

BMU – Programm zur Förderung von Demonstrationsvorhaben

Demonstrationsvorhaben

Abschlussbericht K II b1 - 001333

Errichtung einer Biogas- u. Biobrennstoffherstellungsanlage

von

Dipl. Ing. Thilo Lehmann



LEHMANN Maschinenbau GmbH
Jocketa – Bahnhofstraße 34
08543 Pöhl

Geschäftsführer

Dipl. Ing. Thilo Lehmann

IM AUFTRAG
DES BUNDESMINISTERIUMS für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Februar 2009

Aktualisierung – Mai 2011

2. Aktualisierung – September 2012

Berichts-Kennblatt

Berichtsnummer 1. K II b1 - 001333	2.	3. Sachgebiet Demonstrationsvorhaben
4. Titel des Berichts Errichtung einer Biogas- u. Biobrennstoffherstellungsanlage		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Dipl.-Ing. Thilo Lehmann	8. Abschlussdatum 31.10.2008	
	9. Veröffentlichungsdatum 27.02.2009	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) LEHMANN Maschinenbau GmbH Jocketa – Bahnhofstr. 34, 08543 Pöhl	10. Vorh.-Nr. 1333	
	11. Seitenzahl 111	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) KfW Bankengruppe, Niederlassung Bonn 53170 Bonn	12. Literaturangaben 4	
	13. Tabellen u. Diagramme 34	
	14. Abbildungen 97	
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung <p>Im Rahmen des Projektes wurde eine Biogas-Demonstrationsanlage mit einer Leistung von 499 kW_{el} für die Erzeugung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen durch die Integration eines neuartigen Einbring- und Aufschlussverfahrens mittels Bioextrusion® zum verbesserten Aufschluss der Biomasse und zum Erzielen einer nennenswerten höheren Energieausbeute geschaffen.</p> <p>Es wurde auch der Beweis erbracht, dass bis dato nicht oder schlecht verwendbare nachwachsende Rohstoffe einer nachhaltigen Fermentation unter Einsatz dieser neuen Vorbehandlung von Substraten zugeführt werden können.</p> <p>Zur Nutzung von Synergieeffekten des Anlagensystems wurde ein Wärmenutzungskonzept für Hallen, Gebäude und für ein Trocknungssystem entwickelt und technisch umgesetzt. Unter Nutzung hier integrierter Schnittstellen konnte ein weiteres Konzept zur Herstellung von Biobrennstoffen aus Gärresten und deren thermische Verwertung umgesetzt werden.</p>		
17. Schlagwörter Bioextrusion, Aufschluss		
18.	19.	20.

Report-Coversheet

1. UBA K II b1 - 001333	2.	3. Demonstration projects
4. Report Title Establishment of a biogas and biofuel production plant		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Dipl.-Ing. Thilo Lehmann		8. Report Date 31.10.2008
		9. Publication Date 27.02.2009
6. Performing Organisation (Name, Adress) LEHMANN Maschinenbau GmbH Jocketa – Bahnhofstr. 34, 08543 Pöhl		10. Report-No. 1333
		11. No. of Pages 111
7. Sponsoring Agency (Name, Adress) KfW Bankengruppe, Niederlassung Bonn 53170 Bonn		12. No. of References 4
		13. No. of Tables, Diagr. 34
		14. No. of Figures 97
15. Supplementary Motes		
16. Abstract In the context of the project, a biogas demonstration plant with a capacity of 499 kW el was installed which serves for energy production on the base of renewable resources due to integration of a novel feeding and disintegration procedure via Bioextrusion® for the purpose of a better biomass disintegration and a considerably higher energy efficiency. In addition, it was also proved that resources, which were non usable or hardly usable for biogas generation until present, can be used for a sustainable fermentation applying this new pre-treatment of substrates. For benefitting from synergy effects of the plant system, a heat use concept for halls, buildings and for a drying system was developed and technically implemented. Due to utilisation of interfaces which are integrated here, a further concept for production of biofuels on the base of fermentation residues and their thermal utilisation could be realised.		
17. Keywords Bioextrusion, decomposition		
18.	19.	20.

Abbildungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	5
Erläuterungen der Abkürzungen, Maßeinheiten, Symbolen.....	6
Anlagenverzeichnis	7
V Vorwort	9
1 Kurzbeschreibung des Vorhabens	10
1.1 Aufgabenstellung	10
1.2 Voraussetzungen / Bedingungen für die Vorhabensdurchführung.....	11
1.2.1 Standort und Umgebung der Anlage	11
1.2.2 Auszug Gewerbezentralregister	12
1.2.3 Nachweis der Betriebsnummer durch AfL	13
1.3 Verfahrensschwerpunkte	14
1.4 Planung und Ablauf der Vorhabensdurchführung.....	14
1.5 Wissenschaftlicher und technischer Stand	16
2 Beschreibung der Anlagenschwerpunkte und Ergebnisse.....	22
2.1 Maschinen- und Anlagentechnik der Gesamtanlage	22
2.2 Biogasanlage	24
2.2.1 Technische und Betriebsbeschreibung der Biogasanlage	25
2.2.2 Kennzahlen und Ergebnisse der Demonstrationsanlage (Biogaserzeugung)	33
2.2.3 Kennzahlen und Ergebnisse weiterer Biogasanlagen.....	52
2.3 Brikettieranlage als Demo-/ Versuchsanlage für Brennstoffe.....	63
2.3.1 Betriebserfahrungen.....	67
2.4 Wärmeerzeugungsanlage	72
2.4.1 Verbrennung / Emission.....	75
2.4.2 Betriebserfahrung / Optimierung der Brennstoffeigenschaften	85
2.4.3 Vermarktung Biomassepresslinge / Düngestoffe.....	86
2.4.4 Erkenntnisse und Entwicklungspotentiale	89
2.5 Wärmenutzungsanlage	90
2.5.1 Wärmemengen und deren Nutzung	90

2.5.2. Wärmenutzung für die Biogaserzeugung	94
2.5.3. Bandtrockner.....	95
2.5.4. Trockenkammer	97
2.5.5 Trockencontainer	99
2.5.6 Heizung Einbringtechnik und Einbringtechnikraum	102
2.5.7 Heizung – Sozialgebäude, Halle 3 und Halle 4.....	103
3. Betriebswirtschaftliche Ergebnisse.....	104
3.1 Repräsentative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung /Gegenüberstellung	104
3.2 Kaufmännische Ziele und Ergebnisse	108
3.2.1 Ergebnisse und Ziele der Demonstrationsanlage	108
3.2.2 Einnahmen- und Ausgabenrechnung für 2010	109
4. Abschätzung der Kosten- und Ertragssituation für Folgeanlagen und Ausblick	110
5. Ausblicke	111

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Standort der Anlage	11
Abb. 2 Lage der Anlage.....	11
Abb. 3 Auszug aus Gewerbezentralregister.....	12
Abb. 4 Zuteilung EU-Fördernummer/Betriebsnummer	13
Abb. 5 Bioextruder MSZ B74e	16
Abb. 6 Holzfaserstoff, aufgeschlossen.....	16
Abb. 7 Lignozellulose	17
Abb. 8 Lignozellulose	17
Abb. 9 Lignozellulose	17
Abb. 10 Methangassteigerungen durch Bioextrusion®.....	19
Abb. 11 Verkürzung der Verweilzeit, Erhöhung der Faulraumbelastung	20
Abb. 12 Produktion-Wochendurchschnitt (kwh/d)	20
Abb. 13 Erhöhung der Gasausbeute durch Verbesserung der Bio-Verfügbarkeit	20
Abb. 14 Kratzkettendosierer	25
Abb. 15 Befüllung des Dosierers	25
Abb. 16 Steinefalle	25
Abb. 17 Metalldetektor.....	25
Abb. 18 Extruder mit Pumpe.....	26
Abb. 19 Durchschnittlicher Energieverbrauch der Aufschlusstechnik.....	27
Abb. 20 Fermenter BioEnergie Pöhl	28
Abb. 21 Filterschneckenpresse	29

Abb. 22 Zuführung zum Bandtrockner	29
Abb. 23 Kompaktatherstellung.....	29
Abb. 24 H ₂ S - Biofilter.....	30
Abb. 25 Prinzipskizze BioPEAC Verfahren	31
Abb. 26 Trockenboden	32
Abb. 27 Vergütungssätze nach EEG 2005-2008	33
Abb. 28 Vergütung, abhängig von der Auslastung der Anlage.....	34
Abb. 29 Effektivität der Anlage BioEnergie Pöhl	34
Abb. 30 Einsatzstoffe BioEnergie Pöhl	40
Abb. 31 Einsatzstoffe BioEnergie Pöhl	42
Abb. 32 Einsatzstoffe BioEnergie Pöhl	44
Abb. 33 Einsatzstoffe BioEnergie Pöhl	45
Abb. 34 Restgaspotential	48
Abb. 35 KWK – Prozessdarstellung BioEnergie Pöhl.....	48
Abb. 36 Wärmemengen und Verwendung BioEnergie Pöhl.....	49
Abb. 37 Methanausbeute bei Maissilage	52
Abb. 38 Erhöhung der Gasausbeute im Batch-Betrieb (Auszug Bericht VTI 064 2/02)	53
Abb. 39 Methanausbeute bei Grassilage.....	54
Abb. 40 Methanausbeute bei GPS (Hybridroggen).....	55
Abb. 41 Methanausbeute bei Rapssilage	56
Abb. 42 Methanausbeute bei Rindermist.....	57
Abb. 43 Anlagenspezifische Gasproduktivität in m ³ Biogas / m ³ Faulraum / Tag	58
Abb. 44 Mehrertrag (2) gegenüber KTBL (1) bei BGA Hertel, Möschwitz	60
Abb. 45 Mehrertrag (2) gegenüber KTBL (1) Agrofarm 2000, Eichigt	62
Abb. 46 Gärrest nach Filterschneckenpresse	64
Abb. 47 Anlage zur Kompaktierung	64
Abb. 48 Kompaktiervorgang	64
Abb. 49 Kompaktate aus Gärrest	64
Abb. 50 aktueller Prüfbericht Gärrestkompaktate	65
Abb. 51 Analyse der Gärrestzusammensetzung.....	67
Abb. 52 Gärrestverarbeitung	69
Abb. 53 3D-Layout Container mit Kessel- und Lagerraum.....	73
Abb. 54 Containeranlage an Halle 4	74
Abb. 55 Heizraum mit Aschebehälter	74
Abb. 56 Wärmetauscher in Halle 4	75
Abb. 57 Brennstoffeinschub und Feuerraum – Verbrennungsversuch Gärrest 8 mm	78
Abb. 58 Eingesetzte Brennstoffpalette – Gärrest- Pellet 34 mm	78

Abb. 59 Temperaturverhalten des Rauchgases bei der Verbrennung von Gärrest	79
Abb. 60 Zeitlicher Verlauf der Gaskonzentration bei der Verbrennung von Gärrest- Pellet ...	80
Abb. 61 Gasförmige Schadstoffe im Abgas bei der Verbrennung von Gärresten	80
Abb. 62 Versuchsaufbau des elektrostatischen Nassabscheiders	82
Abb. 63 Abscheider bei Feldmessung	82
Abb. 64 Strom- und Spannungs- Kennwerte für den Abscheider (10 kV/ 4 mA)	82
Abb. 65 Kondensatbildung / -ablauf bei der zyklischen Entleerung.....	83
Abb. 66 Messprotokolle zum Grad der Staubabscheidung	84
Abb. 67 Düngewert-Protokoll Endlager BEP.....	86
Abb. 68 BHKW	92
Abb. 69 Abwärmesystem an den BHKW I und BHKW II.....	92
Abb. 70 Heizverteiler	93
Abb. 71 Rohr- in - Rohr – Wärmetauscher.....	94
Abb. 72 Rohr - in - Rohr - Wärmetauscher	94
Abb. 73 Trockengut im Dosierer	95
Abb. 74 Ein- und Ausgangsseite	95
Abb. 75 Wärmeverteilerbalken	95
Abb. 76 Wärmezählersteuerung	95
Abb. 77 Wärmezähler – Bandtrockner	95
Abb. 78 Wärmetauscher und Zuluft-	95
Abb. 79 Abluftsystem des Bandtrockners	96
Abb. 80 Steuerung	96
Abb. 81 Trocknungsgut (Sägespäne)	97
Abb. 82 Trocknungsgut	97
Abb. 83 Wärmetauscher für Trockenkammer	97
Abb. 84 Steuerung für Trockenkammer.....	97
Abb. 85 Hauptkanal.....	98
Abb. 86 Bodenkanal-Trockenkammer	98
Abb. 87 Wärmetauscher mit Ventilator	99
Abb. 88 Steuerschrank.....	99
Abb. 89 Flexible Rohrverbindung zum Andocken der Trocknungsluft -Versorgung.....	100
Abb. 90 Einbauten Container (Luftführung)	100
Abb. 91 Einbauten Container (Luftführung.....	100
Abb. 92 Einbauten Container (Luftführung)	100
Abb. 93 Trocknungscontainer.....	100
Abb. 94 Heizeinrichtung am Vorlagebehälter.....	102
Abb. 95 Heizverteiler-Sozialgebäude.....	103

Abb. 96 Pufferspeicher	103
Abb. 97 Halle 3 – Beheizung - Versuchsstand.....	103

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Planung und Ablauf der Vorhabensdurchführung.....	14
Tabelle 2 Übersicht der installierten Maschinen und Anlagentechnik.....	22
Tabelle 3 Durchsatzleistungen und Energieverbrauch.....	26
Tabelle 4 Kennzahlen zu den BHKWs.....	32
Tabelle 5 Vergleich der Einspeisevergütung zwischen Hybridroggen und Mais.....	36
Tabelle 6 Ist-Zahlen Substrate in kg	39
Tabelle 7 Ist-Zahlen Biogaserzeugung	42
Tabelle 8 Ermittlung der Inputfrachten.....	46
Tabelle 9 Ermittlung des oTR-Abbaugrades	46
Tabelle 10 Ermittlung Grad der fermentierbaren organischen Trockensubstanz.....	47
Tabelle 11 Ist-Zahlen Wärmemengen in MWh und Verwendung	49
Tabelle 12 Auszug aus dem Betriebstagebuch (01.-19.12.2010).....	50
Tabelle 13 Auszug aus dem Betriebstagebuch (20.-31.12.2010).....	51
Tabelle 14 Methanausbeute bei Maissilage.....	53
Tabelle 15 Methanausbeute bei Grassilage.....	54
Tabelle 16 Methanausbeute bei Ganzpflanzensilage	55
Tabelle 17 Methanausbeute bei Rapssilage	56
Tabelle 18 Methanausbeute bei Rindermist.....	57
Tabelle 19 Substrateinsatz BGA Hertel, Möschwitz	60
Tabelle 20 Substrateinsatz BGA ProWind Nennhausen	61
Tabelle 21 Substrateinsatz Agrofarm 2000, Eichigt	62
Tabelle 22 Prüfergebnisse Gärrestkompaktate mit Holzanteil.....	66
Tabelle 23 Heizwerte verschiedener Materialien	66
Tabelle 24 Ermittlung der Gärreste.....	68
Tabelle 25 Technische Daten der Kesselanlage.....	72
Tabelle 26 Grenzwerte für nach Nr. 8 und 13 benannten Brennstoffen	77
Tabelle 27 Grenzwert- Vorgaben für die Emission von Kleinkessel.....	77
Tabelle 28 Überblick der Versuchsergebnisse.....	81
Tabelle 29 Berechnung des Gärrestpreises (flüssig / Fugat)	87
Tabelle 30 Grundlagen für die Wärmenutzung	91
Tabelle 31 Kosten-Analyse: Trocknung von Holzhackschnitzel im Container	101
Tabelle 32 Wirtschaftlichkeitsvergleich „Bioextrusion“	104
Tabelle 33 Einnahmen-Ausgabenrechnung (Planzahlen)	108
Tabelle 34 Einnahmen-Ausgabenrechnung 2010.....	109

Erläuterungen der Abkürzungen, Maßeinheiten, Symbolen

AfL	Staatliches Amt für Landwirtschaft
anl	Anlieferungszustand
B	Breite
wf	wasserfreier Zustand
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
C/N-Verhältnis	bioverfügbaren Anteile von Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) in Pflanzen
Co-Fermentation	Nachwachsende Rohstoffe, Festmist, Landschaftspflegemat.
EVU	Energieversorgungsunternehmen
Fermenter	Gärbehälter
H	Höhe
Kompaktat	Pressling
L	Länge
Nawaro	Nachwachsende Rohstoffe
pH-Wert	Maß für die Stärke der sauren bzw. basischen Wirkung einer wässrigen Lösung
TS	Trockensubstanz
oTS	organische Trockensubstanz

Maßeinheiten :

%	Prozent
€	Euro
°C	Grad Celsius
cm	Zentimeter
h	Stunde
h/a	Stunden pro Jahr
kg	Kilogramm
kg oTS / m ³ x d	kg org. Trockensubstanz pro m ³ Faulraum und Tag
kJ	Kilojoule
kJ / kg	Kilojoule pro Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh / a	Kilowattstunden pro Jahr
kWh / d	Kilowattstunden pro Tag
l _N / kg oTS	Normliter pro Kilogramm organische Trockensubstanz
m	Meter
mm	Millimeter
t	Tonne

Literatur

- / 1 / Kaltschmitt-Endbericht DBU
- / 2 / Deutsche Markenmeldung N°30 2008 013 375. 9/42
- / 3 / Land der Ideen 2009 //2009 DuMont Reiseverlag Ostfildern
- / 4 / Wolfgang Rudolph: Zweite Chance für Mikroben. In: Joule, Mai/Juni 2012, Heft, 3, Seiten 57 und 58

Anlagenverzeichnis

Diese Anlagen befinden sich in dem separaten Dateiordner

- Anlage 1 Lage- und Aufstellungsplan der Demonstrationsanlage
- Anlage 2 Fließschema der Demonstrationsanlage
- Anlage 3 Übersicht „BioEnergie Pöhl“ – gesamt
- Anlage 4 Neue Energien, „Mundgerechte Bakterienkost“, 36. Woche 2007
- Anlage 5 Biogas Journal „Mehr Gas aus Gras“, 4_2009

Anlage 6	Ausschnitt aus Biogas Journal „Extruder spart Substrateinsatz“, 1_2010
Anlage 7	Bauernzeitung „Trockensubstanz ist bares Geld“, 51./52. KW 2008
Anlage 8	Vergleich von UTS Anlagen
Anlage 9	Layout zu Nasskompaktierung / Nasspelletierung von Gärresten
Anlage 10	Layout Standard-Biogasanlage 150 – 500 kW
Anlage 11	Verprobungsprotokolle zu Abb. 13
Anlage 12	IKTS-Bericht

V Vorwort

Die vorliegende Demonstrationsanlage verwirklicht zukunftsweisende Verfahrenstechnologien in der Verwertung pflanzlicher Biomasse. Gleichzeitig wird mit der Realisierung der entstandenen Anlage die Industriereferenz für die von *LEHMANN* entwickelte und angewandte Verfahrenstechnik und Anlagentechnik geschaffen sowie die Grundlage für eine weit sicherere und bessere Anwendung und Vermarktung der getätigten vorliegenden Entwicklungen der *LEHMANN* Maschinenbau GmbH und ihrer Projektpartner erstellt.

1 Kurzbeschreibung des Vorhabens

1.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabe bestand darin, in einer Demonstrationsanlage mit einer Leistung von 499kW_{elektr.} die Erzeugung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen unter effizienteren und bezüglich der Umweltverträglichkeit verbesserten Bedingungen als bisher zu erzeugen.

Schwerpunktmäßig sollte ein neuartiges Einbring- und Aufschlussverfahren mittels Bioextrusion® zum verbesserten Aufschluss der Biomasse integriert und damit der Beweis erbracht werden, dass bis dato nicht oder schlecht verwendbare nachwachsende Rohstoffe einer nachhaltigen Fermentation zugeführt werden können. Damit verbunden war es Ziel, in einer betriebswirtschaftlich relevanten Anlagenbaugröße eine nennenswert höhere Energieausbeute aus Biomasse generell und aus bisher kaum oder nicht genutzten Biomassen im Besonderen in gewinnbringender Weise zu verwirklichen.

Weiterhin bestand die Aufgabe in der Peripherie weitere Verwertungsanlagen zu installieren, um die Synergieeffekte des gesamten Anlagensystems zu nutzen. Ein Wärmekonzept sollte Wärmeenergie für Hallen, Gebäude aber auch für ein dafür zu konzipierendes Trocknungssystem bereitstellen. Weiterhin sollte ein technisches Konzept zur Herstellung von Biobrennstoffen aus Gärresten oder Mischungen und deren thermische Verwertung technisch umgesetzt werden. Parallel dazu bestand die Aufgabe aus den Gärresten vermarktungsfähige Düngestoffe und Brennstoffe herzustellen.

1.2 Voraussetzungen / Bedingungen für die Vorhabensdurchführung

1.2.1 Standort und Umgebung der Anlage

Die *LEHMANN* Maschinenbau GmbH hat die Biogasanlage auf dem Gelände einer ehemaligen Milchviehanlage errichtet. Die Anlage befindet sich im Ortsteil Helmsgrün der Gemeinde Pöhl im Vogtlandkreis des Bundeslandes Sachsen.

Die Landwirtschaft bildet in der Region neben dem Tourismus und mittelständiger Industrie nach wie vor einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor.

Standortdaten:

- Gemarkung: Helmsgrün
- Flur: 3
- Flurstück: 217/2,
- Höhe ü.N. 405 m
- Hauptwindrichtung: West, Süd-West
- Gebietseinstufung: Außenbereich
- Entfernung vom BHKW zur
nächsten Wohnbebauung:
ca. 75 m zu zwei Einzelstandorten



Abb. 1 Standort der Anlage

Auf dem Gelände befinden sich mehrere typische Stall- und Betriebsgebäude. Das Baugelände ist von landwirtschaftlich genutzter Ackerfläche umgeben.



Abb. 2 Lage der Anlage

Die Nutzung, Sanierung und zum kleinen Teil die Erweiterung der vorhandenen Bauwerke und Einrichtungen erfolgten auf bereits versiegelten Flächen. Unter Beachtung der Umweltvorbelastung werden diese Gebiete bei Betrieb der Anlage wesentlich entlastet.

1.2.2 Auszug Gewerbezentralregister

Chemnitz-Stadt										Blatt 1										GnR										250																			
9	8	7	6	5	4	3	2	1	L	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0										
2										3										4										5										6									
a) Firma b) Sitz (Ort der Zweigniederlassung) c) Gegenstand des Unternehmens										Nachschulpflicht										a) Vorstand b) Prokura c) Liquidatoren										Rechtsverhältnisse										a) Tag der Eintragung und Unterschrift b) Bemerkungen									
a) Firmengemeinschaft Heimsgrün e.G. b) Produktion pflanzlicher und tierischer Erzeugnisse, die zunehmende Leistung derselben sowie Absatz- und -stätigkeit mit diesem Erzeugnis und auch Fremderzeugnissen. c) Vernehmung des Geschäftsbetriebes d) Geschäftsbetriebes e) Geschäftsbetriebes f) Geschäftsbetriebes g) Geschäftsbetriebes h) Geschäftsbetriebes i) Geschäftsbetriebes j) Geschäftsbetriebes k) Geschäftsbetriebes l) Geschäftsbetriebes m) Geschäftsbetriebes n) Geschäftsbetriebes o) Geschäftsbetriebes p) Geschäftsbetriebes q) Geschäftsbetriebes r) Geschäftsbetriebes s) Geschäftsbetriebes t) Geschäftsbetriebes u) Geschäftsbetriebes v) Geschäftsbetriebes w) Geschäftsbetriebes x) Geschäftsbetriebes y) Geschäftsbetriebes z) Geschäftsbetriebes										Es besteht keine Nachschulpflicht.										a) Vorstandsvorsitzender: Manfred Strobel, Landwirt, Heimsgrün; stellv. Vorstandsvors.: Manfred Riedel, Dipl.-Landwirt, Jocketa; Vorstandsmitglied: Christine Klinke, Agraring.-Ökonom, Höschwitz.										Zingetragene Genossenschaft, entstanden durch Umwandlung der LPG "Vogtländerde" Heimsgrün. Das Statut wurde errichtet am 19.12.91. Der Vorsitzende vertritt die Genossenschaft allein, sonst zwei Vorstandsmitglieder gemeinsam. Bekanntmachungen der Genossenschaft werden unter ihrer Firma in der Freien Presse veröffentlicht.										a) 30.06.1992 b) Bisher eingetragen im Gen.-Register des Kreises Plauen Bl. 6. Statut Bl. 3 SB									
Von der Eintragung werden hiermit benachrichtigt: 1. Genossenschaft 2. Frau Notar Hirsch - UR 2038/91 3. Prüfungsverband 4. IHK Chemnitz 5. Finanzamt Chemnitz 6. Pföbstamt Heimsgrün 20. JULI 1992																				Justizabst.																													

Abb. 3 Auszug aus Gewerbezentralregister

1.2.3 Nachweis der Betriebsnummer durch AfL

In unten stehender Abb. 4 ist ein Schreiben des Staatlichen Amtes für Landwirtschaft (AfL) Plauen zur Zuteilung der EU-Fördernummer/Betriebsnummer ersichtlich.



Staatliches Amt für Landwirtschaft mit Fachschule für Landwirtschaft Plauen

Staatliches Amt für Landwirtschaft mit Fachschule für Landwirtschaft Plauen,
Europaratstr. 7, 08523 Plauen

LEHMANN Maschinenbau GmbH
Bahnhofstr. 34

08543 Pöhl OT Jocketa

Behörden- und Schulleiterin

Plauen, den 22.05.2006
Telefon: (0 37 41) 10 31 32
E-Mail: Henriette.Grimm@af01.smul.sachsen.de
Bearbeiter: Frau Grimm
Aktenzeichen: VII-8510.90-1451400010
(Bitte bei Antwort angeben)

☒ - Fa. Müller / 28.05.06 / Wc

Zuteilung EU-Fördernummer/Betriebsnummer

Sehr geehrte Damen und Herren,

hiermit bestätigen wir Ihnen, dass Agrargenossenschaft Helmsgrün e.G. i.GV. rechtsgeschäftlich vertreten durch Agrofarm 2000 GmbH Eichigt vertreten durch Geschäftsführer Klaus Rank, An der IMPA 1, 08626 Eichigt seit dem 19.12.1991 in unserem Amt als eingetragene Genossenschaft registriert ist. Sie ist unter der Betriebsnummer:

145 140 0010

erfasst.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Trompelt

Telefon: (0 37 41) 10 31 00
Fax: (0 37 41) 10 31 40
E-Mail: Poststelle@af01.smul.sachsen.de
www.landwirtschaft.sachsen.de/af1/plauen
Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Sprechzeiten:
Mo 9.00 – 12.00 Uhr
Di 9.00 – 12.00 Uhr und 13.00 – 18.00 Uhr
Do 9.00 – 12.00 Uhr und 13.00 – 15.00 Uhr
Außerhalb der Öffnungszeiten steht Ihnen unser Info-Service zur Verfügung.

Verkehrsverbindungen:
Richtung Behördenzentrum
gekennzeichnete
Parkplätze im Gelände,
Straßenbahnlinie 1, 3
Endhaltestelle Neundorf

Abb. 4 Zuteilung EU-Fördernummer/Betriebsnummer

1.3 Verfahrensschwerpunkte

Die errichtete Demonstrationsanlage beinhaltet und vereint mehrere Verfahrensschwerpunkte

- Biogaserzeugung
- Energieerzeugung aus Biogas => Elektroenergie und Wärme
- Festbrennstoffgewinnung aus Biogasgewinnungs - Rückstand und Biomasse

In jedem dieser Verfahrensschwerpunkte sind innovative Systemlösungen integriert.

Aus diesem in sich energieautark gestalteten Gesamtprozess resultiert eine maßgeblich verbesserte Energieausbeute gegenüber bisher bekannten konventionellen Abläufen im Bereich der Biogastechnologie durch eine effektive Nutzung vorhandener Synergieeffekte.

- Einsatz der „BIOEXTRUSION by LEHMANN“[®] zur Substrataufbereitung
- Kopplung der o.g. Verfahrensschwerpunkte zum Zwecke einer optimalen Energieeffizienz

1.4 Planung und Ablauf der Vorhabensdurchführung

Das Demonstrationsvorhaben wurde in nachfolgend aufgeführten Stufen und Arbeitsstadien realisiert.

Tabelle 1 Planung und Ablauf der Vorhabensdurchführung

1	Standortakquisition des Demonstrationsvorhabens einschließlich des Abschlusses von Vorverträgen zur Investitionstätigkeit	06 / 2006 bis 07 / 2007
2	Planung der standortangepassten Komplettlösung der Anlage entsprechend der Projektskizze	bis 04 / 2007
	A <u>Einbringtechnik mit Fermenter</u>	
	B <u>Blockheizkraftwerk</u>	
	C <u>Biobrennstoffherstellung</u>	
3	Recherche zur Energieeinspeisung (Vorabschluss eines Energieeinspeisevertrages mit EVU)	bis 06 / 2007

Vorabschluss von Substratlieferungen	11 / 2006
4 Genehmigung – nach BImSchG	04 / 2007
5 Plankonzept, Konstruktion, Bau der Anlagentechnik für Doppelschneckenextruder mit Direkteintrag / Einbringtechnik mit Fermenter	bis 05 / 2008
6 Plankonzept, Konstruktion und Bau der Anlagen und Komponenten Blockheizkraftwerk, Trockner, Kompaktiereinheit	bis 08 / 2008
7 Plankonzept, Konstruktion und Bau der Anlagen und Komponenten für die Biobrennstoffherstellung	bis 08 / 2008
8 Inbetriebnahme der Demonstrationsanlage	09 / 2008
9 Probetrieb – ff.	ab 09 / 2008
10 Dauerbetrieb mit Teillastbetrieb (Hochfahren der Anlage)	ab 12 / 2008
11 Dauerbetrieb mit Vollastverfügbarkeit	ab 03 / 2009

1.5 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Die Grundlagen für Konzept / Planung / Bau von Biogasanlagen allgemein sind hinreichend bekannt. Deren Berücksichtigung, soweit notwendig, bedarf keiner weiteren Beschreibung.

Über diesen allgemeinen Stand der Technik hinaus wird in der vorliegenden Anlage eine neuartige Verfahrens- und Anlagentechnik mit folgenden Inhalten demonstriert:

- Innovatives Aufschlussverfahren (BIOEXTRUSION by *LEHMANN*[®]) ;
 - Größere Bandbreite durch Nutzung pflanzlicher Biomasse, auch solcher, die bisher in Biogasanlagen nur bedingt oder nicht vergoren werden konnte (Schwimmschichtbildung usw.);
 - optimierte Gasertragsraten (Rezepturenvarianz der Substrate möglich) ;
- Abwärmenutzung des BHKW für die Trocknung von Biobrennstoff und Biodüngern aus den Gärresten

Prinzipiell kann bei der Biogaserzeugung zwischen leicht und schwer verwertbaren Stoffgruppen von Substraten unterschieden werden. Leicht und schwer verwertbar bedeuten hierbei, dass Mikroorganismen einen unterschiedlich hohen Aufwand betreiben müssen, um für und durch die Stoffwechslung dieser Substrate oder damit verbundene Syntheseprozesse die notwendige Energie zu gewinnen. Leicht verwertbare Stoffe sind Eiweiß, Fett und Stärke. Diese sind meist unmittelbar unter der Oberfläche der Stoffpartikel zu finden. Schwer verwertbare Stoffe wie Hemizellulose, Zellulose und Lignin besitzen hingegen vernetzte Strukturen, die das Gerüst von Stoffpartikeln bilden und somit für die Mikroorganismen schwerer zugänglich sind. / 1 / + Kaltschmitt-Endbericht DBU .

