

Bericht

Bewertung monetärer Effekte durch den Einsatz einer Ultraschalldesintegrationsanlage auf der Biogasanlage 1 der Biogas Jena GmbH

Auftraggeber: Biogas Jena GmbH & Co. KG
Rudolstädter Str. 39
07745 Jena

Ansprechpartner: Herr Waschina, Frau Schindel

Auftragnehmer: EUROFINS Umwelt Ost GmbH Jena
Löbstedter Str. 78
07749 Jena

Bearbeiter: Hr. Dipl.-Ing. (FH) D. Zänder
Tel: 03641-4649-31
e-mail: DanielZaender@eurofins.de

Berichtsumfang: 14 Seiten mit 6 Tabellen und 5 Abbildungen



Dipl.-Ing.(FH) D. Zänder
Projektingenieur

Jena, den 15.01.2013

Einleitung

Die Biogas Jena GmbH & Co. KG betreibt in Jena - Zwätzen zwei baugleiche Biogasanlagen mit einer jeweiligen elektrischen Nennleistung von 700 kW. Die Vergärung erfolgt einstufig in einem 800m³ Pfpfenstromreaktor und einem ca. 2000m³ Rührkesselfermenter. Dabei ist der Pfpfenstromreaktor ein Hybrid aus Hydrolysestufe und Fermenter, der Hauptanteil des Biogases wird hier gebildet. Nach einer Verweilzeit von 70 bis 80 Tagen wird der Gärrest in Fest- und Flüssigphase separiert und anschließend auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Als Substrat wird ein Gemisch aus Maissilage und Ziegenmist mit Anteilen von Anwelksilage, Ganzpflanzensilage und Getreideschrot verwendet. Der Flüssigkeitsbedarf für die Anmaische des Substrates wird komplett aus Rezirkulat gedeckt.

Die Betreibergesellschaft ist bestrebt, den bestehenden Prozess zu optimieren und verfolgt dabei folgende Ziele:

- Erhöhung der Gasausbeute
- Stabilisierung des Gärprozesses
- Verringerung des eingesetzten Substrates bei gleichbleibender Gasproduktion
- Erhöhung des Methananteils im Biogas
- Verringerung des Restgaspotentials

Zur Verbesserung des Materialaufschlusses und zum Erreichen der oben genannten Ziele wurde im November 2011 ein Desintegrationsmodul der Firma Weber Entec in die bestehende Infrastruktur der Biogasanlage 1 integriert. Das Modul besteht aus einer Förderpumpe, einem Mazerator zur Vorzerkleinerung des Materials und einem Ultraschallerregersystem. Bei der Ultraschalldesintegration werden die Wassermoleküle im Fermentersubstrat so stark angeregt, dass diese teilweise verdampfen. So entstehen lokal Wasserdampfblasen die durch den Druck der umgebenden Flüssigkeit wieder implodieren und dadurch das umliegende Substrat aufschließen. Dieser Vorgang wird auch als Kavitation bezeichnet. Das Modul ist im Bypass zwischen Fermenter und Nachgärer eingebaut, es werden ca. 40% des durchgeschleusten Materials desintegriert.

Zielstellung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollen monetäre Effekte bewertet werden, die erst nach einer bestimmten Betriebszeit feststellbar sind. Es ist zu erwarten, dass durch die Desintegration folgende Parameter im weiteren Betrieb der Biogasanlage beeinflusst werden:

- Substratkosten
- Stromproduktion
- Eigenenergiekosten

Zu diesem Zweck sollen Betriebsdaten aus der Zeit vor dem Einbau der Anlage (Januar – Oktober 2011) mit denen nach dem Anlageneinbau (Januar – Oktober 2012) verglichen werden.

Aufgabenstellung

Die Bewertung der Anlagenleistung soll auf der Grundlagen von manuell oder automatisch aufgezeichneten Anlagendaten erfolgen. Dazu sollen die Daten klassiert, geordnet und entsprechend aufbereitet werden. Anschließend sollen die Daten vereinheitlicht und auf einen gemeinsamen Bezug gebracht werden. Diese Vereinfachung soll zur Ermittlung spezifischer Kennzahlen führen, die einen direkten Vergleich von Kosten und Erlösen vor und nach Anlageneinbau ermöglichen.

