domingo zeigt aber eine andere Realität auf. Die Saisonalität der Verarbeitung macht einen rentablen Betrieb allein mit den anfallenden Stoffen unmöglich. Die Anlage müsste für 4-5 Monate still gelegt werden. Die relativ teuer produzierte Ökoenergie kann nicht mit den tiefen Strom- und Holzpreisen konkurrieren. Die teuren Entsorgungskosten für die Pulpa können nicht aufgehoben werden. Die vergorenen Stoffe müssen nach wie vor extern „entsorgt“ werden.

Trotzdem wird Biogas auch für die Beneficios die Zukunft sein. Volcafe ist in Costa Rica an Projekten dran, welche neue, moderne und grosse zentrale Verarbeitungsbetriebe vorsehen. Wenn da von Anfang an ein Biogaskonzept mit einbezogen wird, bringt es grosse Vorteile. Das bedingt auch die Annahme von externen Substraten, damit das ganze Jahr hindurch vergärt werden kann. Zudem steigt in Costa Rica und weltweit der Bedarf an Energie. Sie wird knapper und teurer. Jede Verteuerung macht die Ökostromproduktion sinnvoller. Auch die Holzpreise werden steigen, da der Staat eine nachhaltige Holzproduktion fordert.

Ein weiterer Aspekt zu Gunsten von Biogas ist die weltweite Verteuerung des Handelsdüngers. Mit der Biogasanlage kann ein hochwertiger Flüssig- und Festdünger hergestellt werden, der keine Emissionen mehr hat, ausgeglichen und sehr pflanzenverträglich ist. Die Kaffeebauern, welche auch finanziell unter Druck sind, werden dies bald realisieren und damit ihre Böden und ihre Wirtschaftlichkeit verbessern. Dann werden auch die hohen Entsorgungspreise für die Beneficio wegfallen.

6.2 Weiteres Vorgehen

Für ein weiteres Vorantreiben des Projekts müssten weitere Detailabklärungen gemacht werden. Es ist möglich und wahrscheinlich, dass für die Substitution der Pulpaentsorgung CDM-Kredite (CO₂-Handel) geltend gemacht werden können. Dies würde natürlich die Rentabilität verbessern,

Studie



gerade wenn ein zentrales Grossprojekt realisiert werden könnte. Für die Mitvergärung von externen Substraten müssen Gespräche mit der Gemeinde, Grossstallungen und agroindustriellen Verarbeitungsbetrieben geführt werden. Zudem müssen die Bauern auf die Düngemöglichkeiten angesprochen werden und Wege zur Nutzung der vergorenen Gülle gefunden werden, welche beiden Seiten von Nutzen sind. Es wäre wichtig, einmal eine erste Pilotanlage bauen zu können, damit dem Land das Potential aufgezeigt werden kann. Der Schlüssel für ein solches Projekt wäre die staatliche Elektrizitätsgesellschaft. Wenn diese einen interessanten Stromabnahmepreis garantieren würden, wäre eine Realisierung machbar. Denn die Beneficiarios sind offen für neue Ideen, da sie dem immer härteren Weltmarkt, den steigenden Energiekosten und den höheren Umweltauflagen irgendwie gegenhalten müssen. Und da wird Biogas irgendwann eine wichtige Rolle spielen.



Glossar - Fachbegriffe

a	Jahre	HT/NT	Hochtarif/Niedertarif
A	Ampère	W	Kilowatt
AWT	Abgaswärmetauscher	kW _{el}	Kilowatt elektrisch
BHKW	Blockheizkraftwerk	kW _{th}	Kilowatt thermisch
Bh	Betriebstunden	kWh	Kilowattstunde
CH ₄	Methan	m ³	Kubikmeter
CO ₂	Kohlendioxid	NaWaRo	Nachwachsende Rohstoffe
d	Tage	Nm ³	Norm-Kubikmeter
EW	Elektrizitätswerk	oTS	Organische Trockensubstanz
FS	Frischsubstanz	t	Tonne
GVE	Grossvieheinheit	TS	Trockensubstanz
h	Stunde		

Bibliographie

„Vergärung von Pulpa aus der Kaffee-Produktion“ (M. Hofmann, U. Baier, HSW Hochschule Wädenswil/ 2003); im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Schweiz