➤ Verfahren der Bioextrusion[®]

Das entwickelte Verfahren der **Bioextrusion[®]** erfolgt durch hydrothermalen (thermo-mechanischen) Aufschluss und hat sich zur stofflichen und energetischen Nutzung von Faserpflanzen bestens bewährt und wird in Biogasanlagen mit gutem Erfolg eingesetzt.



Abb. 5 Bioextruder MSZ B74e

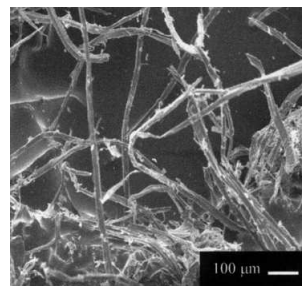


Abb. 6 Holzfasernstoff, aufgeschlossen

In einem Doppelschneckenextruder (s. Abb. 5) wird durch Druck und höhere Temperatur, bedingt durch wechselnde Belastung und mehrfache Druck-/Entspannungszyklen im Gerät, das Substrat nicht nur zerkleinert, sondern teilweise bis in die Zellstruktur aufgeschlossen.

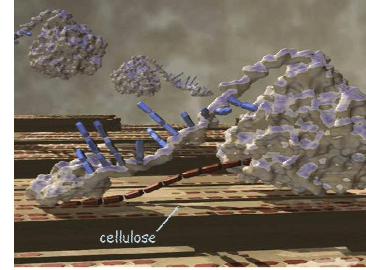
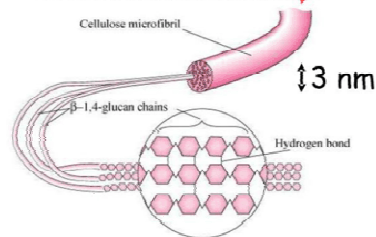
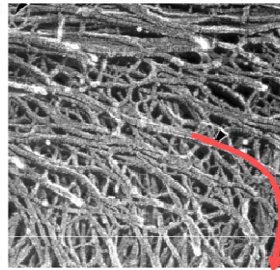
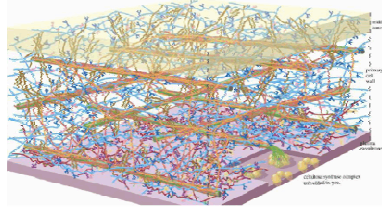


Abb. 7 Lignozellulose

Abb. 8 Lignozellulose

Abb. 9 Lignozellulose

Durch bessere biochemische Verfügbarkeit und die sehr vergrößerte Oberfläche wird der Biogasertag gesteigert und es finden Prozesse der Grenzflächenmechanik statt, wie sie aus dem biologischen Abbau von Klärschlamm bekannt sind. Es kommt **vermutlich** auch zur Herausbildung neuer Bakterienstämme und zu einer Verbesserung des C/N-Verhältnisses, da auch Zellulose und Hemizellulose aufgeschlossen und von den einbindenden Ligninschichten freigesetzt wird. Zellulose liegt in kristallinen Fasern vor, die in einem Netzwerk aus Hemizellulosen und Lignin eingebunden sind. 5- und 6fach Zucker werden dabei freigelegt und schnell verfügbar. Durch die Entfernung von inkrustiertem Lignin ergeben sich Angriffspunkte für cellulolytische Enzyme, die aus der Zellwand freigesetzt werden.

Der Ausfallgrad, also der Wirkungs- und der Abbaugrad der organischen Trockensubstanz, verbessert sich.

Durch substratangepasste Bioextrusionstechnologie mit vorgeschalteter Dosier- und Störstoffabscheidetechnik können sowohl sehr feuchte Früchte- und Gemüseabfälle, Kartoffeln, Äpfel, Fleisch, Schlachtabfälle, Trester, Mist, übliche Silagen als auch trockene strohige Substrate und Biomüll, Federn u.a. gewinnbringend verarbeitet werden.

Dabei ist nicht nur der Zerkleinerungsgrad entscheidend, sondern der Zellaufschluss. Mit erhöhter Traktion und Verlängerung des Prozessteils mit angepassten und speziell

geformten Werkzeugen kommt es zur Entkrustung des Lignins und Schädigung der Zellwände. Deutlich zu erkennen ist dabei eine sich weiter ausbildende Teilung der Faser entlang der Zellwand. Die Faserenden werden aufgespleißt. Es dringt Wasser in die Zelle ein, Zellflüssigkeit löst sich und vermengt sich mit dem Gärsubstrat. Die Zellfaser wird weich (plastifiziert) und Enzyme aus der geschädigten Zellwand beschleunigen den Stoffwechsel. Insbesondere Amylasen, Xylasen, Pektinasen und Hemicellulasen erhöhen die Abbaugeschwindigkeit und Auflösung der Struktureinheiten und erleichtern die Aufspaltung tausender Glukosemoleküle (Zellulose) und anderer Polysaccharide wie Hemizellulose und deren Umsetzung in niedermolekulare, schnell verfügbare und leicht flüchtige Stoffwechselprodukte. Diese „mundgerechte Bakterienkost“ erleichtert die Herausbildung, entsprechend des Futterangebotes, von angepassten Bakterien.

Mittels Bioextrusion® werden Abfälle und Koppelprodukte genutzt, die bisher in Biogasanlagen wenig eingesetzt wurden. Damit werden neue Potentiale erschlossen, die nicht in Konkurrenz zur Nahrungsproduktion stehen.

Das System ist selbstreinigend, robust und schließt unterschiedlichste Substrate sicher auf. Das aufgeschlossene Substrat geht überwiegend in die Mittellage des Fermenters. Damit bilden sich keine Schwimmschichten während des Fermentationsprozesses bzw. hat eine Verbesserung der Rheologie des Substratgemisches zur Folge.

➤ **Vorteile der Bioextrusion®**

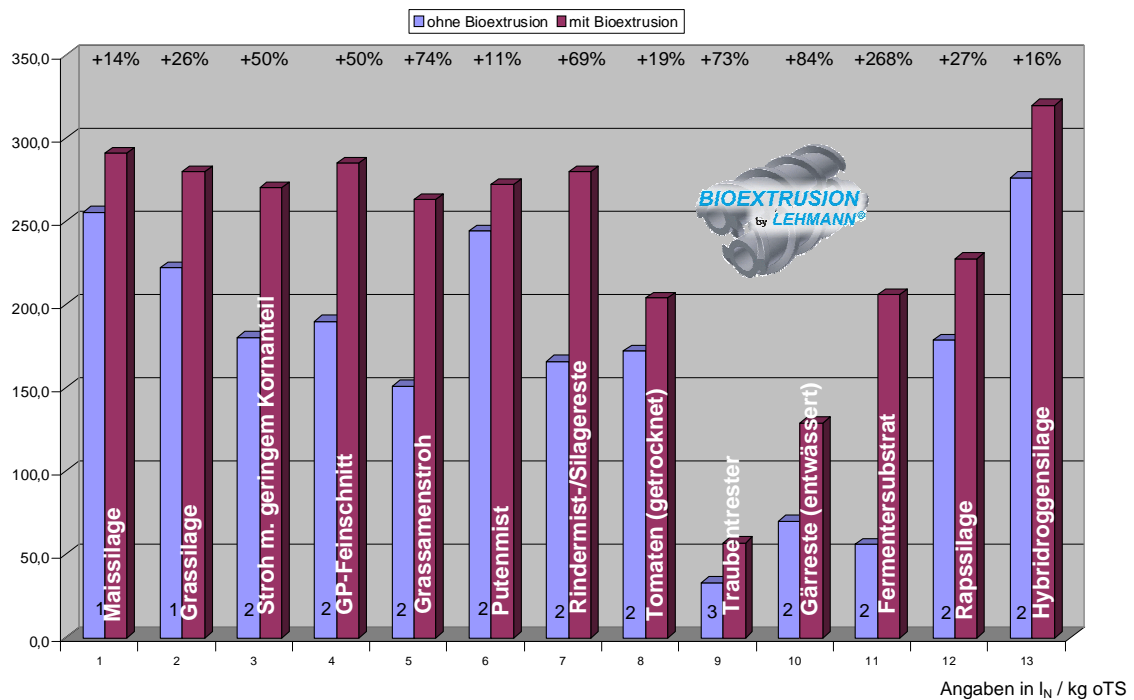
In einer Vielzahl von Biogasanlagen wurde dieses Verfahren einschließlich einer ausgereiften Dosier-, Förder- und Störstoffauslesetechnik mit günstigen Energieeinsatz- und Verschleißwerten aus dem Hause LEHMANN Maschinenbau eingesetzt.

Neue und nachgerüstete Anlagen wiesen eine wesentlich höhere Methangasbildungsrate aus (siehe Punkt 2.2.3. Kennzahlen und Ergebnisse weiterer Biogasanlagen).

Ergebnisse aus Batchversuchen belegen den Mehrertrag an Methanausbeute (siehe Abb. 10).

- ATB Potsdam,
- sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- VTJ Saalfeld,
- Fraunhofer IKTS Dresden,
- TU Dresden u.a.

Diese Batchversuche ([Laborversuche](#)) nach VDI 4630 sind Grundlage für eine Auslegung bzw. Optimierung einer bestehenden Anlage. Konkrete Zahlen aus der Anlage BioEnergie Pöhl entnehmen Sie Kapitel 2.2.2.



Quellen: 1 Sächs. Landesanstalt f. Landwirtschaft, 2 Biogas Oberfranken, 3 Prüf- u. Forschungsinst. Pirmasens, Batchversuche nach VDJ 4630

Abb. 10 Methangasteigerungen durch Bioextrusion®

Die entsprechenden Einzelbelegungen bzw. Laborberichte sind dem Anhang zu entnehmen. Abb. 10 stellt lediglich eine Auswahl dar, weitere Laborberichte sind verfügbar.

Es wurden jeweils Proben vom Substrat genommen. Im Technikum „BioEnergie Pöhl“ wurden die Substrate bearbeitet, einmal gehäckselt und einmal extrudiert. Diese zwei verschiedenen Zustände wurden anschließend im Labor nach VDI 4630 auf anaerobe Biogasproduktion getestet und gegenüber gestellt. In Abb. 10 ist die Methanausbeute in I_N / kg oTS bzw. die Methangasteigerung in % für die jeweiligen Substrataufbereitungen aufgetragen.

Der Ausfallgrad verbessert sich trotz einer höheren Faulraumbelastung und trotz verringerten Verweilzeiten (siehe Abb. 11 bis Abb. 13). Die Abb. 11 bis Abb. 13 zeigen Praxisergebnisse einer Thüringer 200 kW_{elektr.} Großanlage ohne Aufschluss bis KW 36 und mit Aufschluss ab KW 37. Die eingesetzte Rührenergie und Rührzeit konnte gesenkt werden. Die nach der Bioextrusion® höhere Temperatur der Substrate ermöglicht eine geringere thermische Energiezufuhr. Der durchschnittliche Energieeinsatz beträgt zwischen 4.5 bis 7

kWh/t Frischmasse (Maissilage), das sind weniger als 10 % der zugewonnenen Energie nach der Verstromung des Biogases mittels Bioextrusion®.

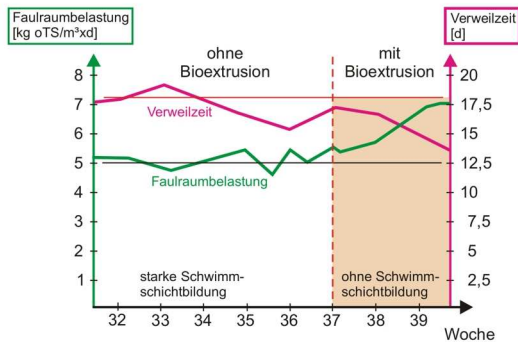


Abb. 11 Verkürzung der Verweilzeit, Erhöhung der Faulraumbelastung

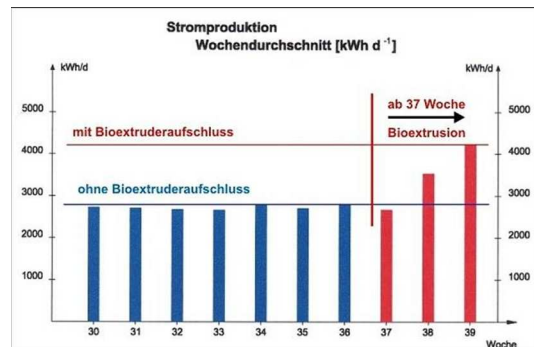


Abb. 12 Produktion-Wochendurchschnitt (kwh/d)

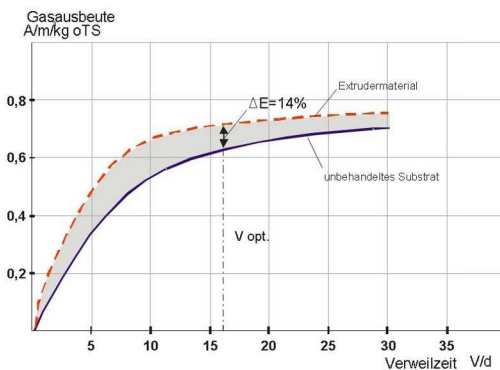


Abb. 13 Erhöhung der Gasausbeute durch Verbesserung der Bio-Verfügbarkeit

Durch eine genaue Verwägung der Inputstoffe (Mist, Maissilage, Grassilage, GPS und Hofrester) wurde ein Vor- und Nachher (ohne und mit Bioextrusion®) und eine Gasproduktivitätssteigerung von + 53% ermittelt. Davon fällt auf die höhere Bioverfügbarkeit 14% Steigerung und auf eine höhere Faulraumbelastung 39% (vorher 5,3 kg oTS / m³xd, nachher 7,9 kg oTS / m³xd beherrschbar).

Daraus ergeben sich die im Weiteren aufgeführten Vorteile, die sich mit den Einzelprotokollen oder auch aus den Vergleich von 13 Anlagen (s. Punkt 2.2.3. Kennzahlen und Ergebnisse weiterer Biogasanlagen) decken.

Hier sind die Vorteile der Bioextrusion® nochmals kurz, in Stichpunkten zusammengefasst:

Verbesserung der mechanischen Eigenschaften

1. geeignet für **schwer** in Biogasanlagen beherrschbare Substrate wie Festmist, Landschaftspflegematerial, Maisstroh, Stroh, Gras, Silagen, Ganzpflanzen, Bioabfall

2. keine Schwimmschichtbildung
3. gute Rohr-, Ventilpassier- und Transportfähigkeit
4. geringe Rührenergie, da extrudiertes Substrat in Mittellage geht und sich gut verteilt
5. hohe Homogenität des Substrates (Extruder ist ein Intensivmischer)
6. hohe TS-Gehalte über Feststoffpfad einbringbar

Verbesserung des biochemischen Abbaus

1. Herausbildung **vermutlich** neuer Bakterienstämme entsprechend des ‚Dargebotes an Futter‘ durch Grenzflächenmechanik
2. Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit des Abbaus der Biomasse durch größere Oberfläche und optimale Reaktions-/ Milieubedingungen
3. Verkürzung der Verweilzeit bei besserem Ausfallgrad – Einsparung von Faulraumvolumen, Verbesserung des Wirkungsgrades der eingesetzten organischen Trockenmasse
4. bessere Gasbildungsrate des organischen Trockensubstanzgehaltes
5. Erhöhung der Raumbelastung bei besserem C/N – Verhältnis
6. geringes Temperaturgefälle zwischen extrudiertem Substrat und Fermenter
7. hohe Drücke im Inneren des Extruders und Wechselbeanspruchungen (Druck / Entspannung) bedingen Abtötung von Krankheitskeimen, Pilzsporen und Unkrautsamen – Senkung der Keimbelastung

mundgerechte Bakterienkost

Hier setzt, wissenschaftlich gesehen, das innovative Aufschlussverfahren der „BIOEXTRUSION by LEHMANN“[®] an und erbringt die vorgenannten Effekte. Die nachfolgend aufgeführten Module der Demonstrationsanlage sind Entwicklungen und Konstruktionen der LEHMANN Maschinenbau GmbH und seiner Partner:

- Doppelschneckenextruder mit Direkteintrag
- Kratzkettendosierer mit Kratzbandaustrag
- Vorlagefermenter
- Dosier- und Förderereinrichtungen mit Störstoffauslese
- Separator
- Kompaktiereinheit (Nasskompaktierverfahren und Pelletierung)
- Niedertemperatur – Trockner
- einschließlich Dosier- und Fördertechnik, Zu- und Ablufttechnik
- Schachtrührwerke
- externe Biogasentschwefelung

2 Beschreibung der Anlagenschwerpunkte und Ergebnisse

Die nachfolgenden Ausführungen enthalten die im Projekt entwickelten Anlagenschwerpunkte bestehend aus Biogasanlage, Brikettieranlage für Biobrenn- und Düngestoffe, Wärmeerzeugungs- und Wärmenutzungsanlage.

2.1 Maschinen- und Anlagentechnik der Gesamtanlage

Der Plan, Anlage 1, beinhaltet die Aufstellung aller Maschinen und Anlagenbestandteile in einer Übersicht. (Die Ordnungsziffern vor den Einzelaggregaten in Tabelle 2 stimmen überein mit der betreffenden Legende in Anlage 1)

Diese Maschinen und Anlagen befinden sich in Betrieb und dienen als Demonstrationsobjekte für Kunden und Interessierte.

Tabelle 2 Übersicht der installierten Maschinen und Anlagentechnik

1	Einbringtechnik	1.1	Notbeschickungsrampe
		1.2	Dosierer
		1.3	Ballenauflöser
		1.4	Abluft Einbringtechnik
		1.5	Fördertechnik mit Störstoffauslese
		1.6	Bioextruder
		1.7	Rachentrichterpumpe RP
		1.8	Rezirkulatpumpe P3
		1.9	Vorlagesystem mit Pumpe P1
2	Vor- und Nachbehandlung Substrat	2.3	Wärmetauscher
		2.4	Fermenterzirkulationspumpe P2
		2.5	Nachvergärer mit Schachtrührwerk und externem Biogasspeicher
3	Fermentertechnik	3.1	Hauptfermenter mit 2 Schachtrührwerken und externem Biogasspeicher
4	Blockheizkraftwerke	4.1.1	BHKW 1 350 kW
		4.1.2	Resonanzschalldämpfer I
		4.1.3	Gasverdichter 1
		4.2.1	BHKW 2 149 kW
		4.2.2	Resonanzschalldämpfer II
		4.2.3	Gasverdichter 2

- 5 Anschlussysteme BWHK
 - 5.1.1 Notkühlsystem BHWK
 - 5.1.2 Be- und Entlüftung BHKW
 - 5.1.3 Motorschmierölsystem
 - 5.1.4 Abgassystem
 - 5.1.5 Biogastrocknung mit Kondensatgrube u. Über-/Unterdrucksicherungen
 - 5.1.6 Biogasentschwefelung
 - 5.1.7 Heizkessel
 - 5.1.8 Abgassystem Heizkessel
 - 5.1.9 Heizungsverteiler
 - 5.1.11 Heizölversorgung
- 6 Gärrestbehandlung
 - 6.1 Silosickersaftgruben
 - 6.2 Gärrestendlager mit 2 Tauchrührwerken und gasdichtem Membrandach
 - 6.3 Separator mit 2 Vorlagebehältern
 - 6.6 Aufstellbühne Separator
- 8 Elektroinstallation
 - 8.1 Trafostationsgebäude
 - 8.2 Trafo für Netzeinspeisung
 - 8.3 Elektroverteilungen
- 12 Biobrennstoffherstellung
 - 12.1.1 Aufgabedosierer – Trocknung
 - 12.1.2 Zufördereinrichtung
 - 12.1.3 Bandtrockner
 - 12.1.4 Abfördereinrichtung
 - 12.1.5 Zwischenbunker
 - 12.1.6 Absaugung Bandtrockner
 - 12.2.1 Trocknungskammer
 - 12.2.2 Trocknungscontainer
 - 12.3.1 Warmlufterzeugung für Trocknungskammer und –container
 - 12.3.2 Absaugung für Trocknungskammer
 - 12.4.1 Dosierer 1
 - 12.4.2 Dosierer 2
 - 12.4.3 Austragsschnecke
 - 12.4.4 Extruder mit Abschlagsvorrichtung
 - 12.4.5 Austragsband
 - 12.4.6 Steuerung

2.2 Biogasanlage

Die errichtete Biogasanlage (BGA) ist gegenüber dem Stand der Technik maßgeblich verbessert und kombiniert mit einer Anlage zur Herstellung und Trocknung von Biomassebrennstoff und Düngemittel.

Bei dieser BGA werden mehrere Verfahrensschritte zur Aufbereitung pflanzlicher Biomasse optimiert und damit das Verfahren insgesamt. Maßgebliche Schritte und Ergebnisse dabei sind:

- durch das thermo-mechanische Aufschlussverfahren (Bioextrusion®) können bisher kaum eingesetzte nachwachsende Materialien bzw. Stoffe wie Grünschnitt, Stroh, Landschaftsschnitt, Rohstoffe aus Rohstoffplantagen und strohige Festmiste eingesetzt werden.
- die Ausbeute an Biogas ist dabei markant höher;
- maßgeblich geringere Verweilzeit;
- Minimierung und teilweise Wegfall von Schwimmschichten.
- Schwimmschichten, insbesondere nach dem Eintragen der biogenen Stoffe, bilden sich nicht aus, da das Material durch den Zellaufschluss, d.h. Schädigung der Zellwand und damit Austausch der Zellflüssigkeiten, in Abhängigkeit des Aufschlussgrades Wasser aufsaugt und weitgehend untergeht. Erst mit dem Austrag von CO₂ und CH₄ wird das Gut mit nach oben getragen
 - Verringerung des Gewichtes der Fasern durch Kohlenstoff/Stoffwechsel
 - Auftrieb durch anhaftende CO₂ und CH₄ Bläschen
 - durch Rühren jederzeit leicht auflösbar

Das Biogas wird in Blockheizkraftwerken (BHKW's) verstromt.

Die im Gärrest der Biogasanlage verbleibenden Pflanzenreste, nach Durchlauf von Haupt-, Nachfermenter und Gärrestendlager, werden separiert, kompaktiert und mit der Abwärme aus den BHKW's getrocknet oder wieder als Substrat beigemischt und in den Prozess wieder aufgegeben.

Diese so hergestellten Kompaktate lassen sich zur Wärmeerzeugung in Biomasseverbrennungsanlagen oder als Düngepellet im Garten- und Landschaftsbau einsetzen. (Zu beachten ist die Einhaltung der veränderten Verordnungen.)

Der Anlagenteil – Biobrennstoffverwertung demonstriert diese Verwertungsmöglichkeit mit den unterschiedlichen Möglichkeiten der Kompaktierung / Pelletierung und Trocknung (Agglomeration).

2.2.1 Technische und Betriebsbeschreibung der Biogasanlage

Anlage 1 zeigt den Lageplan der gesamten Demonstrationsanlage. In Anlage 2 ist der Stofffluss dargestellt.

Die nachfolgende Beschreibung der Anlagenbestandteile erfolgt in ihrer Reihenfolge so, wie die Rohstoffe bzw. das Substrat die Anlage im Verfahrensprozess durchlaufen.

Der technische Prozess beginnt mit der Einbringtechnik

- Aufgabedosierer mit Kratzerboden und Kratzeraustrag
- Zuführband mit Metalldetektor und Klopfereinheit
- Doppelschneckenextruder B74e
- Eintragspumpe mit Rezirkulatuzuführung (Rachentrichterpumpe)



Abb. 14 Kratzkettendosierer



Abb. 15 Befüllung des Dosierers

Biogenes Gut wird im vorzerkleinerten Zustand mittels Lader oder Futtermischwagen in einen Dosierer aufgegeben, siehe Abb. 15. Die Stromaufnahme des Dosierers liegt bei 2,15 kWh/t_{FM} und ist damit äußerst energiesparend und effizient. Dieses Dosiersystem wird bisher nur durch ‚LEHMANN‘ angeboten, ist robust und verschleißarm (innovativ). Über Zuführbänder erfolgt die Beschickung eines Bioextruders B74e.



Abb. 16 Steinefalle



Abb. 17 Metalldetektor

In die Bänder ist ein Schwerstoffausscheider (ballistisch), auch Steinefalle genannt (siehe Abb. 16), integriert. Metallische Störstoffe werden über einen Detektor (Abb. 17) erkannt und durch Reversieren des Bandes ausgeschleust. Damit werden wesentliche Störstoffe aus dem Gutstrom entfernt und der Verschleiß an bewegten Teilen gemindert (innovativ).

Die elektrische Leistungsaufnahme des Bioextruders B74e variiert in Abhängigkeit von der Durchsatzleistung in den Werten lt. Tabelle 3.

Tabelle 3 Durchsatzleistungen und Energieverbrauch des Doppelschneckenextruders für ausgewählte Biomassen

(Durchschnittswerte)	% TS	<i>Durchsatzleistung</i> t/h	<i>durchschnittl. Energieverbrauch</i> kWh/t _{FM}
Mais-/ Grassilage	25-30	4,5-7,0	6,0-14,0
Grünschnitt/ Festmist	20-25	3,5-6,5	2,5-12,5
Anwelk-Grassilage	25	3,5-6,0	10,0-24,5
Stroh	85	0,7-0,9	75,0-95,0
Mischungen einschl. Stroh	30-35	3,0-6,5	10,0-18,0

Im Bioextruder erfolgt ein hydrothermaler Aufschluss, der wesentlich zur Vergrößerung der Substratoberfläche führt (s. Abb. 18) und optimale Aufwuchsfläche der stoffwechselnden Bakterien ist.



Abb. 18 Extruder mit Pumpe

Das zerkaserte Gut gelangt direkt in eine Pumpenvorlage, von der aus über Dickstoffpumpentechnik ein kontinuierlicher oder semikontinuierlicher Eintrag in den Fermenter gewährleistet wird. Die Pumpfähigkeit wird durch Rezirkulatzumischung der separierten Flüssigphase des Gärrestes bei ca. 15% erreicht.

Der störungsfreie anlageninterne Transport / Betrieb von Substrat und Stoffzirkulat wird des Weiteren mittels Pumpen und mit Hilfe von Ventil- und Schiebervorrichtungen realisiert (s. auch Anlage 2).

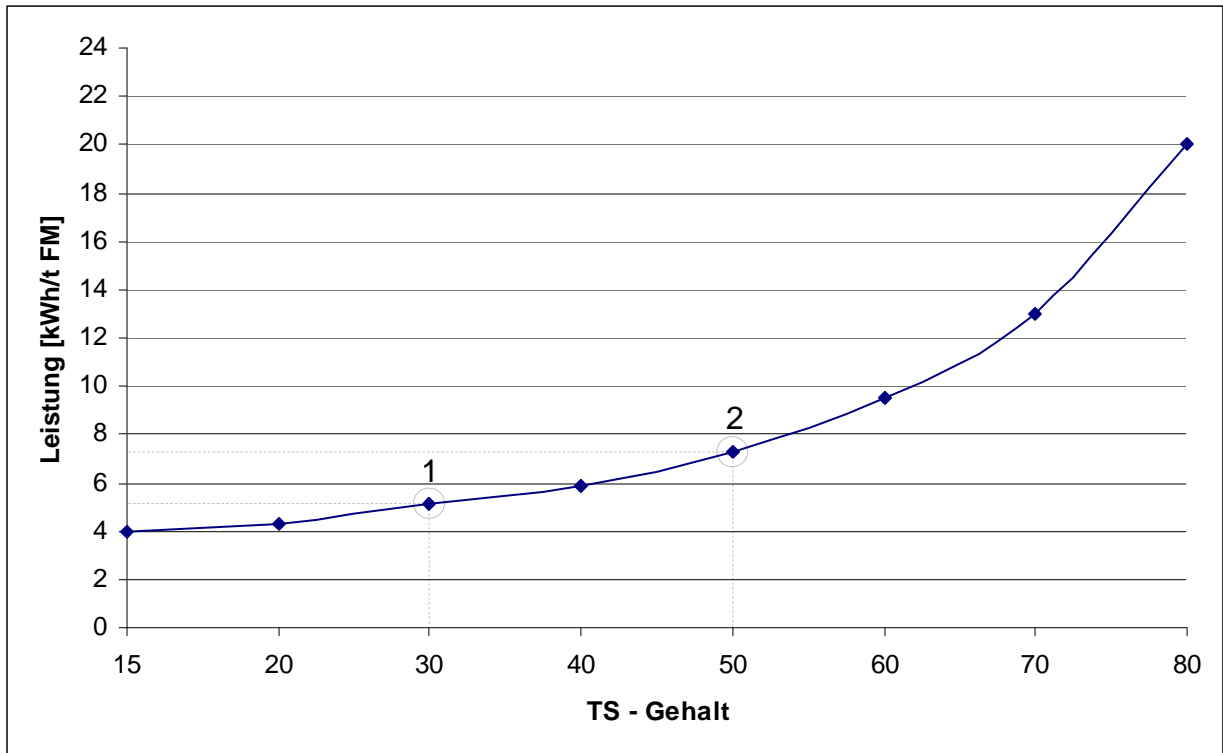


Abb. 19 Durchschnittlicher Energieverbrauch der Aufschlusstechnik

Die in Abb. 19 ermittelten Leistungswerte gelten für den Bioextruder und zeigen den durchschnittlichen Energieverbrauch in Abhängigkeit der Trockensubstanz des Substrates. Eine weitere Abhängigkeit ergibt sich aus dem Rohfasergehalt des Substrates, dem Aschegehalt usw.

- | | | | |
|---|---------------------|----------------------------------|------------------|
| 1 | Biogasanlage 500 KW | Maissilage 30% TS | ca. 4,7 kWh/ tFM |
| 2 | Biogasanlage 192 KW | Maissilage, GPS, Getreide 50% TS | ca. 7,4 kWh/ tFM |

In einem Vorfermenter (Vorlagebehälter in Stahlcontainerbauweise) stellt sich bei geringer Verweilzeit von 5-6h eine abgedeckte, besaugte Hydrolyse ein (PH-Wert 5,3). Mit einer Pumpe erfolgt der Transport über Rohr-in-Rohr-Wärmetauscher in den Hauptfermenter. Die Vergärung erfolgt als kontinuierlicher Prozess im mesophilen Temperaturbereich (43° C) im Gärbehälter [Fermenter].

Der Hauptfermenter (Durchmesser 21 m, 8 m hoch, 2.000 m³ Raumvolumen) und der Nachfermenter (Durchmesser 12 m, 8 m hoch, 700 m³ Raumvolumen) wurden aus Kostengründen aus Beton gefertigt und haben eine Betondecke.



Abb. 20 Fermenter BioEnergie Pöhl

Das Konzept, die Behälter in Containerbauweise aus Stahl herzustellen, ließ sich aus Kostengründen nicht verwirklichen. Zwischen Planung und Bauausführung haben sich die Stahlpreise wesentlich erhöht. Dies wurde mit den Zuwendungsgebern abgestimmt.

Alle anderen Planungen konnten aufrechterhalten werden und wurden ausgeführt.

Die Durchmischung der Gärbehälter erfolgt mechanisch über Schacht- und Flügelrührwerke. Ein an der Fermenterwand installierter Kanal 600 x 600 mm führt das aus der oberen Einströmöffnung austretende Substrat mittels eines saugend / drückenden Rührflügels (Dm 500 mm) zur unteren Ausströmöffnung in den Fermenter zurück. Die frequenzgeregelte Drehzahl des Rührantriebes führt zur Regulierung der Fördermenge des Substrates. Optional besteht die Möglichkeit der Temperierung des gegen Wärmeabfluss isolierten Kanals. Der Temperaturgradient ist im Fermenter dadurch $< 0,5^{\circ}\text{K}$.