Datenübernahme

Die Bewertung der Substratkostenentwicklung und deren Effekte wurden auf Grundlage von Betriebsdaten der Biogas Jena GmbH durchgeführt. Die Betriebsdaten liegen in einer tabellarischen Form digital aufbereitet vor. Wie bereits beschrieben wurden Daten aus den Jahren 2011 und 2012 miteinander verglichen. In Tabelle 1 sind die Datengruppen dargestellt, die für die Bewertung herangezogen wurden.

Tabelle 1: Datengruppen zur Bewertung der Anlagenentwicklung und deren Erfassungszeiträume

Zeitraum	Parametergruppe	Erfassungsintervall
01. – 10.2011	Substrateinsatz Einzelsubstrate (Maissilage, Anwelksilage, Ziegenmist, Ganzpflanzensilage, Getreideschrot) in Tonnen	täglich
	Gehalte an Trockensubstanz und organischer Trockensubstanz im Zeitraum 2011 + 2012,	alle 2 Wochen
und	Einzelpreise der Substrate in den Jahren 2011 und 2012	jährlich
01. – 10.2012	Stromproduktion	täglich
	Eigenenergieverbrauch	monatlich
	Energieverbrauch der Ultraschalldesintegration	20-sekündlich/Tag 5-minütig/Monat

Bewertung der Prozessdaten

Die ausgewählten Betriebsdaten wurden in Verbindung zueinander gesetzt, bewertet und grafisch dargestellt. Es lassen sich Beziehungen zwischen Substratinput und Stromproduktion herleiten, hierbei wurde jedoch nur die tatsächlich erzeugbare Strommenge betrachtet. Die theoretisch erzeugbare Strommenge wurde bereits im Untersuchungsbericht zur Effizienzbewertung der Desintegrationsanlage ausgewertet und liefert für die vorliegende Bewertung keine aussagekräftigen Ergebnisse.

Folgende Anlagenkennzahlen wurden bewertet:

Substrateinsatz

Durch die Desintegration des zu vergärenden Materials bzw. dessen Rezirkulationsströme soll die Verfügbarkeit organischer Substanz erhöht und somit der pezfische Gasertrag gesteigert werden. Dies hat zwei mögliche Folgen:

- Steigerung des Gasertrages bei gleichbleibender Substratmenge
- Verminderung der Substratmenge bei gleichbleibendem Gasertrag

Da die Stromproduktion größtenteils auf Volllastbetrieb ausgelegt ist, tritt zumeist Fall 2 ein.

Damit sinkt der Substrateinsatz. Die Bewertung des monatlich eingebrachten Substrates soll zeigen, ob sich im Untersuchungszeitraum ein positiver oder negativer Trend abzeichnet. Dabei kann der Substrateinsatz auf das Rohsubstrat oder auf die zugeführte organische Trockensubstanz bezogen werden. Durch saisonale Substratänderungen (Feuchte, Reifegrad, Änderungen des Substratmix) ist der Bezug auf die eingebrachte organische Substanz genauer, da diese hier berücksichtigt werden.

Substratkosten

Die Substratkosten sind in der Regel durch langjährige Verträge gesichert oder werden durch Fallentscheidungen jährlich neu verhandelt. In den betrachteten Zeiträumen fand eine Preisanpassung der Substratkosten statt, da im Jahr 2011 ein erhöhter logistischer Aufwand zu bewältigen war. Die folgende Tabelle zeigt die Substratkosten in den Jahren 2011 und 2012. Diese Kosten wurden für die Bewertung herangezogen.

Tabelle 2: Kosten der Einzelsubstrate in 2011 und 2012 sowie die Differenz beider Jahre

Jahr	Kosten [€/t]				
	Maissilage	Ganzpflanzensilage	Anwelksilage	Ziegenmist	Getreideschrot
2011	32,67	34,50	32,67	9,00	181,00
2012	32,17	33,50	32,17	8,00	180,00
Differenz	-0,50	-1,00	-0,50	-1,00	-1,00

In den Monaten September bis Dezember 2012 änderte sich der Preis für Getreideschrot nochmals auf 210 €/t.

Die summierten Substratkosten in 2012 werden von dem Preisrückgang beeinflusst. Diese Preisentwicklung muss bei der vergleichenden Betrachtung der Substratkosten berücksichtigt werden, denn formal wären in jedem Fall Substratkosten eingespart worden.

Die Einsparungen durch diese Degression müssen aus der Vergleichsrechnung herausgehalten werden.

Stromerlös

Dem veränderten Substrateinsatz steht ein spezifischer Stromerlös gegenüber. Es ist zu erwarten, dass die produzierte Strommenge im Untersuchungszeitraum 2012 in etwa der von 2011 entspricht. Die Ermittlung des Stromerlöses erfolgt aus der täglich abgelesenen Strommenge und der entsprechenden Umrechnung durch die nach EEG festgesetzten Vergütungsregelungen für im Jahr 2007 in Betrieb genommene Biogasanlagen. Die folgende Tabelle zeigt den anzuwendenden Vergütungsschlüssel.

Tabelle 3: Vergütungsschlüssel nach EEG für die Biogasanlage Jena für die Grundvergütung und zusätzliche Boni

Nr	Vergütungssätze für 2009	Vergütung Ct/kWh
1	Vergütung bis 150kW	11,67
2	Vergütung bis 500 kW	9,46
3	Vergütung bis 5000 kW	8,51
4	NAWARO-Bonus bis 500 kW	7,00
5	NAWARO-Bonus ab 500 kW	4,00
6	Technologie-Bonus	2,00
7	KWK-Bonus bis 500 kW	3,00
8	KWK-Bonus ab 500 kW	2,00
9	Güllebonus bis 150 kW	4,00
10	Güllebonus bis 500 kW	1,00
11	Formald.-B. bis 500 kW ab 27.7.10	1,00

Eigenenergieverbrauch

Der Einsatz von Desintegrationstechnologie kann je nach Methode und Anwendungszeitraum zu einem Rückgang des Eigenenergieverbrauches führen. Der Aufschluss von Substrat, Fermenterinhalt oder Rezirkulat kann eine Verbesserung der Fließeigenschaften zur Folge haben. Dadurch verringert sich der Energieverbrauch zur Homogenisierung (Rührwerke), zur Förderung (Pumpen) und zur Separation (Separator).

Eine Bestimmung des Energieverbrauches der Desintegrationsanlage erfolgte durch die Messung der Stromaufnahme und anschließende Berechnung der Leistungsaufnahme.

Ergebnisse

Substrateinsatz

Die Substratzufuhr in den Jahren 2011 und 2012 ist erwartungsgemäß Schwankungen unterworfen. Diese sind saisonal aber auch prozesstechnisch bedingt. Die folgende Abbildung soll die Entwicklung der Substratzugabe in beiden Jahren widerspiegeln, um einen Gesamteindruck der eingesetzten Feststoffe zu erhalten.