Eine völlige Entkopplung des Systems vom Fermenter wird durch entsprechende Schieber an den Öffnungen realisiert. Der Antrieb des Rührwerkes und der Kanal selbst sind mittels Kompensatoren vom Fermenter dynamisch entkoppelt. Die Vorteile des Systems bestehen eindeutig darin, dass Wartungsarbeiten am Rührsystem ohne Unterbrechung der Gasproduktion durchgeführt werden können. Weitere Vorteile bestehen in der regelbaren Fördermenge, der guten horizontalen und vertikalen Durchmischung des Substrates im Fermenter durch entsprechende Leitbleche an den Ein-/Ausströmöffnungen und einer optionalen Nachrüstmöglichkeit an bestehenden Fermentern.

Das Gärsubstrat gelangt anschließend nach dem Überlaufprinzip in den Nachfermenter. Nach der hier erfolgten weiteren Vergärung gelangt das vergorene Substrat in das Gärrestendlager. Das Gärrestendlager ist gasdicht abgedeckt und wird durch Umpumpen

über Rohr-in-Rohr-Wärmetauscher beheizt (36° C). Die Separation erfolgt aus dem Nachgärer bzw. Überlauf zum Endlager.

Das vergorene Substrat wird mittels mechanischer Separation in flüssige und feste Anteile getrennt.



Abb. 21 Filterschneckenpresse



Abb. 22 Zuführung zum Bandrockner

Der flüssige Anteil wird dem Vergärungsprozess erneut zugeführt oder in das Gärrestendlager abgeleitet. Der feste Anteil von ca. 24 - 30 % TS wird mittels Bandrockner auf ca. 85% TS (s. Abb. 22) getrocknet.

In einer Mischung von separiertem Gärrest (ca. 24 - 30 %) und getrocknetem Gärrest (TS ca.



Abb. 23 Kompaktatherstellung

85%) wird das Gut in einem Kompaktierextruder auf ca. 50% TS gemischt und kompaktiert bzw. agglomeriert. Die Nachrocknung und damit die Stabilisierung des so gewonnenen Biobrennstoffes bzw. Düngerstoffes erfolgt auf Trockenboden bzw. Container. Die Maschinentchnik ist unter Pkt. 12 / Legende in Anlage 1 erkennbar. Das Agglomerieren erfolgt ausgehend von Dosierern über einen Extruder (s. Abb. 23) mit Matrize. Zum Einsatz kommen Matrizen nach Kundenwunsch mit entsprechenden Kompaktat-/Pelletdurchmessern. Die Länge der Kompaktate oder Granulate für die Verbrennung oder Düngung, die sich selbst durch das Eigengewicht einstellt, bewegt sich je nach Durchmesser im Verhältnis Durchmesser zu Länge 1:3.

Die Nassagglomeration ist innovativ und nutzt die Bindekräfte des feuchten Substrates. Durch die Aktivierung der Oberfläche und durch höheren Druck im Kompaktierextruder wird in einem Verfahrensfenster ein zerfalls- und formstabilisiertes Kompaktat oder Pellet erreicht und durch Nachrocknung im energie günstigen Trockenboden oder Container stabilisiert. Beim Pressen durch die Matrize werden geringere Drücke und Temperaturen notwendig als bei einer ‚Trockenagglomeration‘. Dadurch entstehen weniger Brüden, Dämpfe, Gerüche und Stäube gegenüber den üblichen Verfahren, so dass eine Entsorgung der Abluft über Schornsteine erfolgen kann.

Das entstehende Biogas wird mit einem H_2S – Biofilter (s. Abb. 24) nach dem BioPeak – Verfahren der TU Dresden von Schwefelwasserstoff abgereinigt und anschließend mittels Kondensation in einer Erdleitung entwässert.



Abb. 24 H_2S - Biofilter

Die Entfernung nach dem BioPeak – Verfahren erfolgt in zwei räumlich von einander getrennten Stufen. In der ersten Stufe, dem Absorber, wird der Schwefelwasserstoff aus dem Biogasstrom in einer Waschflüssigkeit gelöst. In der zweiten Stufe, der Biostufe, erfolgt die biologische Oxidation des gelösten Schwefelwasserstoffs zu elementarem Schwefel bzw. Schwefelsäure. Die regenerierte Waschflüssigkeit wird dem Absorber erneut zugeführt (Abb. 25).

Um eine hohe Mikroorganismendichte im Gesamtsystem zu erreichen, sind beide Reaktoren mit Trägermaterialien gefüllt. Prinzipiell sind als Trägermaterialien Naturstoffe (z.B. Holzhackgut / Rindenmulch) oder säureresistente Füllkörper geeignet.

Das BioPeak – Verfahren ist eine Kombination aus Biowäscher, Biofilter und Biorieselbettreaktor. Die schwefelwasserstoffumwandelnden Mikroorganismen sind sowohl in der umlaufenden Waschflüssigkeit als auch auf dem Trägermaterial vorhanden. Durch die neuartige Kombination der verschiedenen Verfahrensprinzipien, werden wesentliche Vorteile in den Bereichen Prozess-, Sicherheits- und Anlagentechnik erreicht:

1. Die Heizwertabsenkung des Biogases durch Inertgaseintrag (Luftstickstoff) ist minimal, so dass das Verfahren auch in Anlagen mit geringem Methangehalt im Biogas zwischen 50-55 Vol.-% problemlos einsetzbar ist.
2. Die räumliche Trennung von Luft- und Biogasstrom bietet maximale Sicherheit in Bezug auf die Entstehung eines explosiven Gasgemischs, des Weiteren sind aufwendige Regelungstechnik zur exakten Luftdosierung in den Biogasstrom und Einrichtungen zur Explosionszonenüberwachung nicht notwendig.
3. Der Großteil der gebildeten Reaktionsprodukte akkumuliert in der Biostufe, die ohne Unterbrechung der Entschwefelung separat und einfach gereinigt werden kann.
4. Spüllanzen zur Abreinigung des elementaren Schwefels vom Trägermaterial in der Absorberstufe sind nicht notwendig.

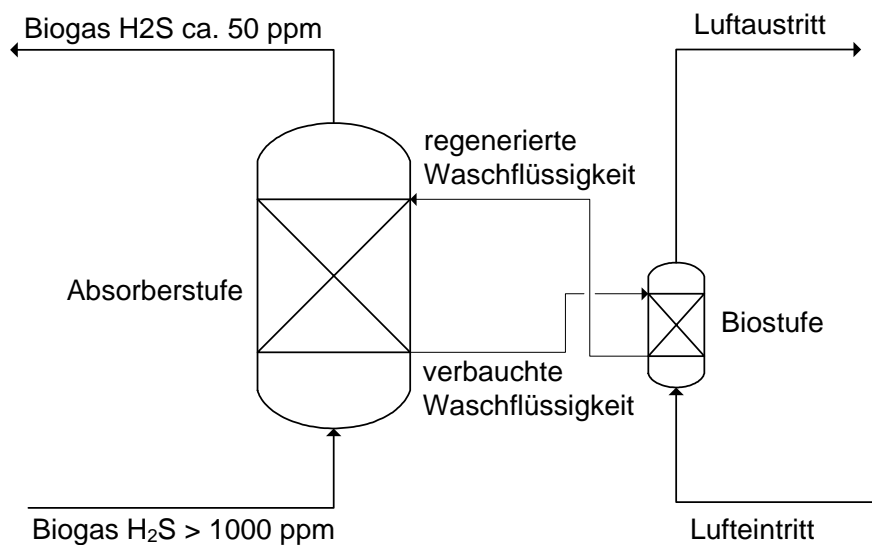


Abb. 25 Prinzipskizze BioPEAC Verfahren

Der Biogasstrom gelangt mit mesophilen Temperaturen (Fermenter) in die Gasreinigung. Die Gasreinigung selbst und die Rohrleitungen sind gegen Wärmeabstrahlung durch eine entsprechende Isolation geschützt. Die Betriebstemperatur der Reinigungsstufe der Gasreinigung liegt ebenfalls im mesophilen Temperaturbereich. Diese Temperatur entspricht dem Optimum für die biologischen Stoffwechselreaktionen. Höhere Temperaturen beeinträchtigen die Aufnahmekapazität der Waschflüssigkeit für Schwefelwasserstoff und Sauerstoff und führen folglich zu einer Verschlechterung der Reinigungsleistung. Für den Prozess der Gasreinigung wird keine zusätzliche Wärme aus der Biogasanlage benötigt.

Die Lagerung des Biogases erfolgt in zwei Gaskissen (je 450 m³) und unter der Folienhaube des Gärrestendlagers.

Die Verstromung geschieht in zwei BHKWs mit einer elektrischen Nennleistung von gesamt 499 kW elektrisch.

Tabelle 4 Kennzahlen zu den BHKWs

	<i>BHKW 1</i>	<i>BHKW 2</i>
Hersteller:	MDE, Augsburg	MDE, Augsburg
Aggregate-Typ:	1 Stck MB 3042 L5	1 Stck MB 3066 L3
		Reduzierte bzw. verblockte Leistung:
Leistung elektrisch:	350 kW	149 kW
Leistung thermisch 1,2:	475 kW	203 kW
Brennstoffleistung 3:	945 kW	410 kW

Jeweils stationärer Viertakt-Otto-Gasmotor mit Magergemisch-Verbrennung; wassergekühlt mit Abgasturbogemischaufladung und Gemischkühlung.

Die Abwärme wird neben der Nutzung zur Substraterwärmung für die eigene Biogasanlage für Trocknungsprozesse (s. Abb. 26) eingesetzt.



Abb. 26 Trockenboden

Für die Beheizung des Büro/Sozialgebäudes und für die Werkstätten kann die Energie ebenfalls eingesetzt werden. Ziel ist es, eine hohe Wärmenutzung ganzjährig zu erreichen. Die Flexibilität bietet dazu gute Voraussetzungen.

2.2.2 Kennzahlen und Ergebnisse der Demonstrationsanlage (Biogaserzeugung)

➤ Vorbemerkungen

Die erzielten Ergebnisse basieren auf Untersuchungen und Entwicklungen, die bei LEHMANN Maschinenbau GmbH in den Vorjahren – im Besonderen seit einigen Jahren – auf dem Gebiet von peripherer Technik für die Energieerzeugung aus biogenen Stoffen getätigt wurden. Aus dem Pool dieser Ergebnisse und entsprechender Entwicklungen wurden diejenigen zusammengefasst, die für die Biogaserzeugung bedeutungsvoll sind und in der errichteten Demonstrationsanlage in betriebswirtschaftlich sinnvoller Dimension umgesetzt.

➤ Erzielung von Gewinn

Die möglichen Vergütungssätze für den Verkauf von Biogasstrom unter Beachtung des 1. novellierten EEG, das der Planung, dem Bau und der Inbetriebnahme zugrunde lag, sind wie folgt darzustellen:

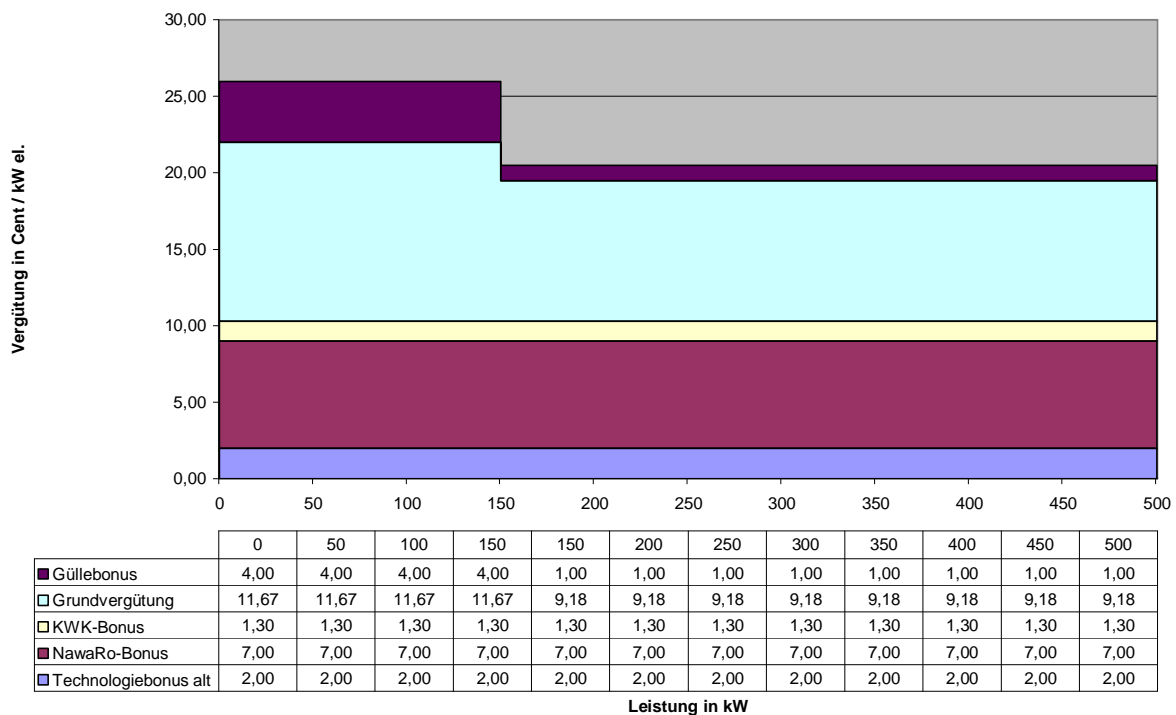


Abb. 27 Vergütungssätze nach EEG 2005-2008

Die Abhängigkeit der Vergütung von der Auslastung der Anlage und den tatsächlichen Arbeitsstunden sind eine weitere wichtige Kennzahl für die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

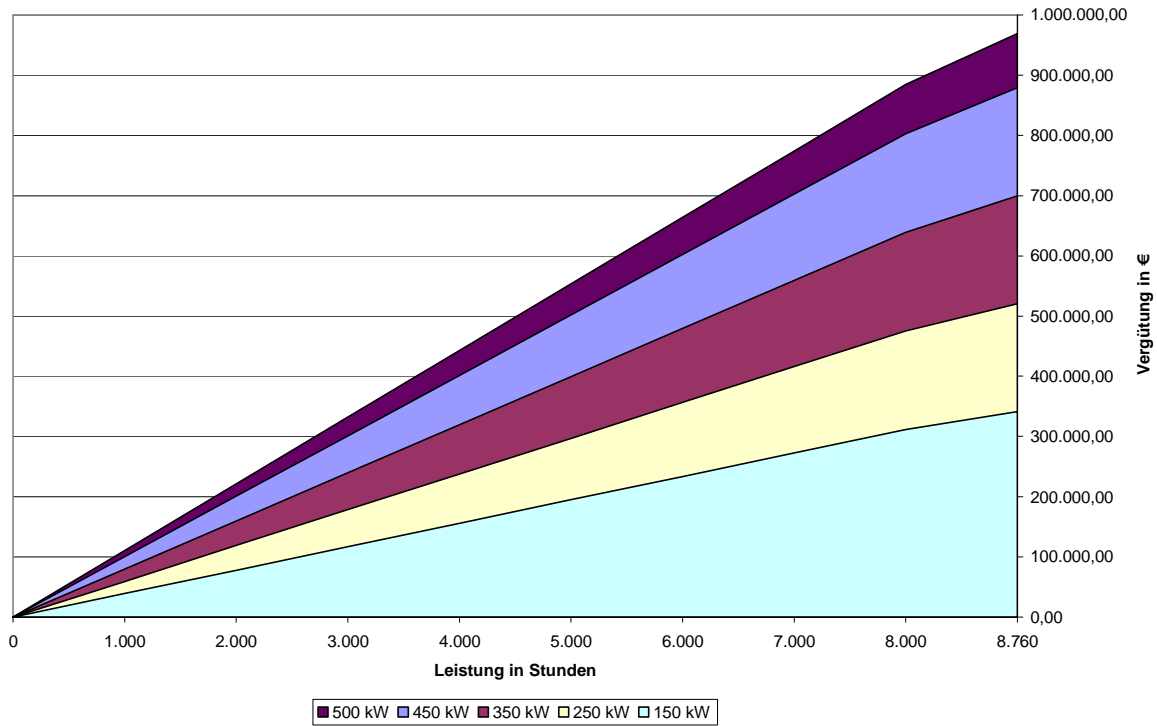


Abb. 28 Vergütung, abhängig von der Auslastung der Anlage

Dabei spielen Zuverlässigkeit der Technik und des Personals eine wichtige Rolle.

In den 12 Monaten, von Mai 2010 bis April 2011, kann die Demonstrationsanlage BioEnergie Pöhl eine **Verfügbarkeit** im Schnitt von **95%** vorweisen, siehe Abb. 29)

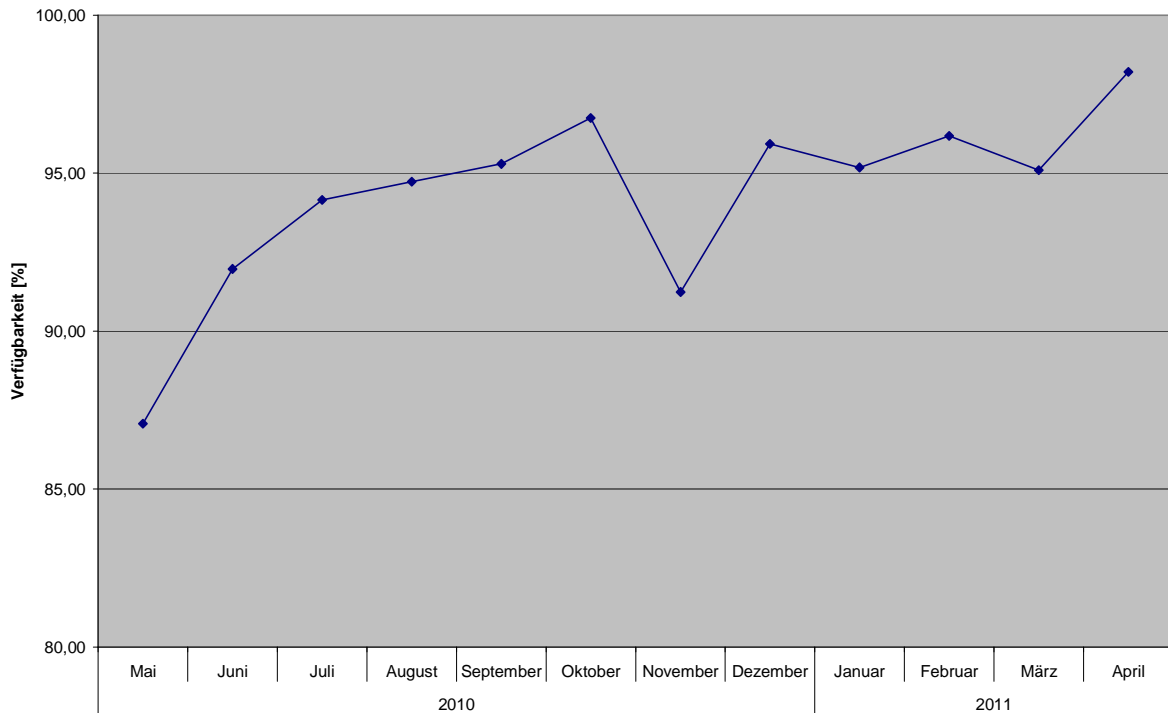


Abb. 29 Effektivität der Anlage BioEnergie Pöhl

Dies spricht für eine hohe Effektivität und Verfügbarkeit der Anlage und der errichteten Komponenten. Die Anlage erzielt aus der Vergütung von Stromerzeugung Gewinn. Ein vorrangiges Ziel ist damit erreicht.

➤ Substratbezug

Die Substratverfügbarkeit hat erste und der Substratpreis (frei Anlage) nachrangige Priorität bei der Wirtschaftlichkeit einer Anlage.

Besonders durch die Klimaveränderung wird die sichere Verfügbarkeit der Substrate zur Existenzfrage.

Was hat Bioextrusion® mit Substraten zu tun? Mit der Verfügbarkeit bisher nicht oder kaum genutzter Substrate werden Reserven erschlossen. Dazu zählen

- Rapsstroh und Siebüberlauf aus dem Drusch (ca. 10 t/ha, TS ca. 60% werden derzeit nur aufs Feld gestreut und verrotten)
- Maisstroh (mind. 8t/ha mit TS 65-70%) und Maisspindel nach Ernte der Körner
- Stroh und Spreu von allen Getreidearten (5t/ha)
- Wiesengras, Feldgras (Änderung der Rinderfütterung)
- Landschaftspflegematerial
- Rinderfestmist
- Durchwachsene Silphie aus Deponieflächen oder Rekultivierung
- Hybridroggen

Bisher sind die Substrate entweder wegen des hohen TS-Gehaltes und der Probleme der Schwimmschichtbildung oder bei Gras der Zopfbildung und damit mechanischer Probleme nicht einsetzbar. Der Einsatz von größeren Mengen Landschaftspflegematerial war auf Grund der enthaltenen Störstoffe, Steine, Metalle usw. zum Scheitern verurteilt. Die Nutzung von nicht in Konkurrenz zur Lebensmittelerzeugung stehenden Substraten in zunehmendem Maße sind Ziele bei der Substratbeschaffung für Bioenergie Pöhl und für alle Anlagen.

➤ **Neue Erkenntnisse zur Bioextrusion®**

Hybridroggen sichert als Winterfrucht hohe Erträge und damit die Vergütung für den Landwirt.

Tabelle 5 Vergleich der Einspeisevergütung zwischen Hybridroggen und Mais

Substrat	Substrat-zustand	Ernte-ertrag [t/ha]	TS [%]	Ernte-ertrag [t/ha _{TS}]	oTS [%]	Ernte-ertrag [t/ha _{oTS}]	Methan-ausbeute [Nm ³ /t _{oTS}]	Methan-ausbeute [Nm ³ /ha]
Hybridroggen*	GPS	20,3	65	13,2	94,0	12,40	369,78	4.586,5
Mais*	Silage	40,0	30	12,0	94,7	11,36	290,86	3.305,3
Differenz								1.281,2

Mehrertrag Hybridroggen gegenüber Mais (sächs. Durchschnitt)

$$1.281,2 \text{ Nm}^3 \text{ Methan / ha} * 9,97 \text{ kWh / Nm}^3 = 12.773,2 \text{ kWh / ha}$$

- elektr. Wirkungsgrad von 38,6% 4.930,4 kWh / ha
- Einspeisevergütung 0,20 € / kWh 986,1 € / ha

Erklärung: konkretes Beispiel aus dem Vogtland (Vorgebirgsland 350-600m Höhe, Plauener Trockenbecken; Durchschnittsbodenwerte des Vogtlandes: 35 Bodenpunkte), Ernteergebnisse in anderen Regionen dürften höher ausfallen, sowohl für Maissilage als auch für Hybridroggen.

* Bereits im 3. Jahr liegen die Ertragswerte (Mittelwert) in o.g. Größe vor, der Hybridroggen wird 10 Tage vor der eigentlichen Ernte als GPS geerntet.

Die „BIOEXTRUSION by LEHMANN®“ ermöglicht die Einführung bisher ungenutzter Potentiale.

Zwei Beispiele sollen es verdeutlichen:

- In Sachsen werden zwei Biogasanlagen einmal mit 70% Rinderfestmist in einer 360 kW_{el} BGA und einmal mit 90% Rinderfestmist in einer 560 kW_{el} BGA gefahren. Die Anlagen laufen stabil und bringen den Milchbetrieben gute Ergebnisse.
- Einsatz von Hybridroggenganzpflanzensilage mit 65% TS. Seit 3 Jahren wird Hybridroggen mit bis zu 50% der Substratmenge eingesetzt mit sehr gutem Erfolg. Seit 2010 wurden für BioEnergie Pöhl 108ha Hybridroggen angebaut, siliert und in der eigenen Anlage eingesetzt. Die Ergebnisse sind positiv, da Hybridroggen den Hektarertrag Methanbildung des Maises im Vogtland übertrifft, siehe Tabelle 5.

Das bestätigt ein Anlagenbetreiber, der bereits im 3. Jahr auf 40 ha Hybridroggen der Sorte Festus mit ca. 75% TS geerntet und siliert hat. Bedenken, dass 10 Tage vor der eigentlichen

Ernte eingefahrenes Getreide als Ganzpflanze auf Grund der hohen Trockensubstanz nicht siliert werden kann, haben sich nicht bestätigt. Dabei wurde der Hybridroggen für die Silage auf ca. 4cm Länge grob gehäckselt. Mittels Bioextrusion® erfolgt dann vor Einbringung in den Fermenter der Aufschluss.

Das strohähnliche Material schwimmt nicht auf und die Rührwerke beherrschen sicher den Biogasbildungsprozess bei geringem Energieeintrag. Der Betreiber mischt die Ganzpflanzensilage mit feuchten Silagen wie Gras, Mais u.a. Siehe hierzu auch Bauernzeitung von der 51./52. Woche 2008. [s. Anlage 7]

Die Monokultur des Maises als Energiepflanze ist gebrochen, denn es kommt nicht auf den Ernteertrag pro Hektar, sondern auf den Ernteertrag pro Hektar oTS (organische Trockensubstanz) an. Im Beispiel wird verdeutlicht, dass der Hybridroggen trotz halbem Ernteertrag pro Hektar gegenüber Mais aufgrund der hohen Trockensubstanz einen Mehrertrag von bis zu ca. 1.000,00 € pro Hektar in Form von Stromertrag erwirtschaftet.

Ein reduzierter Logistikaufwand spart Kosten, weil bei höherem TS-Gehalt der Pflanze weniger Wasser transportiert wird, dadurch weniger Volumen, weniger Feuchte in die Anlage eingebracht wird bzw. aufs Feld auszubringen ist, kleinere Gärrestendlager sind die Folge.

Die Feldflächen sind schneller verfügbar, da sie schneller abgeerntet sind. Der Bodenwert wird durch freie Fruchtfolge verbessert, die Humus- und Nährstoffbilanz des Bodens verbessert sich wesentlich gegenüber Maisanbau. Darüber hinaus ist Zwischenfruchtanbau eine Alternative. Das ist auch bei Experten unumstritten.

Kostensenkung wird auch durch die Saatguteinsparung von Hybridroggen gegenüber Mais erzielt. Der derzeitige Saatgutpreis liegt für Mais bei 140,- € / ha und für Roggen bei 75,- € / ha. Darüber hinaus nutzt Hybridroggen als Wintergetreide die jahreszeitliche Feuchte für das Wachstum.

Im Umkehrschluss heißt dies. Bezogen auf gleichbleibende Biogas – Anlagenleistung ergibt sich:

- Einsparung von Faulraumvolumen
 - ➔ kleinere kompaktere Anlagen oder
 - ➔ höhere Ausbeute bei gleicher Baugröße
 - ➔ Einsparung an Gärsubstrat

- ➔ Verringerung der eingesetzten Rührenergie, allein daraus rechnet sich die für BIOEXTRUSION by LEHMANN ® eingesetzte Zerkleinerungs- u. Aufschlussenergie im Vergleich zu anderen Anlagen.

➤ Demonstrationsanlage

BioEnergie Pöhl ist eine Demonstrationsanlage, die zur Vorführung der innovativen Anlagentechnik verbunden mit Informationen und Vorträgen mehrmals wöchentlich in Anspruch genommen wird, sowohl von Delegationen des In- und Auslandes als auch von Biogasanlagenbetreibern.

Die Vorführung ist überzeugend, hilft sie doch Repowering von Anlagen zu gestalten, als auch Hilfe bei Anlagenproblemen aufzuzeigen. Ein wesentlicher Schlüssel ist der hydrothermale Aufschluss.

Sowohl aus dem Ausland als auch aus dem Inland wird die Technologie verstärkt nachgefragt. Das gilt für die innovative Technik für

- Dosierung
- Aufschluss
- Störstoffausschleusung
- Separation
- Trocknung
- Nassagglomeration

Gleichzeitig wurden auch kostenpflichtige Versuche und Erprobungen neuer Substrate vorgenommen. Dies ist eine weitere Einnahmequelle. Beispielsweise wurden Flachsschäben, Empty Fruit Bunches, Rapsstrohsilage u.a. aufgeschlossen und der Biogasertrag erprobt.

Die Demoanlage dient nicht nur als Referenz, sondern auch zur

- Optimierung der von LEHMANN Maschinenbau hergestellten Technik
- Erprobung unter harten Langzeitbedingungen.

Dies hat einen unschätzbaren hohen Stellenwert für LEHMANN Maschinenbau und damit einen Kundennutzen:

- Erfahrungen werden weitergegeben
- Verschleißbedingungen und Standzeiten werden verbessert
- Technologische Weiterentwicklungen werden erprobt
- Aus Erkenntnissen entstehen neue Verfahren und Technik u.a.m.

➤ **Ergebnisse aus dem Betrieb der Demonstrationsanlage**

➤ **Substrate**

Es werden folgende Substrate für die Fermentation auf der Anlage BioEnergie Pöhl eingesetzt (nach Verfügbarkeit und im Jahresverlauf angepasst wechselnd):

- Ganzpflanzensilage (Hybridroggen)
- Grassilage
- Getreide
- Mais
- Mist
- Hühnermist
- Landschaftspflege

**Tabelle 6 Ist-Zahlen Substrate in kg
Mai 2010 bis April 2011 (lt. Tagebuch)**

			2010							
	TS [%]	oTS [%]	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
GPS	58,0	95,0	160.610	146.370	150.000	151.495	156.780	162.180	151.130	164.340
Grassilage (AWS)	23,0	90,0	157.210	151.470	131.075	130.645	129.965	155.555	152.405	65.020
Getreide	90,0	96,0	39.060	47.305	49.065	49.615	30.175	39.095	48.790	50.260
Mais	28,0	96,0	177.150	176.970	181.095	182.705	176.590	163.580	159.460	169.630
Mist	27,0	83,0	228.870	227.715	233.405	235.390	229.390	262.150	246.500	264.460
Hühnermist	38,0	78,0	44.520	37.525	38.790	39.190	38.210	26.775	30.600	29.860
Kleegrassilage	28,0	90,0	0	0	0	0	0	0	20.910	199.280
Feldgras	28,0	90,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Landschaftspflege	30,0	90,0	59.500	76.290	116.898	120.465	125.715	110.585	73.185	0
gesamt			866.920	863.645	900.328	909.505	886.825	919.920	882.980	942.850

			2011				Summe
	TS [%]	oTS [%]	Januar	Februar	März	April	
GPS	58,0	95,0	149.510	142.800	161.900	204.900	1.902.015
Grassilage (AWS)	23,0	90,0	8.670	0	0	0	1.082.015
Getreide	90,0	96,0	52.700	47.600	61.900	39.250	554.815
Mais	28,0	96,0	164.220	165.750	168.700	141.000	2.026.850
Mist	27,0	83,0	275.200	260.000	294.300	326.500	3.083.880
Hühnermist	38,0	78,0	30.100	23.800	0	0	339.370
Kleegrassilage	28,0	90,0	263.500	238.000	246.200	293.000	1.260.890
Feldgras	28,0	90,0	9.855	36.400	0	0	46.255
Landschaftspflege	30,0	90,0	0	0	0	0	682.638
gesamt			953.755	914.350	933.000	1.004.650	10.978.728

Angaben in kg

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich wird ein Substratmix, bestehend aus bis zu 9 Substraten, eingesetzt. Die genaue Zusammenstellung des Mixes ist saisonal bedingt. In der zweiten Jahreshälfte wird verstärkt Landschaftspflege eingesetzt, die kostenlos von Kommunen bezogen wird. In der ersten Jahreshälfte, in der noch kein Landschaftspflegematerial verfügbar ist, wird stattdessen Kleegras, Feldgras eingesetzt. Mist und Hühnermist ergeben immer mind. 30% der Gesamtmenge, so dass der Güllebonus genutzt werden kann. In Abb. 30 sind die eingesetzten Substrate der 12 Monate (Mai 2010 bis April 2011) noch grafisch dargestellt.