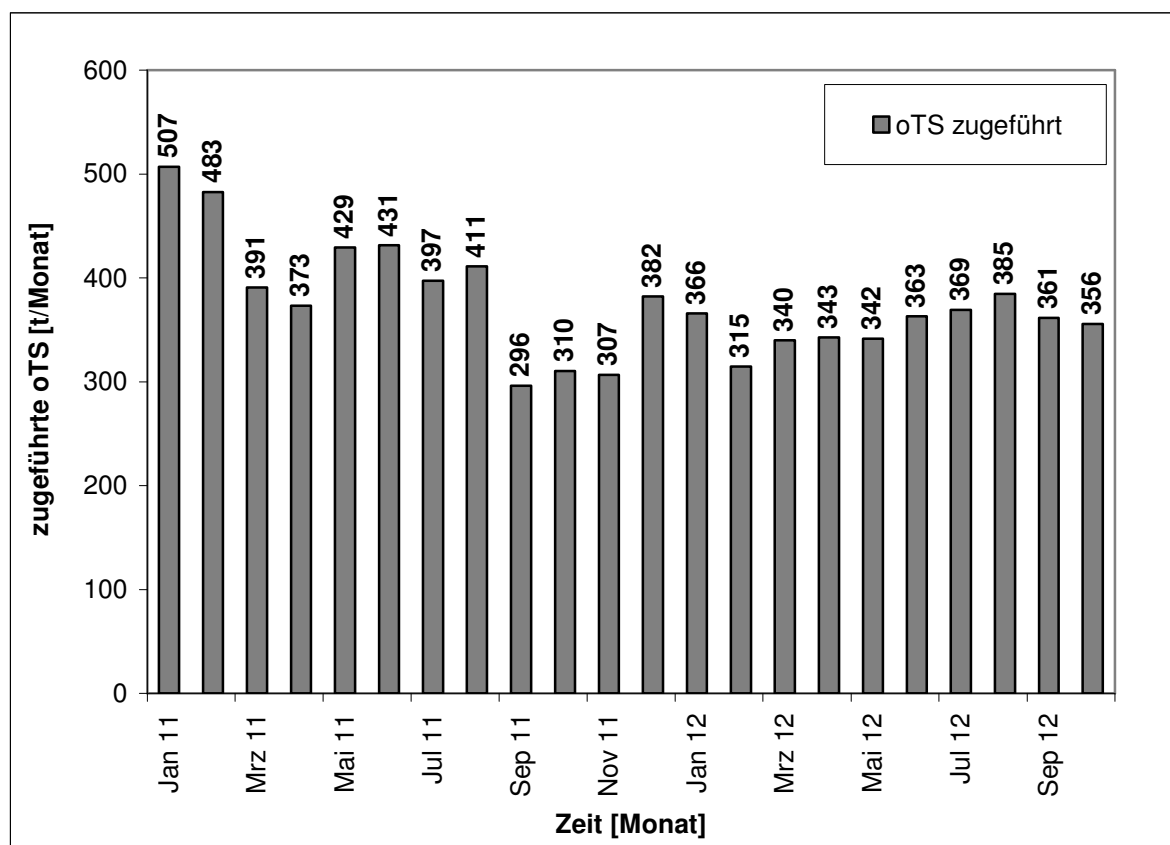


Abbildung 1: eingebrachte Masse an organischer Trockensubstanz in den Jahren 2011 und 2012

Es wird bereits deutlich, dass die zugeführte Masse an organischer Substanz in 2012 tendenziell abnimmt. Erwartungsgemäß unterliegt die Zufuhr organischer Substanz einer saisonalen Schwankung. Durch die für die Vergärung besseren Randbedingungen in den Sommermonaten kommt es hier zu einem erhöhten Einsatz organischer Substanz.