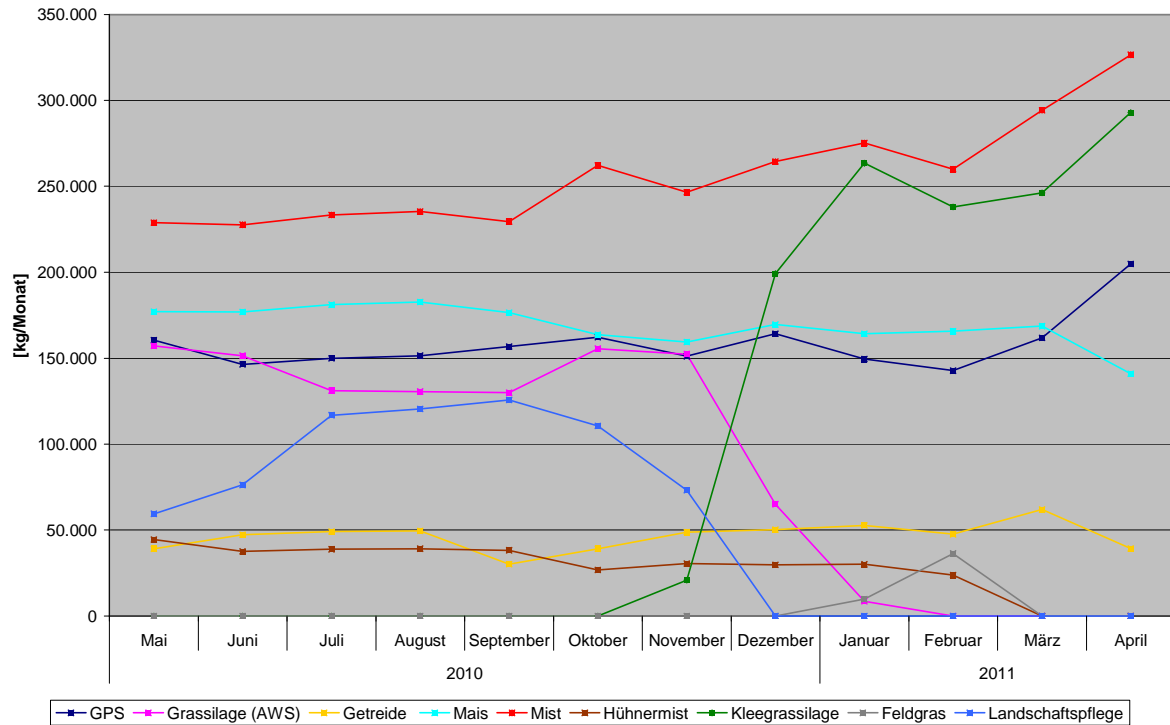


Abb. 30 Einsatzstoffe BioEnergie Pöhl

Die Substrate sind in ihrer Zusammensetzung schwierig hinsichtlich

- biologischer Stabilität bei Substratänderung
- unterschiedliche Trockensubstanzgehalte
- hohe Viskosität im Fermenter (Grasfasern quellen leicht)

Die Erfahrung zeigt, dass die gewählten Substrate nur mit Bioextrusion®, hydrothermaletem Aufschluss, beherrschbar sind. Selbst ein geringer zeitlicher Ausfall der Aufschlusstechnik führt zu Schwimmschichten und Rührproblemen im Fermenter und Nachgärbecken.

Weitere positive Erfahrungen mit den Einsatzstoffen entnehmen Sie bitte Abschnitt „Besser geht es nicht“ auf Seite 46 – „Besser geht es nicht“.

➤ **Durchsatz**

Alle Substrate werden mittels Bioextrusion® aufgeschlossen, im Durchschnitt 28 – 34 t/d; d.h. stündlich ca. 1,3 t. Die Eingriffszeit des Extruders beträgt 18 – 24 min/h.

➤ **Verschleiß / Wartungsintervalle**

Durch den Einsatz der ballistischen Steinefalle und des Detektors wird die Standzeit der ausgewiesenen Verschleißteile verlängert. Die Schneckenbäume sind segmentiert und Schnecken getrennt auszutauschen.

Die Standzeiten in der Anlage BioEnergie Pöhl sind im Wesentlichen

- Verschleißbleche ca. 500 – 800 h Eingriffszeit
- Schnecken komplett 2.200 h Eingriffszeit
- Schnecken im Frontbereich 1.100 h Eingriffszeit

Die Eingriffszeit / Arbeitszeit der Anlage beträgt je nach Substratmenge und Zusammensetzung 2.920 h/a. Alle Wartungskosten belaufen sich einschließlich Montageaufwendung auf 10.415,- € für 12 Monate. Bei der Durchsatzmenge von 11.160 t/a an Substraten bedeutet dies einen Verschleißkostenanteil von (nicht ganz) **1,- €/t_{FM}** in der Anlage BioEnergie Pöhl.

Besonders bei der Aufbereitung von Landschaftspflegematerial steigt der Verschleiß trotz Steinefalle. Dies ist bedingt durch Sande und hohen Aschenanteil des Substrates. Auch der höhere Trockenmasseanteil führt zu einem Anstieg der Verschleißkosten.

Bezogen auf den Nutzen der Bioextrusion® durch höhere Biogasausbeute liegen die Verschleißkosten stets unter 8% des Zugewinns am Stromerlös.

➤ **Faulraumbelastung**

Im Schnitt der 12 Monate (Mai 2010 bis April 2011) wurden ca. 10 t/d organische Trockensubstanz gefüttert. Die Substrate wurden mit durchschnittlich 100 m³ Rezirkulat (8% TS), entspricht 8 t/d TM gemischt. Die Menge des Rezirkulates wird entsprechend TS-Gehalt des Substratmixes täglich ermittelt und eingestellt, um Pump- und Rührfähigkeit zu gewährleisten. Ausgehend von 18 Tonnen organischem Input und einem Fermentervolumen von 2.800 m³ (Hauptfermenter 2.000 m³, Nachgärer 700 m³, Vorbehälter 100 m³) ergibt sich eine durchschnittliche Raumbelastung von 6,43 kg oTS/m³ x d.

➤ **Verweilzeit**

Ausgehend von einer durchschnittlichen Inputmenge von 30,5 Tonnen und einem Fermentervolumen von 2.800 m³ ergibt sich eine durchschnittliche Verweilzeit von 70,6 Tagen. (Ermittelt wurde 1 t_{FM} aufgelöst im Gärrestfugat (8% TS) ergibt 1,3 m³ Raumvolumen). **Zu beachten ist, dass das Gärrestfugat täglich im Kreislauf gepumpt wird und deshalb nicht in die Berechnung der Verweilzeit einzurechnen ist.**

➤ **Ausbeute Biogas**

Es wird täglich die Biogasproduktion und der jeweilige Methangehalt abgelesen und im Tagebuch erfasst.

**Tabelle 7 Ist-Zahlen Biogaserzeugung
Mai 2010 bis April 2011 (lt. Tagebuch)**

	2010							
	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Ausbeute Biogas [m³/Monat]	156.570	148.290	162.140	163.280	153.720	156.230	140.730	150.260
Ausbeute Biogas [m³/Tag]	5.219	4.943	5.230	5.267	5.124	5.040	4.691	4.847
Methangehalt [%]	52,24	58,24	56,21	58,75	60,07	60,14	59,37	61,08
Ausbeute Methan [m³/Monat]	81.792	86.364	91.139	95.927	92.340	93.957	83.551	91.779
Stromproduktion [kWh/Monat]	323.257	330.418	349.539	351.689	342.364	359.173	327.790	356.129
Stromproduktion [kWh/Tag]	10.428	11.014	11.275	11.345	11.412	11.586	10.926	11.488
Stromproduktion [kW]	434	459	470	473	476	483	455	479
Auslastung [%]	87,07	91,97	94,15	94,73	95,29	96,75	91,24	95,93
Strombezug [kWh]	39.237	47.721	52.084	42.976	39.456	36.604	31.175	36.258
Eigenstrombedarf [%]	12,14	14,44	14,90	12,22	11,52	10,19	9,51	10,18

	2011			
	Januar	Februar	März	April
Ausbeute Biogas [m³/Monat]	149.660	136.030	149.920	154.430
Ausbeute Biogas [m³/Tag]	4.828	4.858	4.836	5.148
Methangehalt [%]	60,52	60,63	60,55	59,99
Ausbeute Methan [m³/Monat]	90.574	82.475	90.777	92.643
Stromproduktion [kWh/Monat]	353.342	322.506	353.047	352.832
Stromproduktion [kWh/Tag]	11.398	11.518	11.389	11.761
Stromproduktion [kW]	475	480	475	490
Auslastung [%]	95,17	96,18	95,10	98,21
Strombezug [kWh]	38.653	37.518	43.510	43.063
Eigenstrombedarf [%]	10,94	11,63	12,32	12,20

Im Schnitt werden ca. 152.405 m³/Monat Biogas erzeugt. Der Methangehalt liegt im Schnitt bei 59%. Diese Werte basieren auf die Monate Mai 2010 bis April 2011, s. Abb. 31.

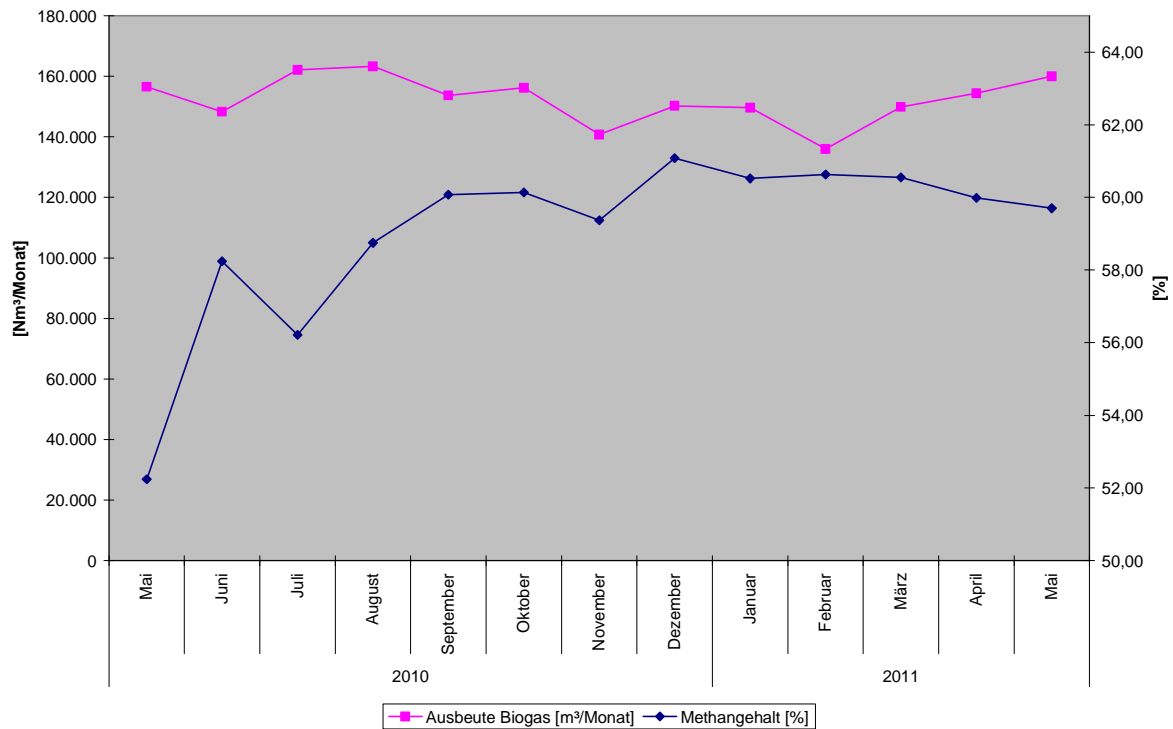


Abb. 31 Einsatzstoffe BioEnergie Pöhl

➤ **Mehrertrag durch Bioextrusion®**

An dieser Stelle wird nochmals darauf hingewiesen, dass der Einsatz von Hybridroggen (TS > 55%), Rapsstroh, strohigem Mist, Landschaftspflegematerial und Gras nicht in einer Biogasanlage ohne weiteres in hohen Anteilen vergoren werden kann. In BioEnergie Pöhl ist dies möglich durch Nutzung des Bioextrusionsverfahrens.

In durchschnittlichen Biogasanlagen werden nur 50 bis 65 Prozent der organischen Trockensubstanz des Substrates in Biogas umgewandelt. Der Rest geht ungenutzt auf Ackerflächen, so eine Aussage der Fachhochschule Nordhausen und der Biotechnologie Nordhausen GmbH (BTN) [Joule 3/12] /4/.

Das Fraunhofer IKTS Dresden (siehe Anlage 12) kam zu dem Ergebnis, dass Bioenergie Pöhl einen Aufschlussgrad von 74,5% erreicht. Das entspricht 100% der Substratnutzung gemäß Nachweis der fermentierbaren Trockensubstanz (nach Prof. Weißbach) und das trotz der hohen Lignin- und ausgeprägten Markstrukturen und der Fettschichten des Ausgangssubstrates. Das stellt bei Einsatz großer vergleichbarer Mengen - selbst nach Zerkleinerung – in Biogasanlagen durch Ausbildung von Schwimmschichten und Zopfbildung ein k.o.-Kriterium für den Einsatz ohne Aufschluss dar.

Folgende Ziele werden durch Bioextrusion® / Desintegration erreicht:

- Erweiterung des Substratspektrums für Biogasanlagen durch Nutzung von Koppelprodukten und bisher in großen Mengen ungenutzter Potentiale wie
 - Stroh (Raps, Getreide, Mais)
 - Spreu
 - Landschaftspflege und Straßenbegleitgrün
 - Mist
 - biogene Abfälle und Reststoffe
 - Dünnholzschnitt
- Erhöhung des Biogasertrages durch
 - hohe Abbaurate der organischen Trockensubstanz
 - hundertprozentiger Abbau der fermentierbaren Trockensubstanz
- Verbesserung der Eigenschaften und damit Einsparung von Energie und Optimierung des Prozesses durch
 - geringere Rühr- und Pumpenergie
 - Verbesserung der Rheologie
 - bessere Verteilung der Partikel im Fermenter
- gute Ausbringfähigkeit der Gärreste und Einarbeitungsmöglichkeiten in den Boden

➤ **Stromproduktion brutto**

Es wird täglich die Stromproduktion im Tagebuch, s. Tab. 7 (S. 42), erfasst.

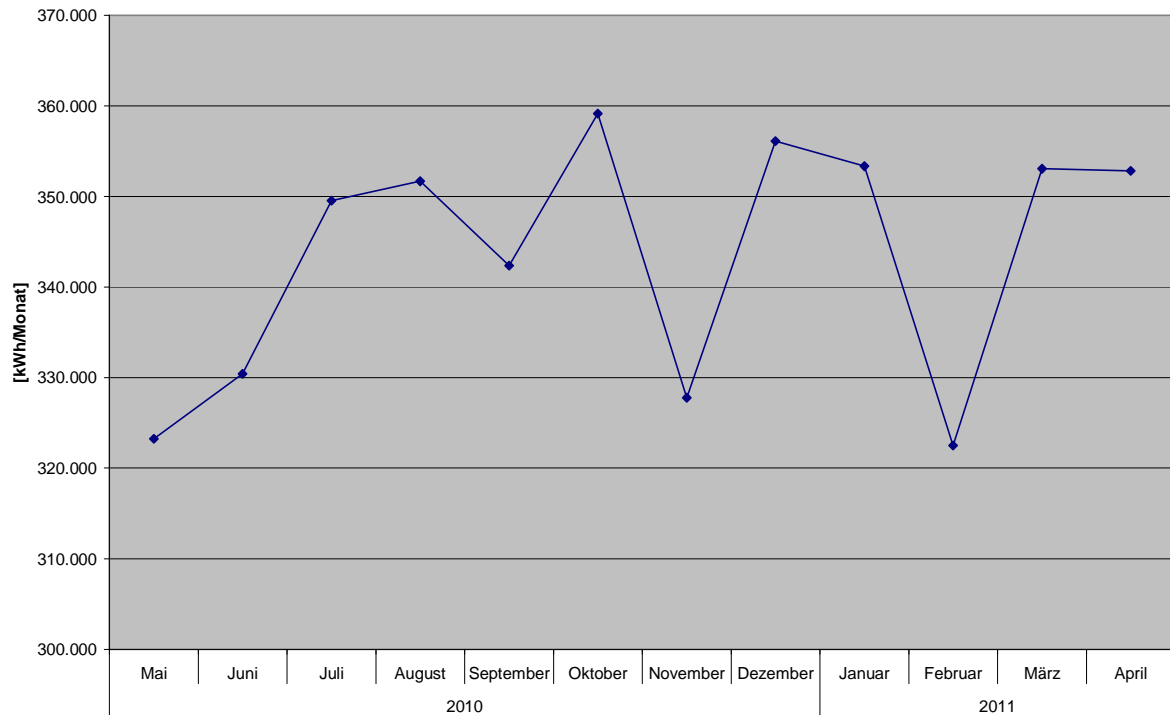


Abb. 32 Einsatzstoffe BioEnergie Pöhl

Im Schnitt werden ca. 344.602 kWh/Monat erzeugt, das entspricht rund 11.300 kWh/d. Somit weist die Anlage durchschnittlich eine Auslastung von 471 kW von 499 möglichen kW_{elektr.} aus. Diese Werte basieren auf die Monate Mai 2010 bis April 2011 und sind in Abb. 32 zu sehen und entsprechen einer Auslastung von 95%. Die Auslastung konnte 2011 weiter verbessert werden und beträgt im 1. Halbjahr 2012 98%.

In Abb. 33 ist das Verhältnis Strombezug (komplette Biogasanlage, jedoch ohne Motoreigenstrombedarf BHKW) zu Stromproduktion aufgezeigt. Für die Monate Mai 2010 bis April 2011 liegt der Eigenbedarf bei ca. 11,9 %.

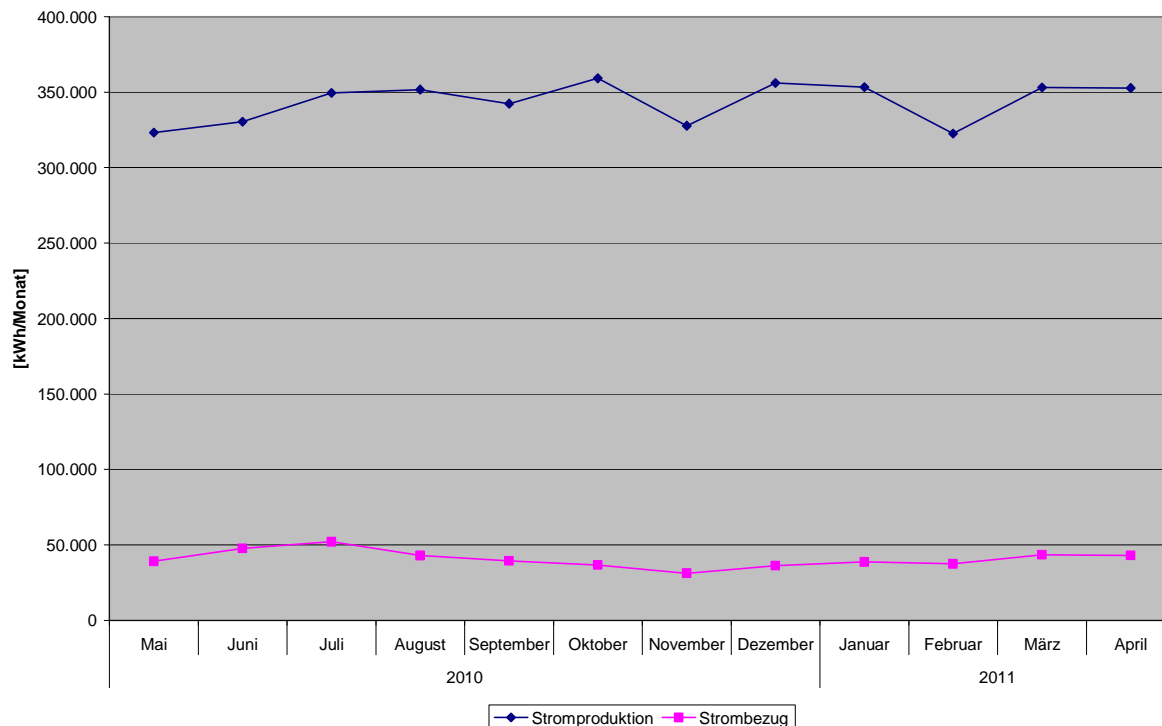


Abb. 33 Einsatzstoffe BioEnergie Pöhl

Auflistung der wichtigsten Verbraucher:

- komplette Einbringtechnik ~ 30,0 kWh/t_{FM}, davon
- Bioextruder ~ 12,4 kWh/t_{FM}
(begründet in den Substraten mit hohem Hemi- und Zelluloseanteil der BEP)
- Alle Rührwerke ~ 29,5 kWh/t_{FM}
(Vorlagebehälter, Fermenter, Nachgärer, Gärrestendlager)

➤ **Besser geht es nicht**

Zu diesem Schluss kommen die Forscher vom Fraunhofer IKTS in Dresden. Sie begleiten die Biogasanlage im Technologiepark BioEnergie Pöhl seit einigen Jahren intensiv.

In durchschnittlichen Biogasanlagen werden nur 50 bis 65 Prozent der organischen Trockensubstanz des Substrates in Biogas umgewandelt. Der Rest geht ungenutzt auf Ackerflächen, so eine Aussage der Fachhochschule Nordhausen und der Biotechnologie Nordhausen GmbH (BTN) /4/.

Die Anlage BioEnergie Pöhl dagegen erreicht eine maximale Ausnutzung mittels Bioextrusion®.

Der Nachweis sieht wie folgt aus:

Tabelle 8 Ermittlung der Inputfrachten

	mittlere Beschickung Febr./Mrz 12	TR (Analyse IKTS)	oTR (Analyse IKTS)	mittlere TR-Fracht	mittlere oTR-Fracht
	t/d	%	%	t/d	t/d
Hybridroggen	3,72	55,6	96,1	2,07	1,99
Mist	11,15	28,4	87,4	3,17	2,77
Grassilage	4,25	30,0	89,7	1,27	1,14
Maissilage	10,62	24,8	95,5	2,64	2,52
Rapsstroh	4,25	26,0	91,6	1,10	1,01
Summe bzw. Mittel	33,98	30,2	92,0	10,25	9,43

Wie Tabelle 8 zeigt werden nur 10,25 Tonnen pro Tag Trockenmasse zur Verstromung und Wärmenutzung eingesetzt bei einer Verfügbarkeit der Biogasanlage von über 96% der Nennleistung. (Stand Februar / März 2012)

Tabelle 9 zeigt die Abbaurate der organischen Trockensubstanz von 75%. Die Grundlage erfolgte auf Basis der Bestimmung der TR- und oTR-Werte des Ausgangssubstrates und zum anderen auf Basis des erreichten Biogasertrages gemäß Tagebuch und exakter Aufschreibung.

Tabelle 9 Ermittlung des oTR-Abbaugrades

Methanproduktion (220 Nm ³ /h Biogas mit 57,5% Methan)	m ³ /h	126,5
	m ³ /d	3.036,0
oTR-Abbau (aus CSB-Bilanz und Methanertrag)	t/d	7,03
oTR-Abbaugrad	%	74,5

„Der ermittelte Wert von ca. 75% stellt für die in Helmsgrün eingesetzten (zum großen Teil **schwer abbaubaren) Substrate einen sehr guten Wert** dar. Derartige Werte werden üblicherweise von reinen Maisanlagen erreicht und zum Teil knapp übertroffen, aber nicht von Anlagen mit größeren Anteilen von Stroh und Mist.“, so Fraunhofer IKTS.

Das Fraunhofer Institut hat ebenso den Grad der fermentierbaren Trockensubstanz (FoTS) nach Prof. Weißbach für die Biogasanlage BioEnergie Pöhl ermittelt. „Für die einzelnen Berechnungsformeln nach WEIßBACH und den Mittelwert aller Formeln ergibt sich für die Substratmischung der BGA Helmsgrün eine mittlere FoTS, welche laut Weißbach bei 100%igem Umsatz eine Methanmenge von 420NL/kg FoTS ergeben müsste. Die sich daraus theoretisch für Helmsgrün ergebenden Methanmengen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 10 Ermittlung Grad der fermentierbaren organischen Trockensubstanz

Berechnungsmodell (Weißbach)	FoTS	Methanertrag (Weißbach)	theoretischer Methanertrag BGA BEP	Tatsächlicher Methanertrag BGA BEP	Substratausnutzung
	g/kg TS	NL/kg FoTS	m ³ /d	m ³ /d	%
Formel für Mais	693,8	420	2.988,0	3.036	101,6
Formel für Getreide GPS	671,2	420	2.890,7	3.036	105,0
Formel für Gras	716,9	420	3.087,1	3.036	98,3
Mittel	694,0	420	2.988,6	3.036	101,6

Im Vergleich dazu erreicht die BGA Helmsgrün eine tatsächliche Methanmenge welche, je nach Formel, zwischen 98 und 105% liegt. Im Mittel wird demnach die **komplette fermentierbare organische Substanz** in Helmsgrün **in Biogas umgewandelt.** [Fraunhofer IKTS, April 2012].

Darüber hinaus wurde das Restgaspotential des flüssigen Gärrestes mehrfach bestimmt. Die Werte überzeugen, siehe Abb. 34. Der Gärrest **hatte stets ein Restgaspotential kleiner 10 Nm³/t Gärrest**, gemessen am Überlauf Nachfermenter/Gärrestbecken.

Diagramm Gasproduktion

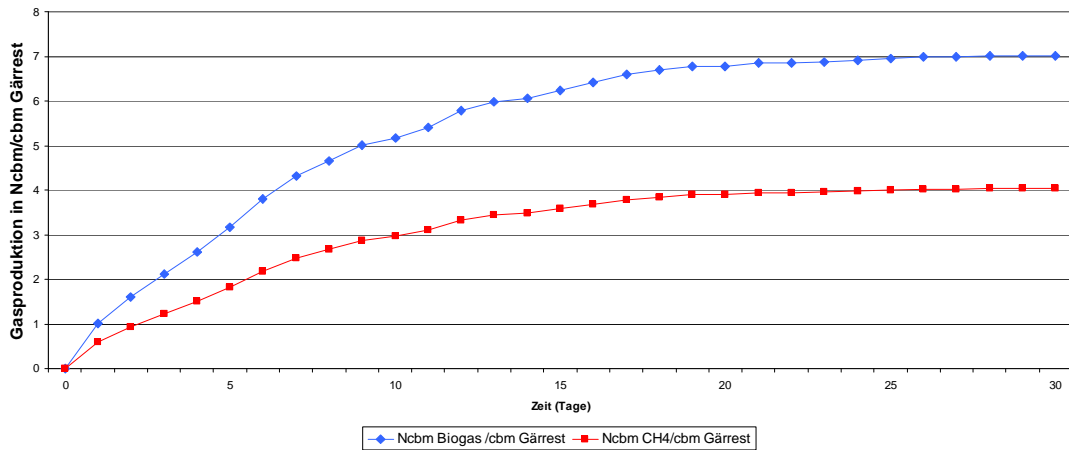


Abb. 34 Restgaspotential

➤ **Wärmeverwendung und -mengen**

In Abb. 35 ist der KWK-Prozess grafisch dargestellt.

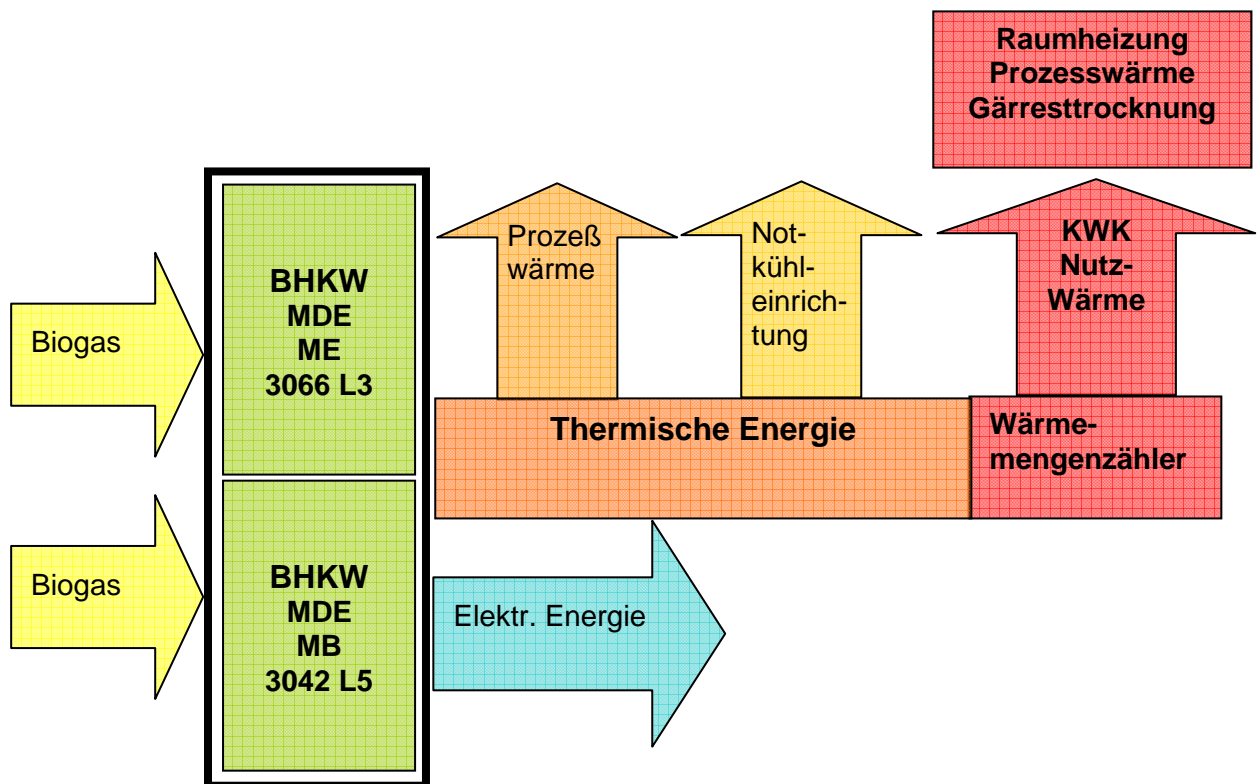


Abb. 35 KWK – Prozessdarstellung BioEnergie Pöhl

In Tabelle 11 sowie in Abb. 36 sind jeweils die Wärmemengen und deren Verwendung aufgetragen.

**Tabelle 11 Ist-Zahlen Wärmemengen in MWh und Verwendung
Mai 2010 bis April 2011**

	2010							
	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Einbringtechnik	17,3	4,3	3,1	7,4	15,2	16,7	13,3	13,3
Bandrockner	17,4	55,7	88,7	89,3	77,0	119,3	62,7	75,8
Sozialgebäude	12,2	8,9	7,0	8,0	8,6	11,0	12,5	15,0
Trockencontainer	9,6	8,7	12,6	10,7	9,9	11,8	10,4	13,2
Trockenkammer	22,4	14,7	15,6	27,1	25,5	30,4	30,4	30,0
Halle 3+4	97,2	71,2	42,0	84,6	78,6	85,5	166,2	124,5
gesamt	176,1	163,5	169,0	227,1	214,8	274,7	295,5	271,8

	2011			
	Januar	Februar	März	April
Einbringtechnik	12,8	13,2	10,9	10,0
Bandrockner	84,1	100,8	83,1	80,7
Sozialgebäude	14,4	13,1	13,3	10,1
Trockencontainer	13,1	10,8	12,8	12,1
Trockenkammer	32,9	29,5	32,6	29,1
Halle 3+4	189,3	142,3	112,8	98,7
gesamt	346,6	309,7	265,5	240,7

Angaben in MWh

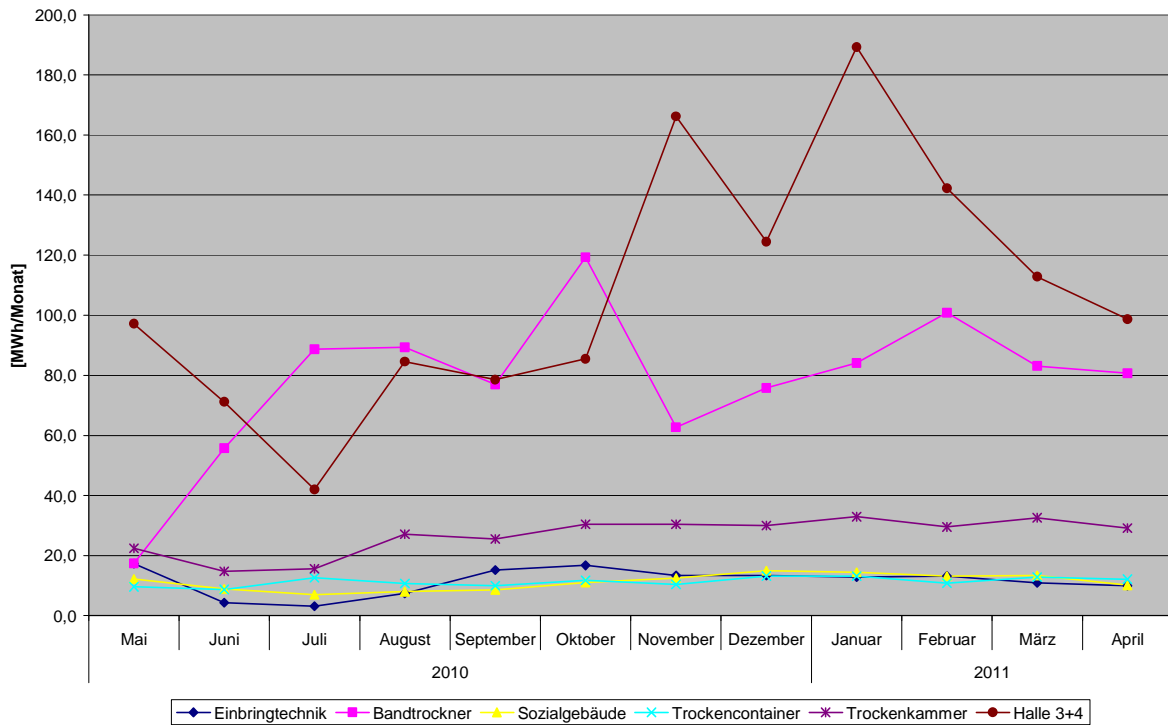


Abb. 36 Wärmemengen und Verwendung BioEnergie Pöhl

Die Tabelle 12 und die Tabelle 13 stellen einen Auszug aus dem Betriebstagebuch 2010 der Biogasanlage BioEnergie Pöhl dar.

2.2.3. Kennzahlen und Ergebnisse weiterer Biogasanlagen

Die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse und Detailuntersuchungen wurden parallel zum Projekt an Biogasanlagen durchgeführt, in denen bereits vergleichbarere Anlagentechnik aus der Demonstrationsanlage eingesetzt wurde.

➤ Beispiel - Maissilagevergärung

Versuchsart : Batchversuch
Anlage / Standort der Versuchsdurchführung : Sächs. Landesanstalt für Landwirtschaft
Datum der Versuchsdurchführung : 2007

Substratmasse, die in der Demonstrationsanlage aufgeschlossen wurde, wurde in Gärversuchen untersucht, hierfür mussten aufgrund der bisher kurzen Laufzeit der Anlage Batch-Versuche durchgeführt werden in Anlehnung an die in der VDI Richtlinie "Vergärung organischer Stoffe" VDI 4630 enthaltenen Vorgaben.

Die Substrate wie auch die Animpfkultur wurden unter anaeroben Bedingungen bei 37°C für 30 Tage vergoren, s. Abb. 37, Abb. 38 sowie Tabelle 14).

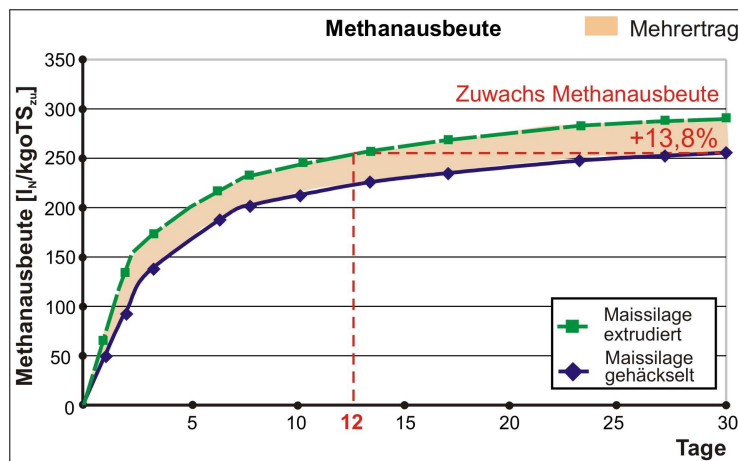


Abb. 37 Methanausbeute bei Maissilage

Tabelle 14 Methanausbeute bei Maissilage

	Biogas- ausbeute	Methan- ausbeute	Methan- gehalt	Zuwachs an	
				Methan- ausbeute	Biogas- ausbeute
Maissilage original	448,95 $I_N/\text{kg oTS}_{zu}$	255,55 $I_N/\text{kg oTS}_{zu}$	57 Vol. %		
Maissilage extrudiert	530,32 $I_N/\text{kg oTS}_{zu}$	290,86 $I_N/\text{kg oTS}_{zu}$	55 Vol. %	13,8 %	18,1 %

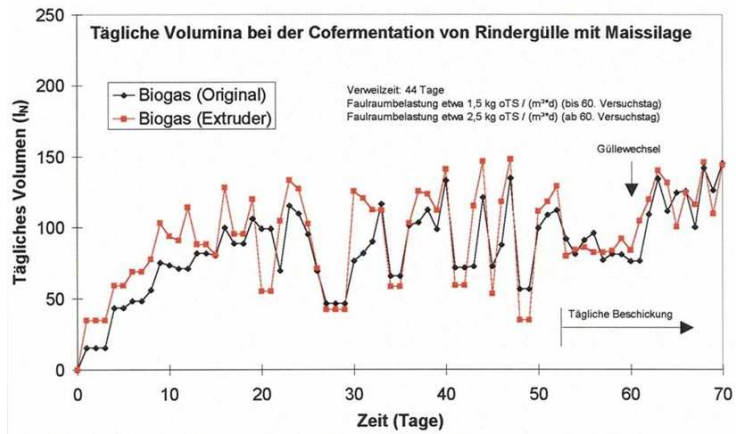


Abb. 38 Erhöhung der Gasausbeute im Batch-Betrieb (Auszug Bericht VTI 064 2/02)

➤ Beispiel - **Grassilagevergärung**

Versuchsart : Batchversuch
 Anlage / Standort der Versuchsdurchführung : Sächs. Landesanstalt für Landwirtschaft
 Datum der Versuchsdurchführung : 2007

Hier ergeben sich tendenziell gleichgelagerte im Zuwachs noch weit höhere Verbesserungen der Ergebnisse, wie die nachfolgenden Abb. und Tabellen zeigen.

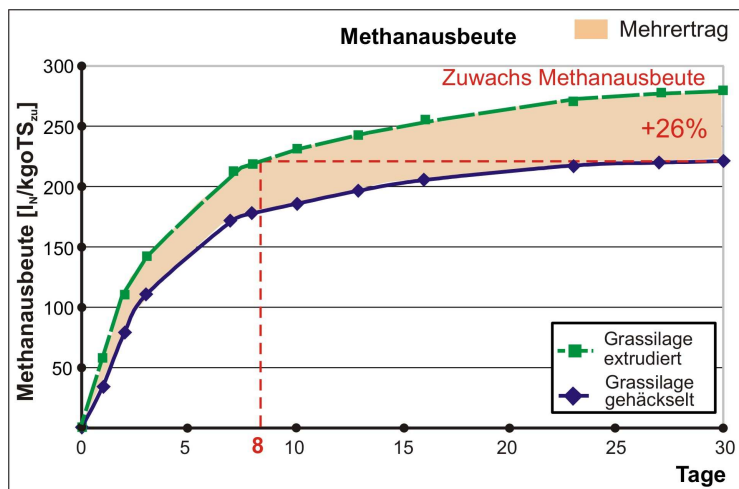


Abb. 39 Methanausbeute bei Grassilage

Tabelle 15 Methanausbeute bei Grassilage

	Biogas- ausbeute	Methan- ausbeute	Methan- gehalt	Zuwachs an	
				Methan- ausbeute	Biogas- ausbeute
Grassilage original	382,92 $l_N/kg\ oTS_{zu}$	220,97 $l_N/kg\ oTS_{zu}$	58 Vol. %		
Grassilage extrudiert	496,08 $l_N/kg\ oTS_{zu}$	279,70 $l_N/kg\ oTS_{zu}$	56 Vol. %	26,6 %	29,6 %

➤ Beispiel – Vergärung von GPS (Hybridrogen, TS 65%)

Versuchsart : Batchversuch
 Anlage / Standort der Versuchsdurchführung : Biogas Oberfranken
 Datum der Versuchsdurchführung : 2010,2011

Hier ergeben sich tendenziell gleichgelagerte im Zuwachs noch weit höhere Verbesserungen der Ergebnisse, wie die nachfolgenden Abb. und Tabellen zeigen.

Ohne Bioextrusion® ist das Substrat nicht einsetzbar!

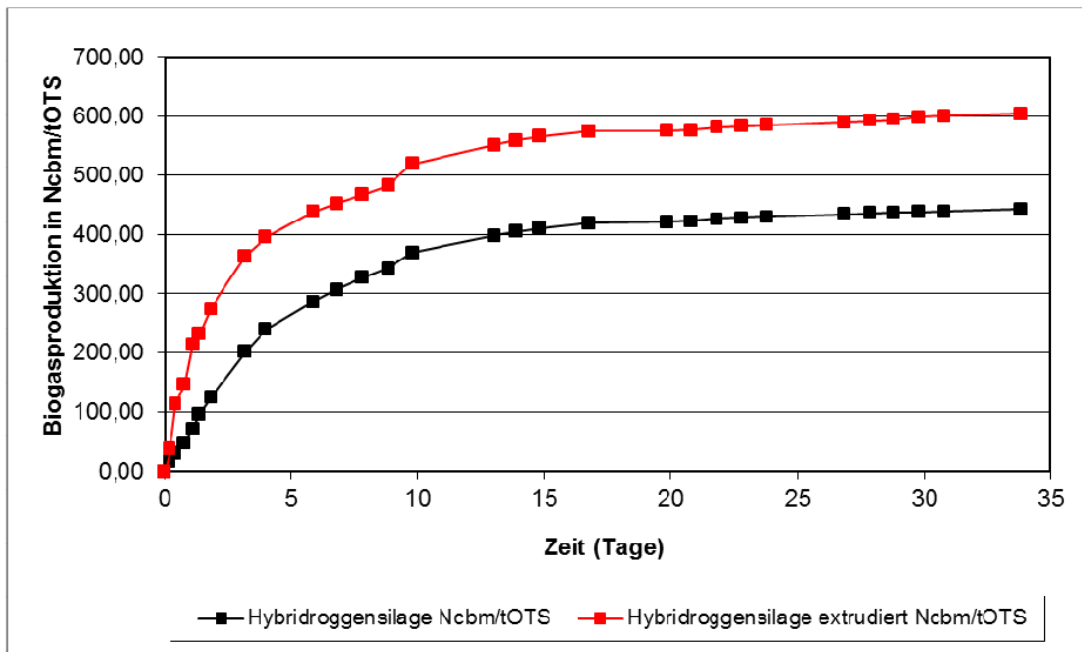


Abb. 40 Methanausbeute bei GPS (Hybridrogen)

Tabelle 16 Methanausbeute bei Ganzpflanzensilage (Hybridrogen, TS 65%)

	Biogas- ausbeute	Methan- ausbeute	Methan- gehalt	Zuwachs an	
				Methan- ausbeute	Biogas- ausbeute
GPS original	443,17 I _N /kg oTS _{zu}	270,78 I _N /kg oTS _{zu}	61,1 Vol.%		
GPS extrudiert	604,78 I _N /kg oTS _{zu}	419,78 I _N /kg oTS _{zu}	69,4 Vol.%	55,0 %	36,5 %

➤ Beispiel – Rapssilage

Versuchsart : Batchversuch
 Anlage / Standort der Versuchsdurchführung : Biogas Oberfranken
 Datum der Versuchsdurchführung : 2010

Hier ergeben sich tendenziell gleichgelagerte Ergebnisse, wie die nachfolgenden Abb. und Tabellen zeigen.

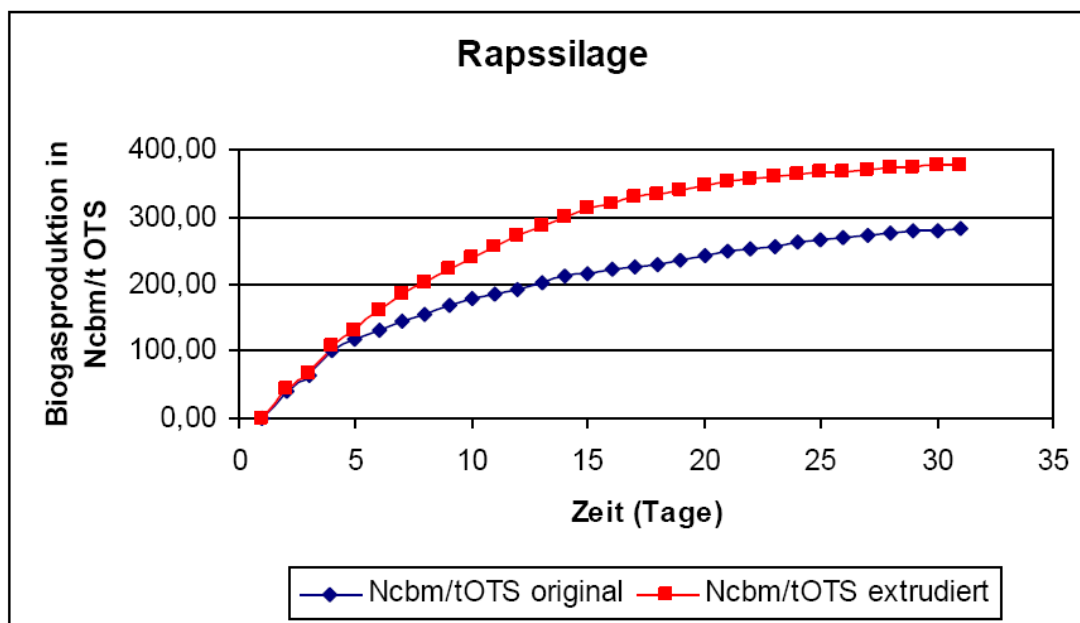


Abb. 41 Methanausbeute bei Rapssilage

Tabelle 17 Methanausbeute bei Rapssilage

	Biogas- ausbeute	Methan- ausbeute	Zuwachs an	
			Methan- ausbeute	Biogas- ausbeute
Rapssilage Original	282,23 $I_N/kg \text{ oTS}_{zu}$	178,65 $I_N/kg \text{ oTS}_{zu}$		
Rapssilage extrudiert	376,97 $I_N/kg \text{ oTS}_{zu}$	227,29 $I_N/kg \text{ oTS}_{zu}$	27,2 %	33,6 %

➤ Beispiel – Rindermist

Versuchsart : Batchversuch
 Anlage / Standort der Versuchsdurchführung : Biogas Oberfranken
 Datum der Versuchsdurchführung : 2010

Hier ergeben sich tendenziell gleichgelagerte Ergebnisse, wie die nachfolgenden Abb. und Tabellen zeigen.

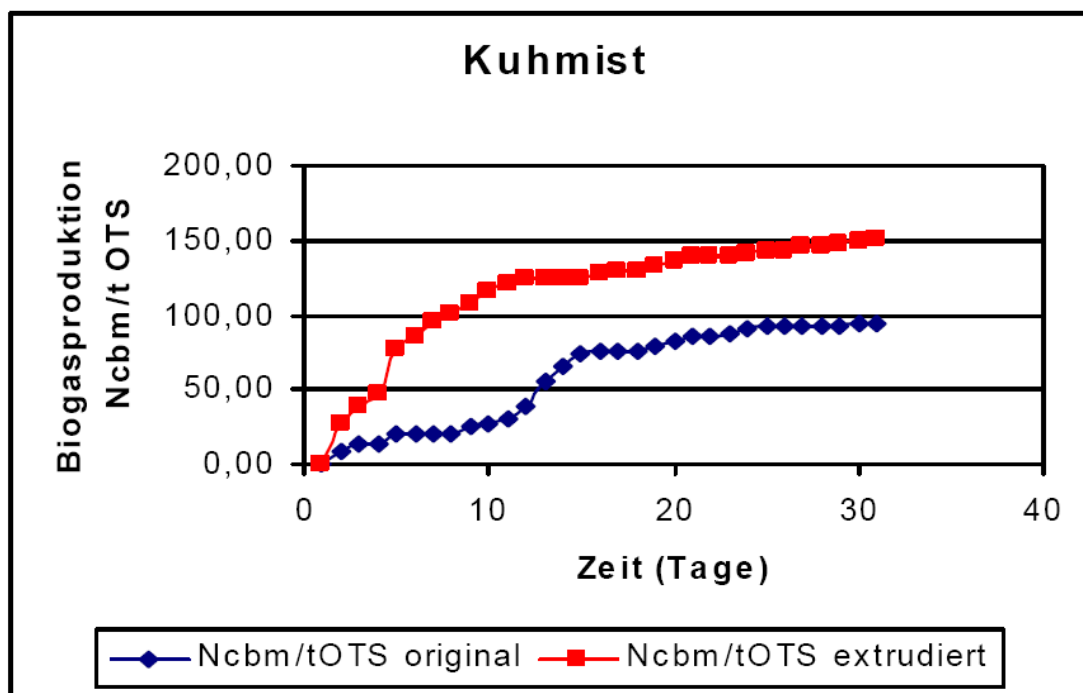


Abb. 42 Methanausbeute bei Rindermist

Tabelle 18 Methanausbeute bei Rindermist

	Biogas- ausbeute	Methan- ausbeute	Methan- gehalt	Zuwachs an	
				Methan- ausbeute	Biogas- ausbeute
Rindermist Original	93,91 $I_N/kg\ oTS_{zu}$	49,58 $I_N/kg\ oTS_{zu}$	52,8 Vol.%		
Rindermist extrudiert	151,04 $I_N/kg\ oTS_{zu}$	97,27 $I_N/kg\ oTS_{zu}$	64,4 Vol.%	96,2 %	60,8 %

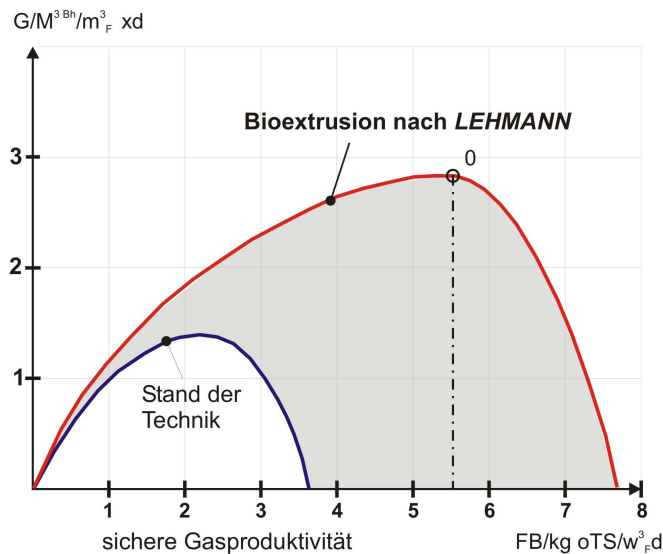


Abb. 43 Anlagenspezifische Gasproduktivität in m³ Biogas / m³ Faulraum / Tag

Die nachfolgenden weiteren verfahrensimmmanenten Effekte, die aus der Anlagenart resultieren, ergeben weitere positive Ergebnisse.

- Bei Kombination von Bioextruder mit Direkteintrag werden Temperaturgefälle zwischen eingetragendem Substrat und bestehendem Methanbildungsprozess vermieden; Temperaturschocks fallen weg;
- Eine Vorgrube ist nicht zwingend nötig;
- Es ist sogar möglich, durch „Ansetzen“ der extrudierten Co-Fermente auf einer Dungplatte das Hydrolysestadium quasi zu ersetzen (ausreichend 3-5 Tagesrationen). Gülle und Festmist, vermischt mit Co-Ferment, weisen eine ausgezeichnete chemische Pufferwirkung auf.

Die nachfolgende Analogie verdeutlicht die durch die „BIOEXTRUSION by LEHMANN“[®] eintretenden Effekte, wie diese in der Demonstrationsanlage verwirklicht sind.

Diese Effekte sind nachweislich übertragbar auf andere Biogas – Anlagentypen.

- Eine Biogasanlage ist eine „eiserne Kuh“:
- Die Zusammensetzung des Futters muss stimmen, die Gesundheit des Tieres muss stimmen, die erzeugte Milch muss untersucht werden.
- In Analogie zum Vorgenannten muss die Biogasanlage wie jede andere Anlage konsequent überwacht und geführt werden.

- Der Einsatz von Co-Ferment muss abgestimmt auf einen effektiven Gasbildungsprozess erfolgen.
- Erfassung der Stoffpotentiale und des C/N-Verhältnisses
- Überwachung des Temperaturverhaltens
- Überwachung des pH-Wertes
- Überwachung – Äquivalente der leicht flüchtigen Fettsäuren
- Zusammensetzung und Menge des erzeugten Gases
- Wichtig ist ein konstanter gleichmäßiger Prozess.
- Die BIOEXTRUSION by LEHMANN® leistet hierbei die entscheidende Aufbereitungsarbeit.

Dies betrifft:

- Aufschluss der Biomasse: Aufschluss heißt = wesentlich vergrößerte Angriffsfläche des Zellgefüges für die gasbildenden Bakterien
- Homogenisierung / Intensivmischung / Plastifizierung
- höhere Gasproduktivität durch höhere Faulraumbelastung
- Durch den Bioextruder erhalten die Substratfasern eine Beschaffenheit, die Schwimm- und Sinkschichtbildung nahezu ausschließt und ideal als Aufwuchskörper für Bakterien ist.
- Die im Extruder entstehenden Temperaturen von über 100° C führen darüber hinaus zu einer Hygienisierung und Keimminderung. Das vergorene Substrat ist bei der Verbringung als Dünger auf die Felder weitgehend keimfrei.
- Das ausgegorene Substrat weist ausgezeichnete Eigenschaften auf als Dünger in der Bodenbiologie.

➤ **Beispiel - Landwirtschaftsbetrieb Hertel, Möschwitz**

Versuchsart :	Biogasanlage
Anlage / Standort der Versuchsdurchführung :	Hertel GbR Möschwitz
Datum der Versuchsdurchführung :	2009

In einer Nassfermentationsanlage mit 195 kW_{el}, ebenfalls im Vogtlandkreis, wurde ein Mehrertrag von ca. 37% mit dem Einsatz der Bioextrusion® nach wenigen Wochen erreicht. In dieser Anlage werden je nach Saison die Substrate variabel eingesetzt.

Der Betreiber ist bestrebt mit einer genauen Substratdosierung ein Optimum an Gasertrag für die BHKW zu erreichen. Die nachfolgende Tabelle zeigt ein repräsentatives Beispiel aus den Betreiberunterlagen:

Tabelle 19 Substrateinsatz BGA Hertel, Möschwitz

Substrat	INPUT pro Tag	TS	Gasertrag IST	Gasertrag nach KTBL	Steigerung Gasertrag
Maissilage*	3,96 t	32%	2.400 m ³	1.493 m ³	37,8 %
GPS Roggen*	2,7 t	70%			
Rindergülle*	5,7 m ³				
Grünschnitt Roggen*	0,54 t	28%			

Quelle: LWB Hertel, Möschwitz *) Substrate mittels Bioextrusion® vom Fermenter behandelt

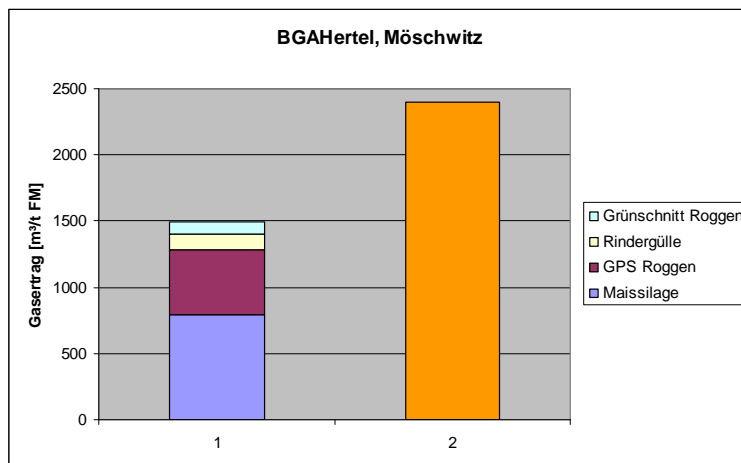


Abb. 44 Mehrertrag (2) gegenüber KTBL (1) bei BGA Hertel, Möschwitz

Der Betreiber hat die Kapazität der Biogasanlage auf 320 kW_{elek.} erweitert.

Ein ausführlicher Vergleich von 13 UTS – Anlagen liegt als Anlage 8 bei. Dabei werden Anlagen mit unterschiedlichem Fermenterinput verglichen. Nur die Anlage Hertel (BGA L) nutzt Bioextrusion®. Seit Bestehen erreicht die Anlage eine Auslastung von 98% und den weitaus höchsten Effektivitätsquotienten.

➤ Beispiel - Prowind Nennhausen, Brandenburg

Versuchsart : Biogasanlage
Anlage / Standort der Versuchsdurchführung : Prowind Nennhausen
Datum der Versuchsdurchführung : 2009

Die Betreiber einer umgerüsteten Trockenfermentationsanlage mit 1,2 MW_{el} in Brandenburg können mit Hilfe der Bioextrusion® Grassilage in hohem Maße einsetzen. Diese Biogasanlage wurde 2008 von ‚Nassfermentation‘ auf ‚Trockenfermentation‘ gemäß EEG 2004 bis 2008 umgestellt. Die nachfolgende Tabelle stellt die Fahrweise der Anlage mit und ohne Bioextrusion® gegenüber:

Tabelle 20 Substrateinsatz BGA ProWind Nennhausen

Substrat	ohne Bioextrusion	mit Bioextrusion	Bemerkungen
Maissilage	58 – 62 t/d	42 t/d	Substratreduzierung
Grassilage	nicht möglich	24 t/d	
Gülle	20 – 40 t/d	entfällt	Umgestellt auf Trockenfermentation = Technologiebonus
Rührzeiten	40 min	2 x 6 min	Energieeinsparung

Quelle: Prowind Nennhausen

Ziel der Betreiber war es zusätzlich, die Vergärung > 30% Strohmist anzustreben, um den Güllebonus zusätzlich noch zu erhalten.

Der Vergleich zwischen der überarbeiteten Anlage mit Bioextrusion® und der vorherigen Anlage spricht eindeutig für die innovative Aufschlusstechnik. Dies betrifft sowohl die Substrate als auch die Rührenergie und den Eigenstromverbrauch.

➤ Beispiel **AGROFARM 2000, Eichigt**

Versuchsart : Biogasanlage
 Anlage / Standort der Versuchsdurchführung : Agrofarm 2000
 Datum der Versuchsdurchführung : 2006-2008

In einer BGA mit 460 kW_{el} mit einem Gasaustauschfermenter (*System Pfefferkorn / Gasaustauschfermenter*) im Vogtlandkreis, konnte mittels der Bioextrusion® bereits in einem Zeitraum von 3 Wochen ein Mehrertrag an Biogas von 20% registriert werden. Im Gasaustausch Fermenter konnten TS-Gehalte von < 14% (*sonst nur um 9%*) bei einem minimalen Eigenenergiebedarf von 2,4% Eigenstrombedarf erzielt werden. Zum Einsatz kamen Maissilage, Getreide sowie Gülle. Die nachfolgende Tabelle zeigt repräsentativ den Substrateinsatz und die gemessene Gasmenge aus den Betreiberunterlagen:

Tabelle 21 Substrateinsatz Agrofarm 2000, Eichigt

Substrat	INPUT pro Tag	Gasertrag IST	Gasertrag nach KTBL	Steigerung Gasertrag
Maissilage*	1,5 t	4.700 m ³	2.983 m ³	36,5 %
Getreide*	1 t			
Rindergülle	120 m ³			

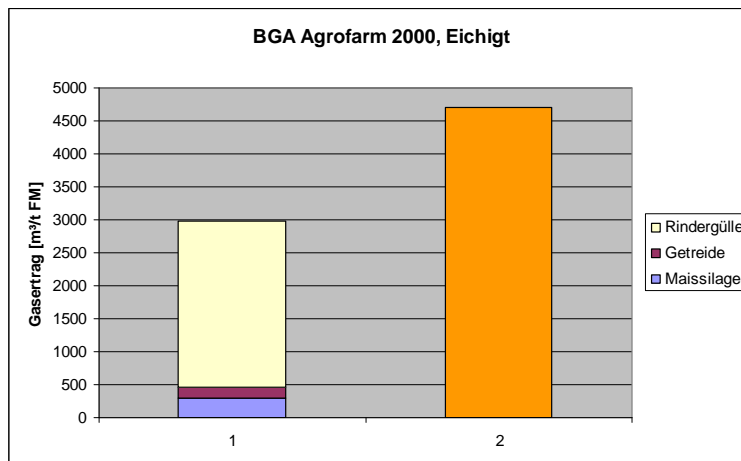


Abb. 45 Mehrertrag (2) gegenüber KTBL (1) Agrofarm 2000, Eichigt

Die Betreiber werden die Kapazität der BHKW - Anlage erweitern.

2.3 Brikettieranlage als Demo-/ Versuchsanlage für Brennstoffe

Um das Konzept zur Wärmeerzeugung mittels Biobrennstoffen aus Gärresten der Biogasanlage realisieren zu können, war es notwendig die technischen Voraussetzungen zur nachhaltigen Herstellung von Presslingen zu schaffen.

Hierzu wurden mittels kleintechnischer Versuche die verfahrenstechnischen und technologischen Voraussetzungen im Vorfeld der Entwicklung und fertigungstechnischen Umsetzung geschaffen.

Als Verdichtungsverfahren wurde ein hauseigenes Nass-Kompaktierverfahren entwickelt. Es wurde der Aufgabenstellung angepasst und realisiert. Dabei handelt es sich um eine innovative neue Lösung.

Die Kompaktiertechnik kommt vorrangig zum Verdichten von stapelfähigen und schütffähigen Rohstoffen zu Granulaten oder Kompaktaten zum Einsatz. In der Regel werden hierzu Ein- oder Doppelschneckenverdichter, die speziell im Verfahren auf den Rohstoff abgestimmt werden, verwendet.

Als positiv konnte bestätigt werden, dass mit diesem Verfahren mit und ohne natürliche Bindemittel (z.B. Stärke, Melasse usw.) gearbeitet werden kann. Weiterhin konnte bis zu einer Restfeuchte des Rohmaterials von < 23 bis 40% noch eine gute Verdichtung erreicht werden. Man spricht hier auch von einer „Nasskompaktierung“.

Dieser Fakt bedeutet ein relativ großes Verfahrensfenster und die Einsparung von Energie, da die Rohstoffe die eigenen Bindekräfte nutzen (bei Übertrocknung / Trockenpelletierung wesentlich höherer Energieeintrag). Gleichzeitig entstehen weniger Emissionen (Staub und Ammoniak) durch geringere Reibung bzw. Wärme bei der Nasskompaktierung. Die homogenen Kompaktate lassen sich einfach durch gleichmäßige Luftdurchströmung nachtrocknen.

Die Kompaktiertechnik ist im Vergleich mit der Pelletier – und Briketttechnik weniger investitionsintensiv und wird daher für die weitere Projektbearbeitung als Basistechnik genutzt.

➤ **Herkunft der Einsatzstoffe / Aufbereitung**

In der speziellen Anwendung der Gärreste als Ausgangsmaterial zur Verdichtung, wurden diese nach dem Gärrestendlager der Biogasanlage mittels einer Filterschneckenpresse auf ca. 24 bis 30% TS Gehalt vorbereitet. Die Nachtrocknung auf 70 bis 87% TS Gehalt erfolgte

in den dafür entwickelten Trockencontainer bzw. Trockenkammer. Weitere Zusatzstoffe waren für die Herstellung der Kompaktate nicht notwendig.

Auch über eine Rückvermischung ist der kompaktierfähige TS-Gehalt leicht herstellbar (s. Anlage 9 - LMB Datenblatt 56.5.0)

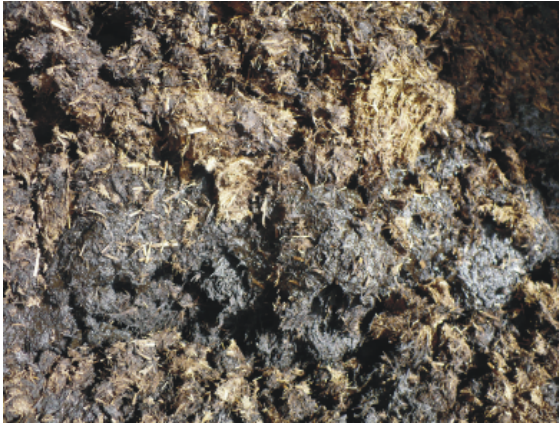


Abb. 46 Gärrest nach Filterschneckenpresse



Abb. 47 Anlage zur Kompaktierung



Abb. 48 Kompaktiervorgang



Abb. 49 Kompaktate aus Gärrest

Die betreffenden Ausrüstungen der Brikettieranlage werden durch Absaugstellen bedient. Die Abluft gelangt über einen Schornstein ins Freie. Seine Dimensionierung / Höhe ist gemäß Emissionsprognose so bemessen, dass die prognostizierten Emissionswerte (Staub, Geruchseinheiten) unterhalb der maximalen Werte liegen, die für diese Betriebsstätte erlaubt sind. Dies wird auch durch die relativ großen zugemischten Frischluftmengen bestimmt. Die Beurteilung dafür erfolgte durch IFU GmbH Lichtenau.

Die erzeugten Gärreste wurden von der EUROFINS – AUA GmbH Freiberg auf den Heizwert getestet. Die nachfolgenden Prüfergebnisse belegen die dabei durchaus akzeptablen Werte. Im Vergleich dazu sind bis dato konventionelle Energieträger in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

EUROFINS-AUA GmbH Niederlassung Freiberg
OT Tuttendorf, Gewerbestraße „Schwarze Kiefern“ D-09633 Halsbrücke

Auftraggeber:
Lehmann Maschinenbau GmbH
z.H. Herrn Gläser
Jocketa-Bahnhofstraße 34

08543 Pöhl

Prüfbericht Nr.: 10904591

(Seite 1 von 2 Seiten)

Projekt: Gärreste einer Biogasanlage
Auftrag: Untersuchung von 1 Gärrestprobe
Auftrag vom: 29.07.2009 Prüfzeitraum: 31.07. bis 06.08.2009
Probenahme: Die Proben wurden vom Auftraggeber angeliefert!

Prüfverfahren: Bestimmung

Verfahren zur Probenherstellung (N)	DIN CEN/TR 14780 (Vornorm): 2005-11
des Wassergehaltes - Gesamtwasser (Feste Biobrennstoffe) (thermisches Verfahren) Referenzverfahren (N)	DIN CEN/TS 14774-1: 2004-11; Analysenautomat MAC-500
des Gehaltes an Gesamtkohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff Instrumentelle Methoden (Feste Biobrennstoffe) (N)	DIN CEN/TS 15104: 2005-10; Analysenautomat Leco TRU SPEC CHN
des Heizwertes (Feste Biobrennstoffe) Verfahren mit adiabatischem Mäntel (N)	DIN CEN/TS 14918: 2005-08 Kalorimetersystem C 4000 A

Freiberg, den 08.08.2009


Dipl.-Chem. A. Ulbricht
Laborleiter

Proben werden, wenn nicht anders vereinbart oder fachlich begründet, 3 Monate im Labor aufbewahrt. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfgegenstände. Sofern die Proben nicht ein Mitarbeiter unseres Labors genommen hat, wird die Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme abgelehnt! Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS - AUA GmbH Ndl. Freiberg. Prüfberichte ohne Unterschrift haben keine Gültigkeit! Fremdvergaben in akkreditierte Laboratorien sind mit F und in akkreditierte Laboratorien des Firmverbundes mit FF gekennzeichnet. Nicht akkreditierte Prüfverfahren sind mit N gekennzeichnet.

Nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die
DACH Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium.

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.



Niederlassung Freiberg
OT Tuttendorf, Gewerbestraße „Schwarze Kiefern“
D-09633 Halsbrücke

Tel. +49 3731 2076 500
Fax +49 3731 2076 555
info_freiberg@eurofins.de

EUROFINS-AUA GmbH
Löbstedter Straße 78
D-07749 Jena

Tel. +49 3641 4649-0
Fax +49 3641 4649-19
info_jena@eurofins.de, www.aua-jena.de

Amtsgericht Jena
HRB 202596
Ust.-ID.Nr.: DE 151 28 1997

Geschäftsführer:
Dr. Ulrich Ertler
Dr. Benno Schneider

Bankverbindung:

NORD LBD
BLZ 250 900 00
Kto 150 334 803
IBAN DE2525050000150334803
BIC/SWIFT NOLA DE 2HXXX

EUROFINS - AUA GmbH
Ndl. Freiberg

Tabelle Analysenergebnisse

Projekte: Gärreste einer Biogasanlage

Probe		Gärrest	
Labor-Nr.:		109024717	
Parameter	Einheit	OS	TS
Wasser ges.	Ma.-%	9,1	-
Wasserstoff	Ma.-%	4,2	4,7
Brennwert (Ho, v)	kJ/kg	14.219	15.642
Heizwert (Hu, v)	kJ/kg	13.135	14.694

(Ho, v) und (Hu, v) = Brenn- bzw. Heizwert bei konstantem Volumen

Abb. 50 aktueller Prüfbericht Gärrestkompaktate

Weitere Ergebnisse bzgl. Heizwertbestimmung von Gärrestkompaktaten

Tabelle 22 Prüfergebnisse Gärrestkompaktate mit Holzanteil

Probe		vergorene Biomasse 66,6% Biomasse 33,3% Holzanteil	
Labor-Nr.		05-1432-02	
Parameter	Einheit	Anlieferungs- zustand	wasserfreier Zustand
Wasser ges.	Ma.%	19,8	-
Gesamtwasserstoff	Ma.%	4,5	5,6
Brennwert (Ho)	kJ/kg	15.170	18.920
Brennwert (Hu)	kJ/kg	13.700	17.690

Probe		vergorene Biomasse 75% Biomasse 25% Holzanteil	
Labor-Nr.		05-1432-02	
Parameter	Einheit	Anlieferungs- zustand	wasserfreier Zustand
Wasser ges.	Ma.%	32,9	-
Gesamtwasserstoff	Ma.%	3,8	5,7
Brennwert (Ho)	kJ/kg	12.340	18.400
Brennwert (Hu)	kJ/kg	10.710	17.160

Tabelle 23 Heizwerte verschiedener Materialien

Energieträger	Heizwert [kJ/kg]
Holz	15.100
Holzpellet	18.000
Braunkohlenbrikett	19.700
Heizöl	42.000

2.3.1 Betriebserfahrungen

Die bis heute erzielten Erfahrungen mit der Brikettieranlage können als positiv eingeschätzt werden. Die erzielbare Menge an fertigen Kompaktaten lag bei ca. 1 Tonne / Stunde. Nach einer entsprechenden Stabilisierung der Kompaktate in der Trockenkammer konnten diese in einer sehr guten Qualität (geringer Abrieb) lagerstabil mit < 12% Restfeuchte z.B. in Gitterboxen oder BIG BAG gelagert werden.

➤ Flüssiger Wirtschaftsdünger

Die Gärreste werden im Gärrestlager gesammelt. Das Gärrestlager ist mit einem Volumen von 3.300 m³ zuzüglich der Separation von festen Gärresten auf 180 Tage Verweilzeit ausgelegt. Innerhalb der Lieferverträge für Substrate ist auch die Abnahme der flüssigen Gärreste vereinbart.

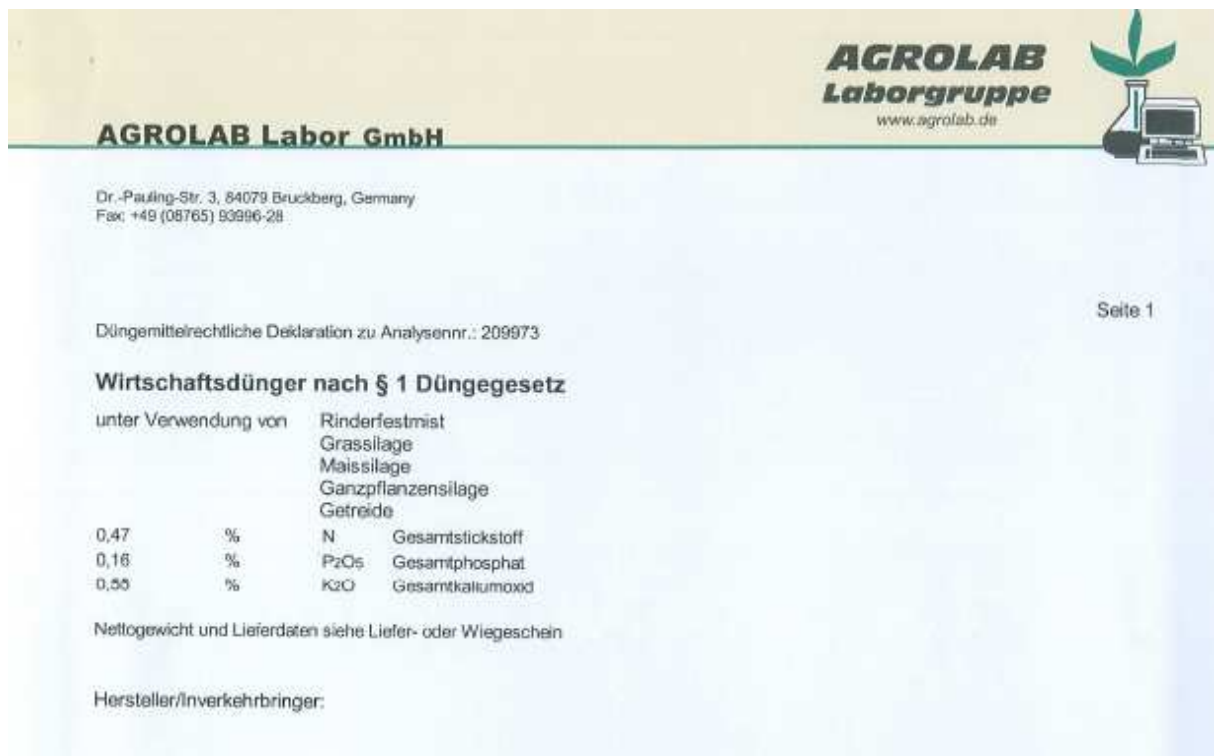


Abb. 51 Analyse der Gärrestzusammensetzung

Die Analyse der Gärrestzusammensetzung gemäß den Inhaltstoffen ist Voraussetzung für die Ausbringung auf Feldern hinsichtlich der Einstellung des Düngewertes.

Als flüssiger Wirtschaftsdünger werden derzeit ca. 90% der Substrate genutzt.

Etwa 10% der Inputmenge (abzgl. Fugatfaktor) wird separiert und anschließend agglomeriert und getrocknet.

Ausgehend von ca. 35 Tonnen Inputsubstrat pro Tag und einem gemittelten Fugatfaktor von 0,77m³ Fugat pro Tonne Koferment ergeben sich rechnerisch ca. 27m³ Fugat pro Tag bzw. ca. 9.840m³ pro Jahr. Aus Versuchen ist bekannt, dass das Verhältnis zwischen flüssigen und festen Gärresten bei der derzeit praktizierten Gärrestseparation bei ca. 5,41:1 liegt. Hieraus ergeben sich jährlich ca. 1.500m³ feste und 8.300m³ flüssige Gärreste. 1.500m³ separierte, feste Gärreste entsprechen jährlich rund 1.245 Tonnen mit einem Trockensubstanzgehalt von ca. 26%, die auf der Anlage BioEnergie Pöhl zur Verfügung stehen und weiterverarbeitet werden sollen. Der Faktor für die Umrechnung Kubikmeter in Tonne für die festen (ca. 1:0,7) bzw. flüssige (ca. 1:1) Gärreste wurde mehrfach in Versuchen gesichert.

Tabelle 24 Ermittlung der Gärreste

Input Substrate:	35 t/d	
Fugatfaktor:	0,77 m ³ /t	
Gärreste gesamt:	27 m ³ /d	9.837 m ³ /a
Gärreste fest:	4,2 m ³ /d	1.535 m ³ /a
	3 t/d	1.244 t/a
Gärreste flüssig:	22,7 m ³ /d	8.302 m ³ /a
	23 t/d	8.302 t/a

Quelle: Verfasser

Die in Tabelle 24 ermittelten Gärrestmengen entsprechen den gemessenen Mengen des Jahres 2010.

Der Festanteil wird mittels eines Trockners vorgetrocknet. Auf dem Gelände der Biogasanlage sind bereits verschiedene Trocknungssysteme wie ein Plattenbandtrockner, ein Trockencontainer und eine Trockenkammer in Betrieb. Als Trocknungsenergie wird Niedertemperaturwärme vom BHKW eingesetzt und über einen Wasser/Luft/Wärmetauscher genutzt.

Derzeit wird zur Vortrocknung der Plattenbandtrockner genutzt. Der Plattenbandtrockner verfügt über eine Wärmeleistung von ca. 300 kW. Die Trocknungsleistung ist stoffabhängig. Versuche haben ergeben, dass bei einer Inputmenge von 400kg pro Stunde (bei 30% TS) diese auf 135kg pro Stunde (bei ca. 90% TS) getrocknet werden kann, das entspricht einem Wasserentzug von ca. 265kg/h.

Das Separationsergebnis ist abhängig von

- Inputsubstratbilanz
- Aufschlussgrad
- Abbaugrad / Wirkungsgrad
- Sieb/Spaltmaß der Presse
- Separationstechnologie
- Flockungswirkung der Substrate u.a.m.

➤ **Entwässerter, separierter Gärrest**

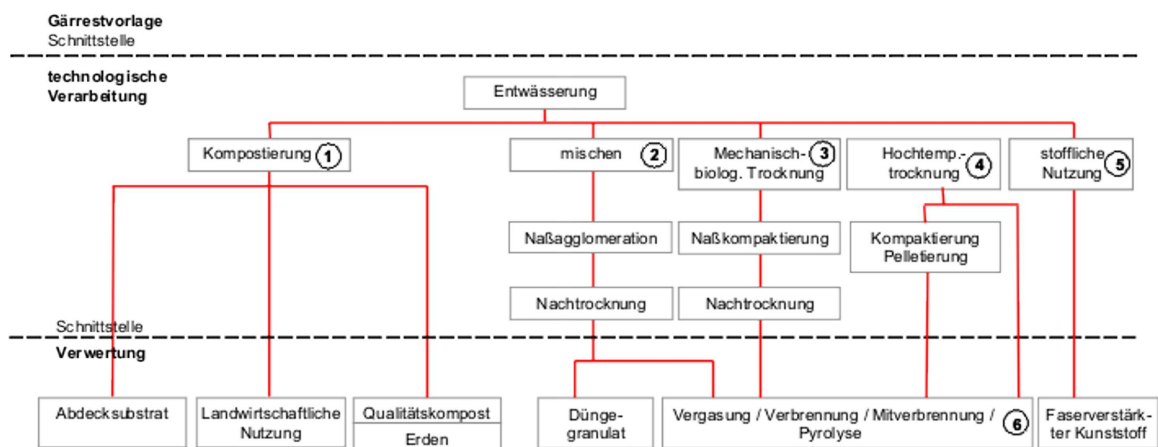


Abb. 52 Gärrestverarbeitung

Die Gärrestaufbereitung wird vom Ziel der Nutzung bestimmt. In BioEnergie Pöhl wird derzeit die Nasskompaktierung (2) und die Herstellung eines Brennstoffkompaktates verfolgt, d.h. die Aufbereitung zum

- Brennstoff und/oder
- Düngegranulat.

Ein weiteres Ziel ist auch die stoffliche Nutzung für die Herstellung eines faserverstärkten Kunststoffes (5).

Das Brennstoffagglomerat hat nach der Trocknung einen Heizwert von 14.300 kjoule/kg (in Abhängigkeit des Ausgangssubstrates). Leider wurde es zur Verbrennung in Kleinf Feuerungsanlagen nicht frei gegeben, da es in Sachsen nicht als Regelbrennstoff anerkannt wird.

Die Abnahme ab Werk, im letzten Monat auf 62,00 €/t gestiegener Preis, erfolgt durch polnische Elektrokraftwerke und Biomasseverbrennungsanlagen im mitteldeutschen Raum, die über entsprechende Rauchgasreinigung und Zulassung nach BImSch verfügen.

Der Kostendeckungsbeitrag ist positiv und ausbaufähig. Die Betriebserfahrungen mit der Gärrestaufbereitung sind gegenüber der Trockenpelletierung von Gärresten sehr positiv, sowohl hinsichtlich der Emissionen als auch den Energieeinsatz betreffend.

Auch die Gefahr eines Brandes wird durch die Nassagglomeration minimiert, da mit diesem Verfahren nicht in die Ligninphase über Reibung plastifiziert werden muss. Bei herkömmlichen Verfahren entstehen durch die Relativbewegung des Kollers über die Matrize der Pelletpresse Temperaturen von 130 – 160°C.

Bei der Nassagglomeration werden die eigenen Bindekräfte genutzt. Die Temperaturen sind wesentlich geringer, da das Gut feuchter ist. Die Selbstentzündungstemperatur liegt bei ca. 230°C wird auch im Verstopfungsfall nicht erreicht. Auch an höhere Temperaturen gebundene Emissionen (Ammoniakdämpfe) treten vermindert auf. Eine Entsorgung der Brüden ist unproblematisch und nicht so aufwendig, wie bei der Trockenpelletierung. Es entstehen weniger Brüden durch geringere Arbeitstemperaturen des Verfahrens.

➤ **Nutzensrechnung Gärrestaufbereitung**

Derzeit stehen 1.244 t/a (TS 24%-30%) Gärrest zur Verfügung. Diese werden auf ca. 50% TS im Bandtrockner vorgetrocknet, anschließend granuliert und im Trockenboden auf 85 % TS nachgetrocknet und damit biologisch stabilisiert. Durch die Agglomeration werden bis 10% Wasser verdunstet.

mögliche Mengenbilanz

Input TS 25%	1.244 t/a	
Trocknung TS 50%	622 t/a	Agglomeration
Nachtrocknung TS 85%	365 t/a	verkaufsfähige Agglomerate

Somit sind durch den

- Bandtrockner 622 t/a Wasser zu verdampfen, bedeutet eine Betriebszeit 2.690 h/a, bei Wasserverdampfung 231 kg/h, therm. Leistung 300kW (1,3 kWh/kg Wasserverdampfungsleistung)
- Nassagglomeration 1,5 t/h, das sind 622 t/a (Granulat 4-6 mm; Schüttdichte 0,4 kg/l); Betriebsstunden 415 h/a
bei Wasserverdampfung 10% = 62,2 t/a
- Nachtrocknung (Trockenboden) 193 t/a Wasser zu verdampfen auf 85 % TS Betriebszeit 6.031 h/a
bei Wasserverdampfungsleistung 2,5 kWh/kg,
thermische Leistung_{erforderlich}: 80 kW = 32,0 kg/h Wasserverdunstung

Bedarf:

1. Bei der Anlage BioEnergie Pöhl muss die Wärmeleistung um 26 kW nachgerüstet werden, um die Gesamtmenge der Gärreste als Düngegranulat oder Brennstoffkompaktat im Bodentrockner zu trocknen.
2. Mit einer zweistufigen Separation ist eine neue Mengenbilanz bei der Gewinnung von festen Gärresten zu erstellen.
3. Derzeit ist die Abnahme der Gärreste als Gärrestfugat und Gärrestfeststoff die kostengünstigste Lösung.
4. Der Bedarf an Düngepellets und Brennstoffgranulat ist durch entsprechende Marktarbeit zu entwickeln.
5. Die Schüttdichte des Gärrestproduktes und die Streufähigkeit müssen möglichst hoch sein, um Straßen/Transportraum/Gewicht der Fahrzeuge auszulasten.

Kosten – Analyse

Die Agglomerationsanlage kann einen Erlösbeitrag leisten, da Fixkosten bereits mit der BGA abgegolten sind.

Der Anlagebetrieb ist mit dem geplanten Personal der BGA möglich.

Derzeitige Situation zum 31.12.2010

Erlös:

Verkauf ab Werk der Gärrestagglomerate zu 62,00 €/t TS 85-90%

Menge 365 t/a

22.630,00 €/a

Ausgaben:

Elektroenergie 105 kWh/t x 0,13 €/kWh = 13,65 €/t

- Bandtrockner (Lüfterband)

- Extruder

- Schnecken, Dosierer

- Bodentrockner (Lüfter, Pumpen)

- Förderbänder

4.982,25 €/a

Diesel (innerbetrieblicher Transport)

5,0 l/d = 2,555 €/l bei 300 Tagen

3.832,50 €/a

Instandhaltung einschließlich Arbeitszeit

davon - Extruder	1.700,00 €/a	
- Agglomerator	1.400,00 €/a	
- Sonstiges	1.400,00 €/a	4.500,00 €/a

Kosten gesamt 13.314,75 €/a

Gewinn 9.315,25 €/a

Verschleiß- und Energiekosten sind günstiger als bei einer Pelletierung. Das ist bedingt durch geringere Reibung der produktberührenden Teile auf Grund der höheren Feuchte des Substrates.

2.4 Wärmeerzeugungsanlage

Geplant war, eine neuartige Wärmeerzeugungsanlage zu errichten, die im Bypassbetrieb zur vorhandenen Technik betrieben werden und mit Gärrestpresslingen beschickt werden soll.

Zur Realisierung dieser Anlagentechnik wurde ein am Markt etablierter Biomasseheizkessel der Fa. A.P. Bioenergietechnik GmbH ausgewählt. Der Biomassekessel vom Typ ÖKOTHERM C1 ist eine Kompaktanlage, die speziell für Biomasse konzipiert wurde und aus einer selbsttragenden Stahlkonstruktion besteht, in den Vergasungsteil (Feuermulde), Nachbrennteil, Verbrennungsluftgebläse und Zündvorrichtung integriert sind.

In der nachfolgenden Tabelle sind die technischen Daten der Kesselanlage aufgeführt:

Tabelle 25 Technische Daten der Kesselanlage

Biomasseheizkessel Typ ÖKOTHERM	Typ C1
Max. Wärmeleistung (Nennwärmeleistung)	88 kW
Leistungsregelung modulierend	27 – 88 kW
Bezugsbrennstoff	Holz
Bezugs Heizwert	4,8 kWh/kg
Bezugs Wassergehalt	16%
Brennstoffkörnung	G30 nach ÖNORM 7133
Abgastemperatur Vollast	200°C
Max. zul. Betriebsdruck	3,5 bar
Ansprechtemperatur STB	90°C
Betriebsvor- / Rücklauftemperatur	85 / 65°C
Mindestrücklauftemperatur	63°C
Betriebsgewicht leer	1.400 kg
Länge	1.640 mm
Breite	990 mm
Höhe	1.500 mm

Die Konzeption im Rahmen der technischen Realisierung des Wärmenutzungskonzeptes sah vor, die Verbrennungstechnik in einen 20 Fuß Container zu installieren und einen automatischen Betrieb, d.h. sowohl eine automatische Brennstoffzuführung als auch den automatischen Abbrand, zu gewährleisten.

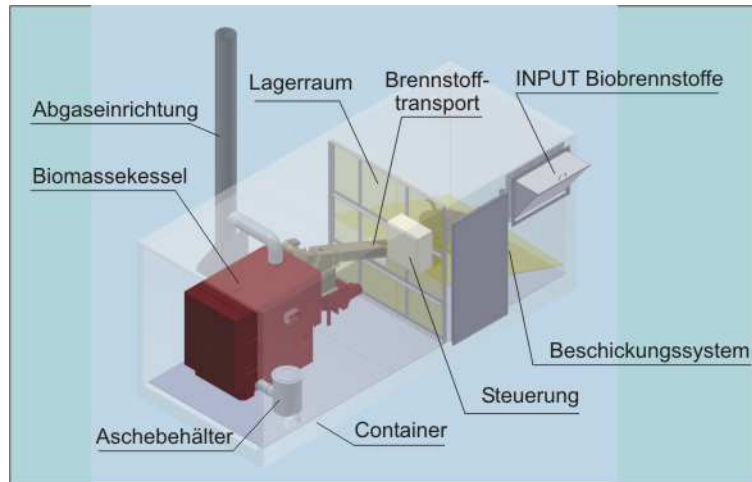


Abb. 53 3D-Layout Container mit Kessel- und Lagerraum

Nach einem ersten 3D Entwurf wurde der Container in den Kessel- und Lagerraum aufgeteilt. Im Lagerraum befindet sich ein Austragssystem mit Rundaustrag und integrierter Austragsschnecke für Biobrennstoffe. Dieses System ermöglicht eine zuverlässige automatische Beschickung der Brennkammer.

Zur technischen Umsetzung mussten im Vorfeld noch Betrachtungen zum Brandschutz, Schallschutz und Wärmeschutz getroffen werden, die nachfolgend erläutert werden:

➤ **Brandschutz**

Nach § 6 Absatz 3, sind Heizräume für feste Brennstoffe mit einer Nennwärmeleistung von > 50 kW in ihren tragenden Bauteilen feuerbeständig auszuführen, das heißt, eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten zu gewährleisten.

Diese Forderung der M-FeuVO bezüglich der Feuerwiderstandsdauer von Wänden der Heiz- bzw. Brennstofflagerräume dient dem Ziel, die Brandentstehung und Ausbreitung zu verhindern und Personenrettung sowie Löscharbeiten zu ermöglichen.

Bei einem frei stehenden Heizcontainer kann, durch einen entsprechenden Abstand zwischen Container und Gebäude, durch welchen die Brandausbreitung verhindert wird, auf eine feuerbeständige Ausführung der tragenden Konstruktion einschließlich ihrer Verkleidung gemäß Schreiben TMBV vom 26.02.2007 verzichtet werden.

Die vorliegende Konstruktion wurde ohne Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer konzipiert. Bei Verringerung der Gebäudeabstände / Anbauten sind zusätzliche

brandschutztechnische Maßnahmen zu ergreifen (Ausführung Decken, Wände in F 90, Einbau von Brandschutzklappen in Rohrleitungen).

Die Änderungen und standortspezifischen Anpassungen bedürfen der bauaufsichtlichen Genehmigung.

➤ **Schallschutz**

Für die Anlagentechnik liegen gegenwärtig keine Angaben zu Schallpegeln vor. Auf entsprechende Nachweise wurde daher in der Bearbeitung verzichtet. Bei Überschreitung der zulässigen Schallpegel in den nach BauNVO festgelegten Baugebieten sind die notwendigen Schallschutzmaßnahmen zu ergreifen.

➤ **Wärmeschutz**

Der Mindestwärmeschutz ist konstruktiv gewährleistet. Die Dämmschicht wird mit einer Stärke von $d = 6 \text{ cm}$ und einer Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ in der Wand gewährleistet.

Die technische Realisierung des Projektes „Wärmeerzeugungsanlage“ erfolgte in einem gedämmten 20 Fuß Container mit entsprechenden räumlichen Einrichtungen und einem doppelwandigen Abgassystem aus Edelstahl (300 mm Wanddicke, 6 m Gesamthöhe). Die nachfolgende Abbildung zeigt den Heizcontainer neben der Halle 4 (zum Zeitpunkt der Berichterstattung).



Abb. 54 Containeranlage an Halle 4



Abb. 55 Heizraum mit Aschebehälter

Die Wärmeabnahme wurde zu Demonstrationszwecken vorerst in der Halle 4 durch einen Wasser / Luftwärmetauscher organisiert. Hiermit kann im Innenraum eine Temperierung auf bis zu $15^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}$ realisiert werden und technologische Wärme bereitgestellt werden (Farbgebung usw.).



Abb. 56 Wärmetauscher in Halle 4

Die ersten Versuche nach der Inbetriebnahme wurden mit Holzhackschnitzeln als Regelbrennstoff durchgeführt, um den Angaben des Herstellers gerecht zu werden.

Die Versuche mit dem Einsatz von Presslingen aus Gärresten konnten im weiteren Verlauf der Testungen realisiert werden.

2.4.1 Verbrennung / Emission

Einhergehend mit dem Aufbau der Wärmeerzeugungsanlage erfolgten eingehende Prüfungen in Verbindung mit den einzusetzenden Biobrennstoffen im Blick auf Emissionsverhalten und der Konformität mit den aktuell geltenden Richtlinien der TA Luft. Die Anlagen Ofen / Elektrofilter wurden in Zusammenarbeit zwischen ILK Dresden und der LEHMANN Maschinenbau GmbH im Rahmen eines Forschungsthemas konzipiert, gebaut und erprobt. Dies gilt auch für die Stoffzusammensetzung.

In der Bundesrepublik Deutschland sind die Brennstoffe für Feuerungsanlagen in den Bundes –Immissionschutz – Verordnungen (BImSchV) geregelt bzw. festgelegt.

Die 1. BImSchV regelt Errichtung und Betrieb von nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen. Dazu zählen Holzfeuerungsanlagen bis zu einer Feuerungswärmeleistung von weniger als 1 MW und Feuerungsanlagen für sonstige Biomassefeuerungsanlagen bis zu einer Feuerungswärmeleistung von weniger als 0,1 MW. Die Verordnung enthält eine abschließende Liste von Brennstoffen, die in entsprechenden Feuerungsanlagen eingesetzt werden können. Dazu zählen Stroh, strohähnliche Brennstoffe

und Getreide, außerdem ist unter bestimmten Bedingungen der Einsatz weiterer Biomassebrennstoffe möglich.

➤ **Neufassung der 1. BImSchV und Geltungsbereich der TA Luft**

Mit der vom Bundeskabinett am 20. Mai 2009 beschlossenen und mit Veröffentlichung im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 4, ausgegeben zu Bonn am 1. Februar 2010 in Kraft getretenen „Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV“ vom 26. Januar 2010 Novelle der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV) werden die Vorgaben für Öfen und Heizungen, in denen feste Brennstoffe, wie beispielsweise Holz, verfeuert werden, zum ersten Mal seit mehr als 20 Jahren an die technischen Weiterentwicklungen bei der Verringerung der Schadstoffemissionen angepasst.

Die 1. BImSchV bietet grundsätzlich die Möglichkeit zum Einsatz von unterschiedlichen Biomassen und Landschaftspflegematerial in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen. Allerdings wurden die Emissionsgrenzwerte abgesenkt und die insbesondere strengeren Grenzwerte für Staub sind ohne zusätzliche Filtertechnik nur schwer einzuhalten (Kostenfaktor). Die bisher zugelassenen Brennstoffe, wie Miscanthus und Heu, stehen nicht explizit im Verordnungstext, werden allerdings der Nr. 8 (...ähnliche Stoffe) mit zugerechnet.

Andere Bio- Brennstoffe, oder auch Pellets und Mischpellets, sind dann zugelassen, wenn beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb keine höheren Emissionen an Dioxinen, Furanen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen als bei der Verbrennung von Holz auftreten; dies muss mindestens durch ein [einjähriges](#) Messprogramm an den für den Einsatz vorgesehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden. Auch die Einhaltung der Grenzwerte ist über ein [einjähriges](#) Messprogramm nachzuweisen. Damit ist hier zunächst eine Hürde für die Einführung spezieller Biomasse- Brennstoffe gesetzt.

Gärreste, welche unter der Kategorie „sonstige nachwachsende Rohstoffe“ nach § 3 1.BImSchV Absatz (1) Nr. 13 einzuordnen sind, müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- für den Brennstoff müssen genormte Qualitätsanforderungen vorliegen,
- die Emissionsgrenzwerte nach Anlage 4 Nummer 2 müssen unter Prüfbedingungen eingehalten werden,
- beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb dürfen keine höheren Emissionen an Dioxinen, Furanen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen als bei der Verbrennung von Holz auftreten; dies muss durch mindestens ein [einjähriges](#) Messprogramm an den für den Einsatz vorgesehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden,

- beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb müssen die Anforderungen nach § 5 Absatz 1 eingehalten werden können; dies muss durch mindestens ein einjähriges Messprogramm an den für den Einsatz vorgesehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden.

Folgende Grenzwerte müssen nach Anlage 4 Nummer 2 der 1. BImSchV eingehalten werden:

Tabelle 26 Grenzwerte für nach Nr. 8 und 13 benannten Brennstoffen in § 3 Absatz 1 der 1. BImSchV (Prüfstandsmessungen)

Dioxine und Furane:	0,1 ng/m ³
Stickstoffoxide:	
Anlagen, die ab dem 22. März 2010 errichtet werden:	0,6 g/m ³
Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2014 errichtet werden:	0,5 g/m ³
Kohlenstoffmonoxid:	0,25 g/m ³

Einzuhalten sind weiterhin im Betrieb der Anlagen folgende Grenzwerte:

Tabelle 27 Grenzwert- Vorgaben für die Emission von Kleinkessel (unter 1 MW) nach § 5 der 1.BImSchV

	Brennstoff	Nennwärmeleistung [kW]	Staub [mg/m ³]	CO[g/m ³]
Stufe 1: ab 22.03.2010	Nr. 1–3a	≥ 4–500	90	1,0
		> 500	90	0,5
	Nr. 4 und 5	≥ 4 – 500	100	1,0
		> 500	100	0,5
	Nr. 5a	≥ 4 – 500	60	0,8
		> 500	60	0,5
	Nr. 6 – 7	≥ 50 –100	100	0,8
		> 100–500	100	0,5
		> 500	100	0,3
	Nr. 8 und 13	≥ 4–100	100	1,0
Stufe 2: nach dem 31.12.2014	Nr. 1 – 5a,	≥ 4	20	0,4
		≥ 30 – 500	20	0,4
	Nr. 6 – 7	> 500	20	0,3
		Nr.8 und 13	≥ 4 <100	20

Wenn künftig Heizkessel mit weniger als 0,1 MW Feuerungsleistung auch für Gärrest-Brennstoffe eingesetzt werden sollen, müssen die neuen Grenzwerte der 1. BImSchV zu

Grunde gelegt werden. Um dem Rechnung zu tragen ist ein völlig neues Kessel- Konzept erforderlich, welches den Anforderungen von Gärrest- Brennstoffen an die Verbrennungstechnik Rechnung trägt.

Dazu wurden vom ILK Dresden Untersuchungen durchgeführt, welche im Fachbericht ILK-B-33-09-1485 dargestellt wurden. Einige Auszüge daraus werden nachfolgend im Zusammenhang mit der thermischen Verwertung der Reststoffe der Biogasanlage diskutiert.

➤ **Untersuchungen zur thermischen Nutzung von Gärrest- Pellet- Brennstoffen**

▪ **Brennstoffart / Brennstoffzuführung**

Biomasse- Brennstoffe weisen Besonderheiten auf, die sich auf die Verbrennung auswirken und auch bei der Gestaltung von Feuerungseinrichtungen mit beachtet werden müssen. Dies sind vor allem der höhere Ascheanteil und der oft hohe Anteil flüchtiger organischer Stoffe. Für die Schaffung günstiger Verbrennungsbedingungen sind somit ein ausreichend dimensionierter Feuerraum, eine Entgasungszone und eine gut wärmeisolierte Nachbrennkammer erforderlich, um einen entsprechenden Umsatz des Brennstoffpotentials zu erreichen. Im Versuch wurde dies umgesetzt und eine Verbrennungseinrichtung gemäß dieser Grundvoraussetzungen für die Verbrennungsuntersuchungen genutzt. Abb. 57 zeigt einen Einblick in die Entgasungszone und den Feuerraum der Verbrennungseinrichtung, welche für die Verbrennungsversuche genutzt wurde.



**Abb. 57 Brennstoffeinschub und Feuerraum –
Verbrennungsversuch Gärrest 8 mm**



**Abb. 58 Eingesetzte Brennstoffpalette –
Gärrest- Pellet 34 mm**

Abb. 58 verdeutlicht das Wesentliche bei der Konzeption einer geeigneten Verbrennungseinrichtung: Nach einer Entgasungszone, in welche zur NOX- Minderung auch heißes Rauchgas zurückgeführt wird, brennt das erwärmte und entgaste Brennmaterial auf breiter Front ab.

In enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Luft und Kältetechnik gGmbH wurden entsprechende Messungen im Abgasbereich organisiert und in zahlreichen Versuchen durchgeführt. In den Versuchen wurde festgestellt, dass sich die Gärreste pelletiert in größere Pellets mit Durchmesser 34 mm besser verbrennen lassen. Offenbar ist die Schütt- und Brennstoffdichte im Brennraum bei den 8 mm Pellets zu groß. Allerdings waren die Staubemissionen bei den großen Pellets höher. Hier sind sicherlich noch Möglichkeiten der Optimierung der Brennstoff- Konfiguration notwendig.

Im Zusammenhang mit dem Verbrennungsverhalten von Gärrest- Pellets ist auch das Emissionsverhalten zu betrachten. Die Pellet zeigten in der Anfeuerungsphase ein ungünstiges Entzündungsverhalten und einen hohen Anteil an Schadstoffen, was sich im Temperatur- und Leistungsverhalten, aber auch in den Schadstoffkonzentrationen widerspiegelte.

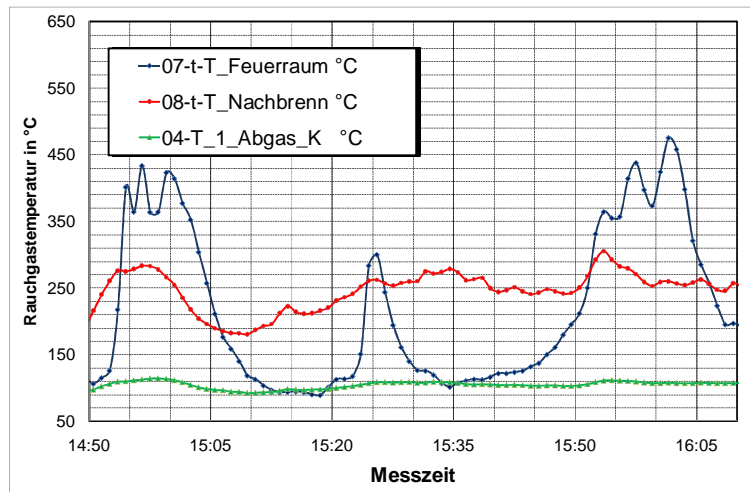


Abb. 59 Temperaturverhalten des Rauchgases bei der Verbrennung von Gärrest

Abb. 59 zeigt den Temperaturverlauf in Feuer- und Nachbrennraum. Bei einer Zugabe von Brennstoff sinkt die Temperatur schnell ab. Es ist sehr schwierig hier stabile Verbrennungsbedingungen zu realisieren; dies schlägt sich dann auch im Verlauf der Emission nieder.

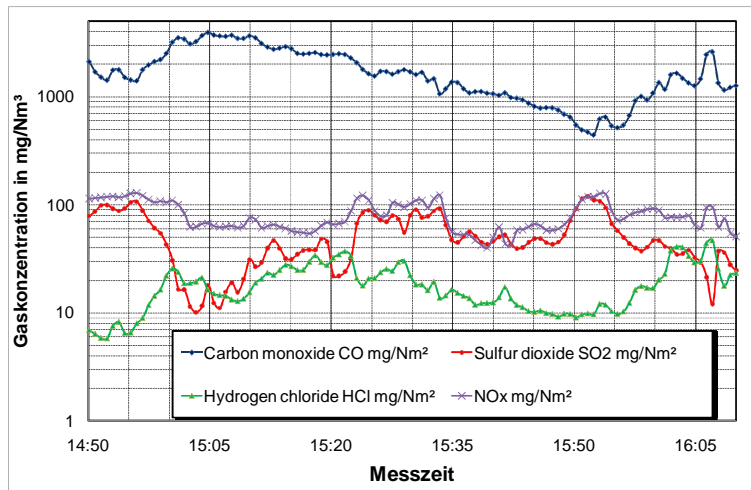


Abb. 60 Zeitlicher Verlauf der Gaskonzentration bei der Verbrennung von Gärrest- Pellet

Da auch keine hohen Verbrennungstemperaturen erreicht werden konnten, war die Verbrennung unvollständig. Das CO konnte nicht umgesetzt werden und es kam zur Russbildung. Die Unterschiede im Schadstoff- Spektrum beim direkten Vergleich von Gärrest- und Holzhackschnitzel-Brennstoff sind im nachfolgenden Diagramm gegenübergestellt. Insbesondere kommt es bei der Verbrennung von Gärresten zu einer verstärkten Freisetzung von Ammoniak und Methan, was sich auch in einer Geruchsbelästigung äußert. Hier muss mit entsprechenden Gegenmaßnahmen eine Emissionsminderung erreicht werden.

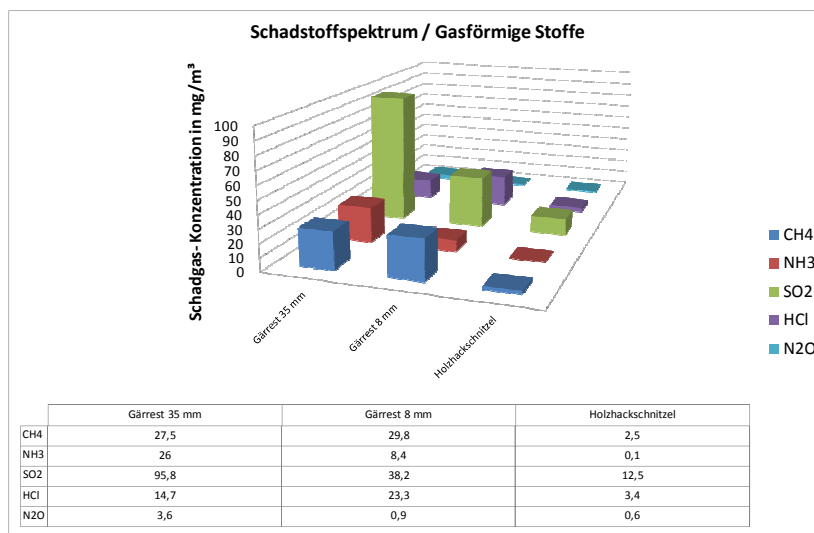


Abb. 61 Gasförmige Schadstoffe im Abgas bei der Verbrennung von Gärresten im Vergleich mit der von Holz

Das Gesamtergebnis der Versuchsmessungen in der LEHMANN Maschinenbau GmbH ist in Tabelle 28 im Überblick dargestellt.

Tabelle 28 Überblick der Versuchsergebnisse

Werte Feldmessung		Konzentration des jeweiligen Abgasbestandteiles in mg/Nm ³ trockenes Abgas							
Brennstoff	Leistung kW	CO ₂ (in Vol%)	CO	SO ₂	NO _x	HCl	CH ₄	N ₂ O	Staub
Hackschnitzel	30	4,8	160	13	52	3	3	1	54
Gärreste 35 mm	15	3,5	1555	88	83	13	24	4	142
Gärreste 8 mm	15	2,3	2753	38	75	23	30	0	32

Die Messwerte in Tabelle 28 wurden im Rahmen einer Messkampagne zum Vergleich der Brenneigenschaften von Gärrest- Pellets erzielt.

Dabei wurden Messungen nach TA Luft zu den in der Tabelle dargestellten Parametern durchgeführt. Es wurden jeweils 3 Halbstundenmittelwerte bestimmt. Die in Tabelle 28 enthaltenen Werte repräsentieren das arithmetische Mittel der Halbstundenmittelwerte.

Für die Ermittlung der Staubkonzentration wurde das Messverfahren nach VDI 2066 angewandt.

„Die hohe CO- Konzentration zeigt, dass die Verbrennung unvollständig ist.

Durch das im Vergleich zu Hackschnitzel schlechtere Verbrennungsverhalten der Gärreste ist die erzielte thermische Leistung nur halb so groß (vgl. Spalte 2). Damit kommt es auch zu einer Verringerung der Abgasmenge und einer geringeren Strömungsgeschwindigkeit im Abgassystem. Dadurch steigt auch die Effizienz des Elektrofilters; weiterhin ist auch die eingesetzte Brennstoffmenge geringer, so dass auch primär eine geringere Staubfracht zu erwarten ist.“ [ILK Dresden]

Es ist perspektivisch geplant, die Anlagentechnik an den Standort der LEHMANN Maschinenbau GmbH in Pöhl zur Erzeugung der Grundlast für eine neu zu errichtende Montagehalle zu verlegen. Als Brennstoff sollen hier Holzhackschnitzel zum Einsatz kommen. Hier gilt Holz als Regelbrennstoff. Messungen nach 1. BImSchV erfolgen dann wiederkehrend alle 2 Jahre.



Abb. 62 Versuchsaufbau des elektrostatischen Nassabscheiders

Im Ergebnis der Messungen wurden Methoden der kombinierten Gas- und Staubabscheidung diskutiert. Den Vorzug erhielt ein Verfahren der Nass- Elektro- Filtration. Auf Basis einer Ionisierung in Verbindung mit einer Taupunkt- Unterschreitung an den Niederschlagsflächen kann eine Staubreduktion auf Werte unter 20 mg/m^3 erreicht werden. In Verbindung mit der Eindüsung von Prozesswasser können auch Ammoniak und HCl um über 70 % reduziert werden.



Abb. 63 Abscheider bei Feldmessung



Abb. 64 Strom- und Spannungs- Kennwerte für den Abscheider (10 kV/ 4 mA)

Durch die spezielle Gestaltung konnte eine hohe Ionisierungs- und Abscheideleistung erreicht werden, bei gleichzeitig niedrigem Energieverbrauch.

Allein durch die intensive Kühlung des Rauchgases und die daraus resultierende Abscheidung von Kondensat konnte eine Reduktion von Rauchgas- Inhaltsstoffen erreicht werden. Durch die zusätzliche Eindüsung von Waschwasser wird dieser Effekt so unterstützt, dass Abscheidegrade von über 70 % erreicht werden.



Abb. 65 Kondensatbildung / -ablauf bei der zyklischen Entleerung

Die nachfolgenden Messprotokolle dokumentieren [die Staubgehalte im Reingas nach Elektrofilter nach VDI 2066](#).

Staubkonzentrationsmessung Erwin Sick Optic Electronic
 Versuchsprotokoll zur gravimetrischen Staubmessung

Staubkonzentrationsmessung Erwin Sick Optic Electronic
 Versuchsprotokoll zur gravimetrischen Staubmessung

Datei : M1_1.SMP Staubhüben-Nummer : 115-217

Datei : M1_2.SMP Staubhüben-Nummer : 80-593

Anlage : Kessel
 Meßort : Helmsgrü
 Versuchsleiter : Heidenreich

Anlage : Kessel
 Meßort : Helmsgrü
 Versuchsleiter : Heidenreich

Bemerkungen :
 Gärreste 35 mm

Bemerkungen :
 Gärreste 8 mm

Konstanten und Eingabeparameter

Konstanten und Eingabeparameter

Luftdruck	mbar]	981	Luftdruck	mbar]	981
Normaldichte	kg/m ³]	1.3	Normaldichte	kg/m ³]	1.3
Wasserdampf	%Vol]	07.0	Wasserdampf	%Vol]	07.0
Sauerstoff	%Vol]	17	Sauerstoff	%Vol]	17
Sauerstoff Bezug	%Vol]	13	Sauerstoff Bezug	%Vol]	13
Kanalquerschnitt	m ²]	0.020	Kanalquerschnitt	m ²]	0.020
Absaugdurchmesser	mm]	11.5	Absaugdurchmesser	mm]	8.00
Absaugzeit pro Meßpunkt	h:m:s]	30 7	Absaugzeit pro Meßpunkt	h:m:s]	30 7
Staubhüben-Leergewicht	mg]	19045.35	Staubhüben-Leergewicht	mg]	17483.94
Staubhüben-Ges.gewicht	mg]	19102.83	Staubhüben-Ges.gewicht	mg]	17491.02

Auswertung

Auswertung

Volumenstr. (Teilgasstrom)	m ³ /h]	1.287	Volumenstr. (Teilgasstrom)	m ³ /h]	0.897
abges.Volumen i.B.	m ³]	0.507	abges.Volumen i.B.	m ³]	0.274
abges.Volumen i.N.feucht	m ³]	0.434	abges.Volumen i.N.feucht	m ³]	0.234
abges.Volumen i.N.trocken	m ³]	0.404	abges.Volumen i.N.trocken	m ³]	0.218
Volumenstrom i.B.	m ³ /h]	267.7	Volumenstrom i.B.	m ³ /h]	267.7
Volumenstrom i.N.feucht	m ³ /h]	229.3	Volumenstrom i.N.feucht	m ³ /h]	229.3
Volumenstrom i.N.trocken	m ³ /h]	213.2	Volumenstrom i.N.trocken	m ³ /h]	213.2
Ges.Absaugzeit	h:m:s]	38 23	Ges.Absaugzeit	h:m:s]	17 18
Staubmasse	mg]	57.5	Staubmasse	mg]	7.1
Staubgehalt i.B.	mg/m ³]	113.3	Staubgehalt i.B.	mg/m ³]	25.9
Staubgehalt i.N.feucht	mg/m ³]	132.3	Staubgehalt i.N.feucht	mg/m ³]	30.2
Staubgehalt i.N.trocken	mg/m ³]	142.3	Staubgehalt i.N.trocken	mg/m ³]	32.5
bei 13 % Sauerstoff	mg/m ³]	284.6	bei 13 % Sauerstoff	mg/m ³]	65.0
Staubmassenstrom	kg/h]	0.030	Staubmassenstrom	kg/h]	0.007
Extinktion	[mA]	0.00	Extinktion	[mA]	0.00

Abb. 66 Messprotokolle zum Grad der Staubabscheidung

2.4.2 Betriebserfahrung / Optimierung der Brennstoffeigenschaften

Die Verbrennungsversuche mit Gärrest- Brennstoffen verschiedener Art (8 mm, 35 mm) wurden in gesonderten Testreihen durchgeführt. Im Vorversuch wurde das Emissionsniveau ermittelt und eine günstige Kesseleinstellung für Holz nachgewiesen. Bei den Verbrennungsversuchen wurden sowohl das Abbrandverhalten, als auch die entstehenden Emissionen in Form von gas- und partikelförmigen Schadstoffen bewertet.

Auf Grundlage der durchgeführten Versuche kann zusammenfassend festgestellt werden:

- Die eingesetzten Brennstoffe weisen ein sehr unterschiedliches Verbrennungsverhalten und Emissionsniveau auf. Es wurde keinerlei Verschlackung des Brennraumes mit den damit verbundenen Problemen im Staubaustrag und Brennverhalten festgestellt.
- Durch den Einsatz eines dem Kessel nachgeschalteten elektrostatischen Nassabscheiders mit Brennwertnutzung konnten niedrige Staubemissionen im Bereich um 30 mg/Nm³ erreicht werden. Es konnte bei einem Durchlauf von 2 l/min eine Nieder- Temperatur- Wärme von zusätzlich 5 kW ausgekoppelt werden.
- Für die Regelung des Kessels wurde ein Unterdruck in der Vorbrennkammer von 12 Pa vorgegeben.

Die thermische Verwertung von Gärresten konnte im Rahmen der Messungen noch nicht vollständig positiv beurteilt werden. Das Verbrennungsverhalten wurde schlechter als bei Holz eingeschätzt. Zudem entstehen, bedingt durch den Einsatzstoff Gärrest, geruchsintensive Emissionen.

Durch entsprechende Maßnahmen und Optimierungen ist das Brennstoff- Design noch im Bezug auf das Zündverhalten zu verbessern. Hinsichtlich der Emissionsminderung von Staub bietet der konzipierte Filter eine hervorragende Möglichkeit. Sicherlich besteht auch die Möglichkeit, bereits im Fermentationsprozess auf eine Minderung von Geruchsemissionen durch Beimischung entsprechender Einsatzstoffe einzugehen.

Wir schätzen ein, dass zur Lösung der Probleme noch weiterer Forschungsbedarf besteht. Es gibt derzeit am Markt keinerlei Erfahrungen zu den Problemen einer thermischen Verwertung von Gärresten in Biomassekesseln < 100 kW.

2.4.3 Vermarktung Biomassepresslinge / Düngestoffe

Eine Vermarktung der Biomassepresslinge kann je nach Markterfordernissen in zwei Schwerpunkte ausgebaut werden.

➤ Schwerpunkt Düngemittel

Die LEHMANN Maschinenbau GmbH als Betreiber der BGA Pöhl ist auf langfristige Verträge mit Landwirten aus der Umgebung für die Beschaffung von Substraten angewiesen. Dieser Tatsache geschuldet ist eine fast 100% Rücknahme der Gärreste durch die Lieferanten. Es handelt sich hierbei um ein Gesamtpotential von ca. 6.000 m³ an Gärresten im Jahr, deren Abnahme sich in zwei Kampagnen (Frühjahr / Herbst) gliedert.

Teilweise wurden Verträge zur kostenlosen Rücknahme ausgehandelt. Hier wurde und wird der dungwerte Vorteil in Form von Mehrleistungen an Substratlieferungen verrechnet. Die Entnahme der Gärreste erfolgt durch die Landwirte direkt aus dem Endlager.

Eine weitere Aufwertung der Gärreste zu Düngestoffen wird daher im Vermarktungskonzept eine signifikante Rolle spielen.

flüssige Gärrestverwertung:



LM102802EL				
Probeherkunft:	Endlager Lehmann Maschinenbau Pöhl			
Probenahme:	28.02.2010			
Erfasste Parameter	Messwert	Sollwert	Einheit	Verfahren
Gärtemperatur (vor Ort)	27,3	35 - 55	°C	Temp. Fühler
pH - Wert	8,03	7,5 - 8,3	[-]	DIN 38404-C5
Ammonium - Stickstoff (NH ₄ -N)	3145	2000 - 6000	mg/L	DIN 38406-E5
Trockensubstanz (TS)	5,73	5,0 - 10,0	%	DIN 38414-S3
Org. Trockensubstanz (OTS)	65,97	40 - 86	% der TS	DIN 38414-S3
Gesamtstickstoff (N-ges)	7050		mg-N/L	photometrisch
Gesamtsphosphat (P2O5)	913		mg-P2O5/L	photometrisch
Kalium (K2O)	5460		mg-K2O/L	photometrisch

uB: unter Bearbeitung; uN: unter Nachweißgrenze; nB : nicht bestimmt;

Abb. 67 Düngewert-Protokoll Endlager BEP

Ziel ist es, auch flüssige Gärreste durch Verkauf am Markt zu platzieren. Ausgehend von den Analysewerten wurde der zu erzielende Marktpreis im Vergleich zum vorhandenen Dungwert ermittelt. Die nachfolgende Tabelle zeigt auf, dass es durchaus möglich wäre ca. 10,- € pro m³ Gärrest zu erzielen. Der derzeitige Marktpreis im Vogtlandkreis liegt jedoch bei ca. 8,- € pro m³.

Hierzu wurden bereits auch Verträge mit potentiellen Abnehmern gestaltet.

Tabelle 29 Berechnung des Gärrestpreises (flüssig / Fugat)

	mg/l	kg/m ³	Preis kg/m ³	Preis/ m ³
Gesamtstickstoff (N-ges)	7050	7,05	0,67 €	4,72 €
Gesamtphosphat (P2O5)	913	0,913	1,40 €	1,28 €
Kalium (K2O)	5460	5,46	0,75 €	4,10 €
				10,10 €

➤ **Schwerpunkt Biomassebrennstoffe**

Recherchen und auch direkte Anfragen haben ergeben, dass das Nachbarland Polen ein Gesetz über den Einsatz Erneuerbare Energie Quellen (EEQ) installiert.

Für die Jahre 2011 – 2014 ist das Hauptziel im Bereich der Entwicklung von EEQ die Erhöhung des Energieanteils aus erneuerbaren Quellen in der Brennstoff-Energie-Bilanz des Landes auf 7,5 % im Jahr 2010, auf 15 % im Jahr 2020 und auf 20 % im Jahr 2030, in der Verbrauchsstruktur primärer Energieträger (Quelle: Wirtschaftsministerium) zu erreichen.

Ein Großteil der zum Zwecke der Wärme- bzw. Elektroenergieerzeugung benötigten Energieträger sollen aus nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) gestellt werden. Hier werden u.a. halmartige Rohstoffe wie Stroh aber auch holzartige Stoffe in Steinkohlekraftwerken einer Wirbelschichtverbrennung im Gemisch mit Kohle beigemischt. Gärreste eignen sich als Presslinge im Gegensatz zu Stroh hervorragend im dortigen Einbringverfahren, der im vorangestellten Zerkleinerungsprozess (Kugel- oder Hammermühle) gemeinsam mit der Kohle zu einem homogenen und blasbaren Medium aufgearbeitet und anschließend vermischt wird. Stroh nimmt bei diesem Prozess durch seine physikalischen Eigenschaften enorme kinetische Energie auf, so dass eine wirtschaftliche Gestaltung dieses Prozesses nicht gegeben ist. Außerdem stellt Stroh in der Bevorratung ein wesentlich höheres Volumenverhältnis bezogen auf die eingesetzte Masse dar (ca. 35 – 40

kg/m³). Die verdichteten Gärreste haben in etwa ein Schüttgewicht um 400 kg/m³ im lagerstabilen Zustand (Restfeuchte ca. 12%).

Aufgrund dieser günstigen stofflichen und auch energetischen Eigenschaften der Gärrestpresslinge zeigen polnische Energieerzeuger besonderes Interesse an diesen Stoffen aus Deutschland.

Spezielle Anfragen eines Händlers aus dem Raum Hamburg ergaben, dass pro Tonne Biomasse ein Marktpreis von 45,- € bis 50,- € ab Werk zu erzielen sei. Die Biomasse muss stapelbar sein und einen lagerstabilen TS Gehalt um <12% besitzen.

Für diesen Einsatzfall wurde mit der Kompaktieranlage eine Menge von ca. 5 Tonnen hergestellt und für Versuche bereitgestellt. Die Verprobungen ergaben, dass der bereitgestellte Gärrest hervorragend in den Kesseln des polnischen Energieerzeugers eingesetzt werden konnte.

Weitere Einzelheiten lagen zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht vor.

2.4.4 Erkenntnisse und Entwicklungspotentiale

Ausgehend von den Beschreibungen der Projektschwerpunkte „Brikettieranlage“ und „Verbrennungsanlage“ lassen sich folgende Potentiale zur weiteren Verfahrens- und Produktentwicklung ableiten:

Kleintechnische Anlagen zur energetischen Nutzung von Gärrestprodukten haben ein Problem der Emission von Gerüchen, die durch die Ammoniakbelastung der Gärprodukte entstehen. Hier muss bereits im Fermentationsprozess verfahrenstechnisch begonnen werden, eine Ammoniakreduzierung durchzuführen. Derzeit ist ein Verfahren zur Ammoniakstripping in nur einer Biogasanlage in Bremerhaven realisiert. Dieses Verfahren wurde von der GNS mbH Halle entwickelt und schafft eine nahezu 98%ige Entfernung des Ammoniaks durch Zugabe von REA Gips. Durch den chemischen Prozess entsteht Ammoniumsulfat in kristalliner Form, das bei der Verbrennung keine Emissionen verursacht, sondern sich in der Asche wieder findet und somit einen dungwerten Vorteil hat.

Hierzu gibt es noch weiteren Forschungsbedarf für kleinere Biogasanlagen < 500 kW_{el}

Auch die Bindung von H₂S und Ammoniak, zum Beispiel durch flüssige Additive, ist ein denkbarer Ansatz. Dabei soll Ammoniak in Ammoniumsulfat gebunden werden. Hier stehen noch Versuche beispielsweise mit Deuto Clear Sulfo von der Firma Luckeneder aus. *Hierzu gibt es ebenfalls noch weiteren Forschungsbedarf.*

Weiterhin können Gärreste auch mit energiereichen Fraktionen aus Landschaftsschnitt aufgewertet werden. Hierbei erscheint gleichzeitig eine Nutzung dieser bis dato nur zur Kompostierung verwendeten Naturprodukte sinnvoll. Zu untersuchen ist, inwieweit kann durch Holzbeimischung die Zündfähigkeit, das Brenn- und das Emissionsverhalten gebessert und Grenzwerte sicher eingehalten werden.

Hierzu gibt es auch noch weiteren Forschungsbedarf

2.5 Wärmenutzungsanlage

2.5.1 Wärmemengen und deren Nutzung

Die nutzbare Abwärme der beiden BHKW wird für folgende Prozesse verwendet:

- Erwärmen des einzubringenden Substrates auf 39 -42°C
Wärmenutzung in der eigentlichen Biogaserzeugung – siehe auch Pkt. 2.2.2
= W 1; 8; 9; 10; 11 in Tabelle 30
- Trocknungsprozesse allgemein
= W 4; 5; 6; in Tabelle 30;
- Wärmenutzung für die Herstellung von Biobrennstoffen und Biodünger -
- siehe auch Pkt. 2.3 Brikettieranlage als Demo-/ Versuchsanlage für Brennstoffe
= W 4; 5; in in Tabelle 30
- Heizung von gewerblichen Gebäuden sowie des Sozialgebäudes
= W 2; 3; 7 in Tabelle 30

Auf Anlage 3 ist erkennbar, woher die Wärme zur Nutzung kommt (BHKW in Halle 2) und wo sich die in den nachfolgenden Punkten beschriebenen Stellen der Wärmenutzung befinden.

Anhand der Anlagen 1, 2, 3 sind die Zusammenhänge insbesondere auch für die Wärmenutzung deutlich erkennbar und sollten zum guten Verständnis aller entsprechenden Beschreibungen des Berichts mit herangezogen werden.



Abb. 68 BHKW



Abb. 69 Abwärmesystem an den BHKW I und BHKW II

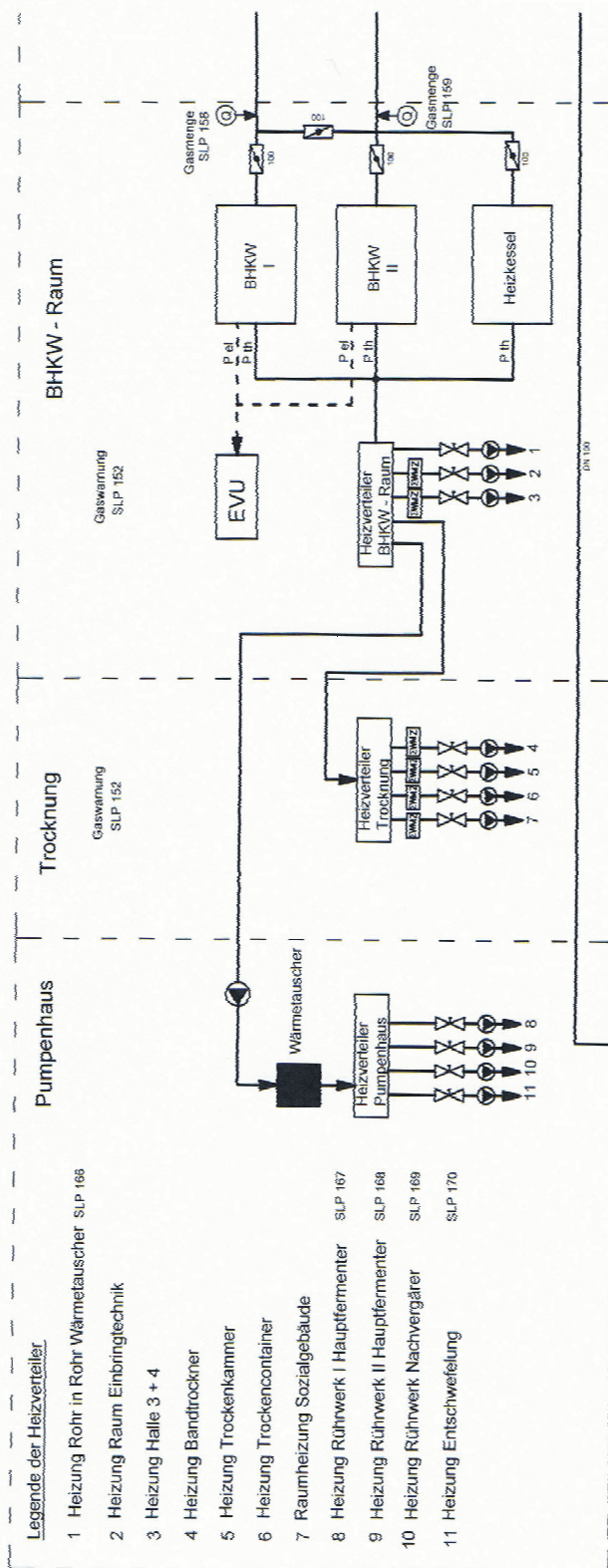


Abb. 70 Heizverteiler

2.5.2. Wärmenutzung für die Biogaserzeugung

Die Erwärmung des Gärsubstrates erfolgt durch Rohr – in – Rohr – Wärmetauscher.



Abb. 71 Rohr- in - Rohr – Wärmetauscher



Abb. 72 Rohr - in - Rohr - Wärmetauscher

Die in Tabelle 30 - mit W 1 gekennzeichnete Wärme wird für diesen wesentlichen Prozess der Biogaserzeugung benötigt und muss unabdingbar im Interesse der Prozesssicherheit ständig verfügbar sein. Ein weiterer Teil der Wärme ist notwendig, um optional in der selbst entwickelten Entschwefelungsanlage die Waschflüssigkeit auf dem Temperaturniveau zu halten, das dieser Vorgang der Entschwefelung des Biogases benötigt. (Siehe auch Ausführungen zum BioPeak - Verfahren auf Seite 30.)

Weiterhin wird in Heizflächen an den Schachtrührwerken Wärme eingebracht.

2.5.3. Bandrockner

Der Bandrockner ist der Verbraucher, der einen großen Anteil der Wärmemenge benötigt (W 4 –Tabelle 30).

Anhand der nachfolgenden Abbildungen ist erkennbar, auf welche Weise die Wärmenutzung zur Trocknung mittels des Plattenband – Trockners erfolgt.



Abb. 73 Trockengut im Dosierer



Abb. 74 Ein- und Ausgangsseite des Bandrockners



Abb. 75 Wärmeverteilerbalken

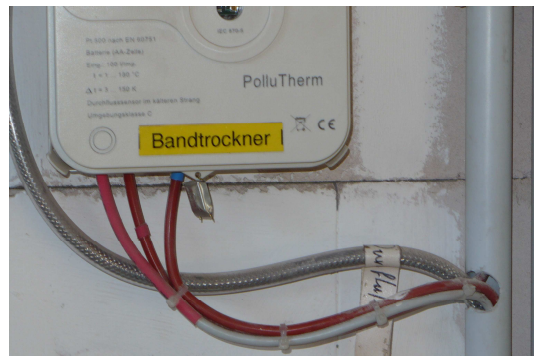


Abb. 76 Wärmezählersteuerung Bandrockner



Abb. 77 Wärmezähler – Bandrockner



Abb. 78 Wärmetauscher und Zuluftkubus für den Bandrockner



Abb. 79 Abluftsystem des Bandtrockners

Das rege Interesse bei Besichtigungen und auf Messen an dem vorliegenden Trockner belegt den großen Bedarf an solcher Technik, die die Abwärme in zusätzlichen Gewinn wandelt. Es zeigt eine Lösung für die Nutzung von Überschusswärme.

Die vorliegende Maschine ist darüber hinaus so ausgelegt, dass unterschiedliche Trocknungsgüter bearbeitet werden können.



Abb. 80 Steuerung

Die Ausstattung mit einer entsprechenden Steuerung gestattet wesentliche Parameter des Trocknens wie Temperaturbereiche, Durchlaufgeschwindigkeiten und Luftmengen zu steuern.

2.5.4. Trockenkammer

Die in Tabelle 30 mit W 5 gekennzeichnete Wärmemenge wird in der Trockenkammer für die Trocknung von Schüttgütern eingesetzt.



Abb. 81 Trocknungsgut (Sägespäne)



**Abb. 82 Trocknungsgut
(Kompaktate aus Gärrest)**

Diese Trockenkammer ist befahrbar. Das Trocknungsgut kann z.B. mit LKW oder Hängern in die Kammer gefahren und abgekippt werden. Das Aufnehmen erfolgt z.B. mittels Radlader mit Schiebeschaufeln.

Die Trocknungswarmluft wird über Wärmetauscher erzeugt.



Abb. 83 Wärmetauscher für Trockenkammer



Abb. 84 Steuerung für Trockenkammer

Vom Wärmetauscher wird die Luft in einen zentralen Bodenkanal gefördert und von dort in abgehende Bodenkanäle weiter verteilt.



Abb. 85 Hauptkanal

Diese Bodenkanäle sind mit speziellen luftdurchlässigen, aber befahrbaren Siebplatten abgedeckt. Das darauf lagernde Gut wird von der erwärmten Luft durchströmt und dabei getrocknet.



Abb. 86 Bodenkanal-Trockenkammer

2.5.5 Trockencontainer

Wärmemenge W 6 lt. Tabelle 30 wird zur Trocknung verschiedenster Güter verwendet.

Der Sinn und der Vorteil dieses Systems besteht darin, dass das zu trocknende Gut am Entstehungs- oder Füllort in diese Trocknungscontainer geladen werden kann und dorthin gebracht wird, wo die Trocknungswärme verfügbar ist. Ohne aus- oder umladen zu müssen, erfolgt dann in diesen Containern die Trocknung.

Bei der Trocknung von Holzhackschnitzeln und z.B. Getreide treten keine nennenswerten Abluftemissionen auf.

Bei der Trocknung von Gärresten zur Herstellung von Gärrestpresslingen treten in der Anlage ebenfalls keine nennenswerten Abluftemissionen auf. Der Grund hierzu liegt im Einsatz von Deuto-Clear®Sulfo in den Fermenter. Durch dieses Mittel wird eine hervorragende und nachhaltige Bindung giftiger Schwefelwasserstoff- und Ammoniakgase in den Gärsubstraten erzielt.

Das Verfahren des „Nasspelletieren“ des entstandenen Gärrestes hat den Vorteil des Bindens zur Emission neigender Stoffe durch den relativ hohen Anteil von Wasser.

Dadurch sind auch kleinere Aufkommensmengen an zu trocknendem Gut wirtschaftlich bearbeitbar.

Die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen sowohl die Wandlung der Wärme in Warmluft zum Trocknen als auch die Funktion der Trocknungscontainer selbst. Mittels Steuerung werden die wesentlichen Trocknungsparameter so eingestellt, dass ein günstiger Trocknungsprozess gefahren werden kann. Die wesentlichen stellbaren Parameter sind Temperatur, Luftmenge und Zeitdauer.



Abb. 87 Wärmetauscher mit Ventilator



Abb. 88 Steuerschrank



Abb. 89 Flexible Rohrverbindung zum Andocken der Trocknungsluft -Versorgung



Abb. 90 Einbauten Container (Luftführung)



Abb. 91 Einbauten Container (Luftführung)



Abb. 92 Einbauten Container (Luftführung)



Abb. 93 Trocknungscontainer

Gegenwärtig wird neben der Lohn-trocknung von Scheitholz die Zusammenarbeit mit einer Papierfabrik vorbereitet für das Trocknen von Reststoffen aus der Papierherstellung.

➤ **Deckungsbeitrag Trocknungscontainer**

Mittels Trocknungscontainer werden Holzhackschnitzel, die aus Durchforstungsholz und Landschaftspflegeschnitt gewonnen werden durch einen Lohnunternehmer angefahren, der mit den Hackschnitzeln eine Hackschnitzelheizung einer Schule im Nachbarort betreibt. Aller zwei Tage wird ein Trocknungscontainer mit ca. 30 m³ Rauminhalt an die Anlage flexibel angekuppelt und mit der Trocknungsenergie der Warmluft aus der BHKW-Abwärme beströmt.

Bis vor 10 Monaten wurde die Schule mit nassen Hackschnitzeln geheizt. Es kam dabei zu Protesten der Bevölkerung, weil die Geruchsemissionen in der Ortslage erheblich waren. Mit der Trocknung der naturbelassenen, nassen Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 50% auf ca. 20% wird ein Zugewinn an Energie von 20% ermöglicht und gleichzeitig die Geruchsemission soweit minimiert, dass keinerlei Beanstandung mehr vorliegen. Gleichzeitig ergibt sich daraus ein Deckungsbeitrag für BioEnergie Pöhl in Form des Verkaufs der Trocknungsenergie an den Lohnunternehmer.

Tabelle 31 Kosten-Analyse: Trocknung von Holzhackschnitzel im Container

Durchlauf/Ausstoß			
Input je Container			7,84 t naß
	Dichte		250 kg/m³
	Heizwert (37% WG)		31,36 m³/Container
			3 kWh/kg
Output je Container			6,82 t getrocknet
	Dichte		216 kg/m³
	Heizwert (27%WG)		3,7 kWh/Container
Wasserverdampfung			1,02 t/Container
Trocknungszeit/Container			165 h
Anzahl der Containertrocknungen/a			50 Container/a

Kosten				
Produktionskosten				
Rohstoffkosten - Beschaffung	EUR/t naß	0,00	0,00	EUR/Container
Personalkosten	1h/Container x 20EUR/h		20,00	EUR/Container
Energiekosten	0,7 kWh/h x 0,1 EUR/kWh x Tr.-Zeit		9,24	EUR/Container
Verschleißkosten	1000EUR/15000Bh x 165Bh		11,00	EUR/Container
Instandhaltungskosten	500EUR/50Wo		10,00	EUR/Container
Summe Produktionskosten			50,24	EUR/Container
				7,37 EUR/t out
				1,60 EUR/m³
Fixkosten				
	Neupreis	23.500 EUR		
Förderung		40%		
Abschreibung	in Jahren	10	1.410 EUR	EUR/a
Zinszahlungen	%	6.80%	959 EUR	EUR/a
Versicherungen Maschinenbruch			350 EUR	EUR/a
Miete			0 EUR	EUR/a
Summe Fixkosten			2.718,80	EUR/a
			54,38	EUR/Container
				1,73 EUR/m³
Summe Kosten			5.230,80	EUR/a
			104,62	EUR/Container
				15,34 EUR/t out
				3,34 EUR/m³

Erlös				
Stromkennzahl	0,74	-		
Heizwertgewinn	0,7	kWh/kg		
Verkaufspreis	0,04	EUR/kWh		
Verkaufspreis Heizwert			191 EUR	EUR/Container
KWK-Bonus á 0,02 EUR/kWh el.	2805 kWhth/Container		42 EUR	EUR/Container
Summe Erlöse			232,47	EUR/Container
				34,09 EUR/t out

Gewinn	127,86	EUR/Container	18,75	EUR/t out
	6.392,90	EUR/a		

Da die Fixkosten für BioEnergie Pöhl einschließlich Versicherung im Kostenbudget der BGA mit gedeckt sind, ergibt sich ein Kostendeckungsbeitrag von **6.392,90 €/Jahr**.

Der Durchsatz ist ohne wesentliche Investitionsleistung zu erhöhen und damit ein Optimierungspotential.

Mit der Umsetzung der Heizungscontainer an den Firmenstammsitz in Jocketa (ab Winter 2011/2012) werden weitere ca. 10.000 l Heizöl substituiert, das entspricht etwa 6.000,00 €/Jahr. Die Trocknung erfolgt ebenfalls über Trocknungscontainer.

2.5.6 Heizung Einbringtechnik und Einbringtechnikraum

Der Gemischkühlkreislauf des BHKW 1 liefert die Wärme für die Vorwärmung von Substrat im Vorlagebehälter. Zur Heizung des Einbringtechnikraumes wird die Wärmemenge W 2 Tabelle 30 eingesetzt.



Abb. 94 Heizeinrichtung am Vorlagebehälter

2.5.7 Heizung – Sozialgebäude, Halle 3 und Halle 4

Im Sozialgebäude wird die Wärme lediglich für die Heizung der Räume verwandt. Dies erfolgt, wie an jeder anderen Auskopplungsstelle mittels geeignet dimensioniertem Wärmetauscher, kombiniert mit einem Pufferspeicher.



Abb. 95 Heizverteiler-Sozialgebäude



Abb. 96 Pufferspeicher

In den Hallen 3 und 4 wird die Wärme sowohl zur Heizung als auch für technologische Heizprozesse genutzt. Letztere sind die Heizung an Versuchsständen, die konstante Temperaturen erfordern oder auch Erwärmungsvorgänge beispielsweise an Kunststoff – Formwerkzeugen.



Abb. 97 Halle 3 – Beheizung - Versuchsstand

3. Betriebswirtschaftliche Ergebnisse

3.1 Repräsentative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung /Gegenüberstellung

Tabelle 32 Wirtschaftlichkeitsvergleich „Bioextrusion“

		1. ohne Bioextrusion		2. Einsparung v. Biomasse durch Bioextrusion		3. Einsatz energetischer Substrate	
1.1.	Masse Maissilage [t/a]	8.160	40t/ha 204 ha	7.160	40 t/ha 179 ha	2.040	40 t/ha 51 ha
1.2.	Masse Grassilage [t/a]					1.275	25 t/ha 51 ha
1.3.	Masse Hybridroggensilage [t/a]					2.071	20 t/ha 102ha
2.	Anlagekosten	[€ / a]	[€ / t _M]	[€ / a]	[€ / t _M]	[€ / a]	[€ / t _M]
2.1.	Abschreibung	100.000,00 €	12,25 €	106.250,00 €	14,84 €	106.250,00 €	19,73 €
2.2.	Zinsen	39.000,00 €	4,78 €	42.000,00 €	5,87 €	42.000,00 €	7,80 €
2.3.	Versicherung	6.400,00 €	0,78 €	6.800,00 €	0,95 €	6.800,00 €	1,26 €
2.4.	Wartung / Instandhaltung / Betriebsmittel	80.000,00 €	9,80 €	85.000,00 €	11,87 €	85.000,00 €	15,78 €
2.5.	Prozessenergie (Strom)	46.000,00 €	5,64 €	40.300,00 €	5,63 €	46.000,00 €	8,54 €
2.6.	Strom f. Aufbereitung	7.366,00 €	0,90 €	22.320,00 €	3,12 €	22.320,00 €	4,14 €
2.7.	Arbeitskosten	13.156,00 €	1,61 €	12.782,00 €	1,79 €	13.156,00 €	2,44 €
2.8.	Sonstige Kosten	16.640,00 €	2,04 €	17.680,00 €	2,47 €	17.680,00 €	3,28 €
2.9.	Summe der (Kalkulatorische) Anlagenkosten pro Jahr	308.562,00 €	37,81 €	333.132,00 €	46,53 €	339.206,00 €	62,98 €
3.	Substratkosten	285.600,00 €	35,00 €	250.600,00 €	35,00 €	238.516,80 €	44,29 €
4.	Gesamtkosten	594.162,00 €	72,81 €	583.732,00 €	81,53 €	577.722,80 €	107,27 €

5.	Erträge (ohne Wärme, Gärrestbewertung usw.)							
5.1.	Wirkarbeit	[h]	8.000		8.000		8.000	
5.2.	Strom	[kW]	404		404		459	
5.3.	Wirkarbeit	[kWh]	3.231.360		3.232.310		3.670.430	
5.4.	Vergütung (0,20 € / kWh)		646.272,00 €	79,20 €	646.462,08 €	90,29 €	734.086,04 €	136,31 €
6.	Gewinn		52.110,00 €	6,39 €	62.730,08 €	8,76 €	156.363,24 €	29,03 €
7.	Flächenertrag (380,- € / ha)				9.500,00 €	1,33 €		
8.	Gesamtertrag		52.110,00 €	6,39 €	72.230,08 €	10,09 €	156.363,24 €	29,03 €
9.	Diff. Gesamtertrag pro Jahr		← 20.120,08 € →		← 84.133,16 € →		← 104.253,24 € →	

Substrat	Ernteertrag [t/ha]	TS [%]	Ernte. [t/ha TS]	oTS [%]	Ernteertrag [t/ha oTS]	Stromertrag [kWh/ha]	Einspeiseverg. [€/ha]
Maissilage (35,- € / t FM)	40,0	30,0	12,0	90,0	10,8	15.120	3.024
Hybridroggensilage (53,- € / t FM)	20,3	70,0	14,2	92,8	13,2	18.462	3.692
Grassilage (45,- € / t FM)	25,0	28,3	7,1	89,0	6,3	8.815	1.763

Die in Tabelle 32 aufgeführte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung basiert auf der Schriftenreihe der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 19/2008 „Biomasseaufbereitung zur Vergärung“ Tabelle 47a, Seite 93 (105) und wurde auf Grund der weiteren Erfahrungen aus der Praxis überarbeitet.

Die sächsische Landesanstalt konnte auf Vergleiche von 30 thüringischen und sächsischen Anlagen zurückgreifen. Ebenso begleiteten sie die Anlage der „Agro-Farm 2000“, eine Anlage mit Bioextrusion.

In Auswertung dieses Zahlenwerkes, insbesondere der Differenzen im Mehrertrag durch Bioextrusion® lässt sich erkennen, dass die günstigste Variante mit einem Mehrertrag von 104.253,- € bei einer Mehrerzeugung von Strom liegt, also die Ausrüstung der Anlagen mit größeren Stromerzeugungsanlagen optimal ist und damit eine höhere Einspeisevergütung erreicht wird.

Die Zahlen sind solide ermittelt und sicher erreichbar bei relativ hoher Bewertung des Substratpreises (s. Anlage Hertel u.a.)

➤ Einzelerläuterungen:

zu 1.

Variante 2.

Mit Bioextrusion® werden 25 ha Anbaufläche eingespart. Dies wurde mit Einsparung Substratpreis (3) und Nettoerlös auf Verkauf von Feldfrüchten (Flächenertrag (7)) bewertet.

Variante 3.

Hier kommt ein Substratmix zum Einsatz mit der Anbaufläche wie Variante 1. von 204 ha. Der Mehrertrag an Gas wird verstromt und damit werden höhere Stromeinnahmen realisiert.

zu 2.1.; 2.2.; 2.3.; 2.4.

Die Ausrüstung mit Bioextrusion® bedeutet als einzige Ausrüstungsänderung die Aufrüstung mit Aufschlusstechnik – Extruder. Die Anschaffungskosten für den B55e belaufen sich auf ca. 62.500,00 €. Daraus ergeben sich höhere Abschreibung, Zinsen, Versicherung, Wartung und Instandhaltung.

zu 2.5.

Die Prozessenergie Variante 2 verringert sich, da weniger Substrat zum Einsatz kommt und Rührenergie eingespart wird. Bei Variante 3 ist die Prozessenergie gleichgesetzt.

zu 2.6. Die höheren Stromkosten für die Bioextrusion® finden hier Berücksichtigung

zu 2.7.; 2.8.; 2.9.; 3.0.

Hier sind die realen Kosten zugrunde gelegt worden, die sich aus dem Anlagenbetrieb ergeben.

3.2 Kaufmännische Ziele und Ergebnisse

3.2.1 Ergebnisse und Ziele der Demonstrationsanlage

Tabelle 33 Einnahmen-Ausgabenrechnung (Planzahlen)

	2008		2009		2010		2011	
	Einnahmen	Ausgaben	Einnahmen	Ausgaben	Einnahmen	Ausgaben	Einnahmen	Ausgaben
Einspeisevergütung	0,00 €		693.457,82 €		885.720,00 €		885.720,00 €	
Grundvergütung	0,00 €		328.387,92 €		392.568,00 €		392.568,00 €	
Bonuszahlungen	0,00 €		365.069,90 €		493.152,00 €		493.152,00 €	
sonstige Einnahmen	0,00 €		38.000,00 €		66.500,00 €		83.500,00 €	
Biobrennstoffverkauf	0,00 €		3.000,00 €		6.500,00 €		8.500,00 €	
Wärmenutzung	0,00 €		35.000,00 €		60.000,00 €		75.000,00 €	
Ausgaben		140.220,00 €		724.098,75 €		841.761,00 €		841.761,00 €
Grundstückskosten *		19.700,00 €		19.704,00 €		19.704,00 €		19.704,00 €
Anfahrtskosten		15.475,00 €		0,00 €		0,00 €		0,00 €
Rohstoffkosten		10.000,00 €		242.388,75 €		258.501,00 €		258.501,00 €
Versicherung		0,00 €		15.360,00 €		15.360,00 €		15.360,00 €
Stromverbrauch		1.500,00 €		42.900,00 €		59.400,00 €		59.400,00 €
Abschreibung **		14.778,00 €		118.200,00 €		118.200,00 €		118.200,00 €
Unterhalt Rep.		0,00 €		68.400,00 €		91.200,00 €		91.200,00 €
Betreuung		13.000,00 €		62.400,00 €		62.400,00 €		62.400,00 €
Technik/ Mechanisierung		0,00 €		33.750,00 €		96.000,00 €		96.000,00 €
Kapitalkosten		65.767,00 €		120.996,00 €		120.996,00 €		120.996,00 €
Summe	0,00 €	140.220,00 €	731.457,82 €	724.098,75 €	952.220,00 €	841.761,00 €	969.220,00 €	841.761,00 €
Ergebnis	-140.220,00 €		7.359,07 €		110.459,00 €		127.459,00 €	
Ergebnis kum.	-140.220,00 €		-132.860,93 €		-22.401,93 €		105.057,07 €	

* Der Aufwand der Grundstückskosten entspricht den monatlichen Kreditzahlungen zum Kauf des Grundstückes Helmsgrün.

** Der Abschreibung wurde der erhaltene Zuschuss KfW/ EEZ entgegengesetzt. Dieser wurde als Sonderposten eingestellt und wird anteilig der Abschreibung in die Erlöse aufgelöst.

3.2.2 Einnahmen- und Ausgabenrechnung für 2010

Tabelle 34 Einnahmen-Ausgabenrechnung 2010

	2010 (01.05.2010 - 30.04.2011)	
	Einnahmen Ist	Ausgaben Ist
Einspeisevergütung	964.835,90 €	
Grundvergütung	338.449,60 €	
Bonuszahlungen	626.386,30 €	
sonstige Einnahmen	70.983,60 €	
Biobrennstoffverkauf (Gärrestkompaktate, Hackschnitzel)	6.586,00 €	
Wärmenutzung	64.397,60 €	
Ausgaben		916.406,20 €
Grundstückskosten *		0,00 €
Rohstoffkosten		368.211,54 €
Versicherung		13.244,33 €
Stromverbrauch		68.554,20 €
Abschreibung **		133.265,30 €
Unterhalt Rep.		89.371,05 €
Betreuung		51.533,05 €
Technik/ Mechanisierung		58.594,57 €
Kapitalkosten		133.632,16 €
Summe	1.035.819,50 €	916.406,20 €
Ergebnis Ist:	119.413,30 €	
* Der Aufwand der Grundstückskosten ist in den Kapitalkosten enthalten (Zinsen für Grundstückskauf).		
** Der Abschreibung wurde der erhaltene Zuschuss KfW/ EEZ entgegengesetzt. Dieser wurde als Sonderposten eingestellt und wird anteilig der Abschreibung in die Erlöse aufgelöst.		

4. Abschätzung der Kosten- und Ertragssituation für Folgeanlagen und Ausblick

Da die Risiken gut bekannt sind und eigene Erfahrungen vorliegen, werden Folgeanlagen auf Ergebnisse der vorliegenden Demonstrationsanlage aufbauen können (s. Anlage Hertel / Musteranlage 150 – 500 kW). Aufgrund der laufenden Optimierung der Demonstrationsanlage ist eine Verbesserung der Ergebnisse an Folgeanlagen um 25 bis 30 % realistisch (bereinigt um Marktschwankungen der Substratpreise). Dies gilt für Investitionskosten und Erträge aus Verstromung von Feldfrüchten und Abfällen.

Es lässt sich insbesondere aus den parallel zum Anfahrprozess der Demonstrationsanlage durchgeführten begleitenden Untersuchungen mit Bestimmtheit ableiten, dass die errichtete Anlage

- eine Anlage (Anlagenkonfiguration) darstellt, die unmittelbar bessere betriebswirtschaftliche Ergebnisse bringt als herkömmliche Anlagen;
- eine Anlage darstellt, die die Verwendung ungenutzter Ressourcen und schwierig zu beherrschender Substrate bei positivem Betriebsergebnis ermöglicht und
- maßgebliche Verbesserungen der ökologischen Gesamtbilanz im Vergleich mit herkömmlichen Anlagen realisiert.

Eine Errichtung von Biogasanlagen aufbauend auf dem Verfahren der Bioextrusion® mit anschließender Separation, Nasskompaktierung / Pelletierung und Trocknung ist für die Nachhaltigkeit der Energieerzeugung von hohem Nutzen.

Die Gärrestnutzung muss der Rangfolge nach dem Humus-/Nährstoffkreislauf zugeführt werden und wenn dies nicht möglich ist der stofflichen Nutzung und erst danach einer Verbrennung oder Vergasung. Auch dafür sind die installierten Systeme der Modell- und Demoanlage anzuwenden. Mit der Einschränkung, dass bei Kleinverbrennungsanlagen sowohl die Gärsubstrate weiter aufzubereiten als auch die Verbrennungs- und Vergasungstechnik verbessert werden muss und letztlich die Zulassung als Regelbrennstoff durch den Gesetzgeber erfolgt.

Die Bioextrusion® wurde auf speziell landwirtschaftlich orientierten Fachmessen von der LEHMANN Maschinenbau GmbH präsentiert. Hieraus resultierten nationale und internationale Aufträge mit beachtlichen Umsatzentwicklungen in den letzten Jahren.

5. Ausblicke

Die Nutzung der Modell- und Demonstrationsbiogasanlage zum Zweck der Präsentation der innovativen Technik am Markt wird durch die LEHMANN Maschinenbau GmbH intensiv genutzt. So ist es schon zur Tradition geworden, im Bereich der Anlage BioEnergiePöhl jährlich Informationsveranstaltungen zum Thema Biogas durchzuführen.

Begonnen wurde mit einem „Bioenergietag“ für Planer und Betreiber im Jahre 2008 und 2009. Im Jahre 2010 folgte dann eine Veranstaltung über Brennstoffzellen gemeinsam mit dem Fraunhofer IKTS Dresden und der Brennstoffzelleninitiative Sachsen. Auch für die Folgejahre sind weitere Veranstaltungen vorgesehen.

Aus dem Betrieb der Anlage ergeben sich neue Erkenntnisse für betriebliche sowie überbetriebliche Forschungsansätze und Entwicklungsaufgaben. Schwerpunkte sind dabei die Weiterentwicklung der Bioextrusion® als Schlüsseltechnologie für

- thermomechanischen Aufschluss / Desintegration
- Entwässerung mit integriertem Aufschluss
- Agglomerationsverfahren
- Futteraufbereitung
- Konservierung
- Plastifizierung
- Mischtechnologie (Intensivmischung)
- Konversion von Biomasse

Resultierend aus den sehr intensiven Kontakten zu den Wissenschaftlern der Fraunhofer Gesellschaft, insbesondere zum Fraunhofer IKTS Dresden, ist ein Applikationszentrum „BioEnergie Pöhl“ vertraglich fixiert worden. In diesem Zentrum werden gemeinsame Entwicklungen auf dem Gebiet regenerativer Energien mit folgenden Schwerpunkten vorangetrieben.

- Strohmonovergärungsanlagen
- Brennstoffzelle für Biogasnutzung (SFOC-Zelle)
- Biogasaufbereitung (Membranverfahren)
- DECONDIS – Verfahren mit Substratwäsche
- Biogastankstelle
- Rührwerksentwicklung
- Verbesserung der Ernteverfahren
- Erhöhung der Energieeffizienz von Biogasanlagen

Die Anlage ist ein Beispiel für angewandte Praxis mit beispielhaften nachahmungswerten Ergebnissen und Zielsetzungen.