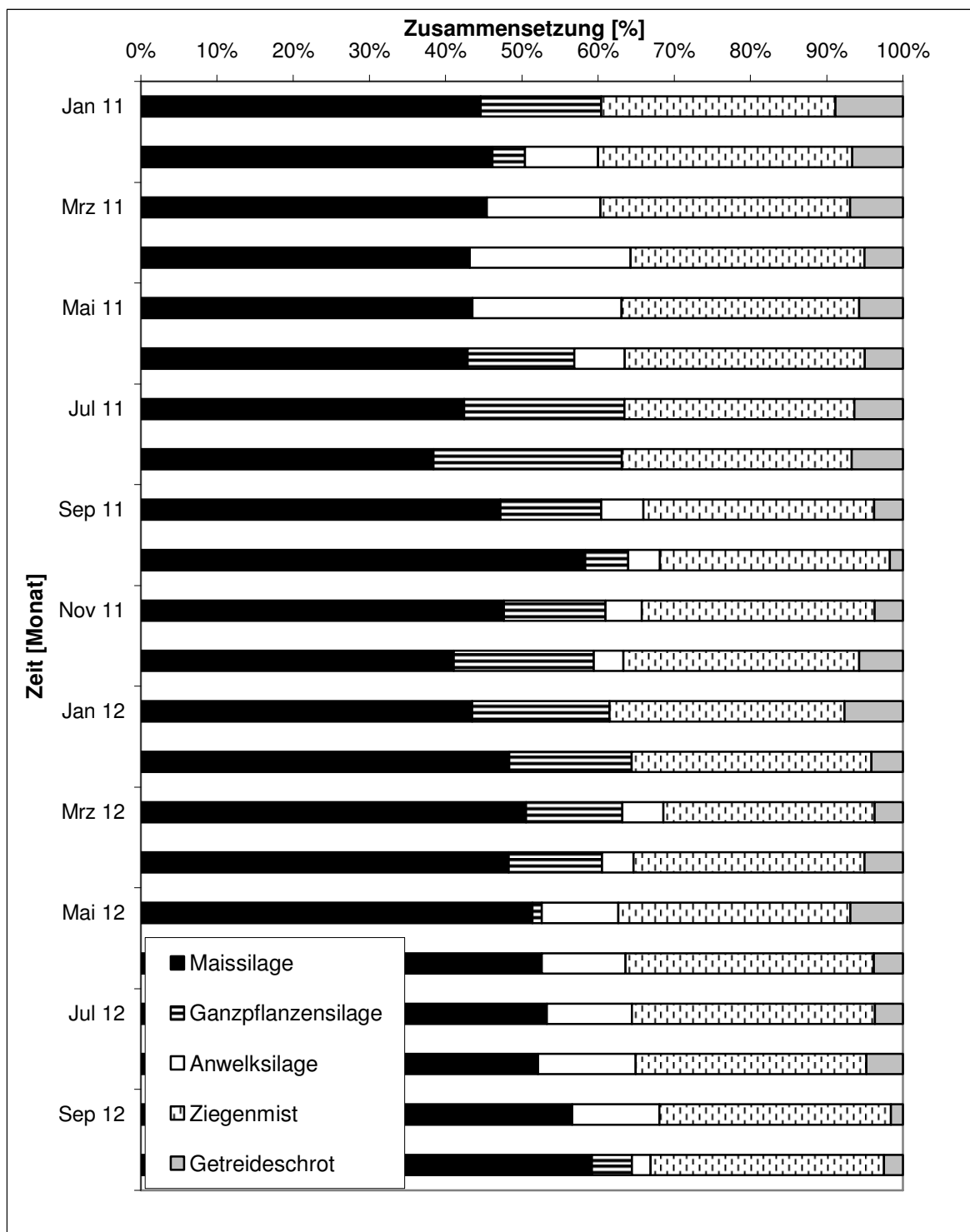


Abbildung 2: Zusammensetzung des eingebrachten Substratmix in Prozent in den Jahren 2011 und 2012

Der erhöhte Anteil an Maissilage in 2012 wird zum einen durch einen niedrigeren Gehalt an Trockensubstanz verursacht, zum anderen wurde ein Teil des Getreideeinsatzes damit kompensiert. Die Substratmenge an Ziegenmist bleibt stabil was hauptsächlich an der Gewährung des Güllebonus liegt. Der Einsatz von Getreideschrot wurde zurückgefahren. Da dieses Substrat sehr teuer ist wird sich hier eine merkliche Kostensenkung einstellen. Auch die Gehalte an Anwelk- und Ganzpflanzensilage sind in 2012 rückläufig.

Der Substrateinsatz hat sich im Jahr 2012 gegenüber dem Jahr 2011 im Untersuchungszeitraum verringert. Laut Anlagenbetreiber wurde die Zufuhr an Substratmix seit Januar 2012 verringert. Die folgende Tabelle zeigt die Entwicklung der eingesetzten Substratmassen in den Jahren 2011 und 2012 (.

Tabelle 4: Eingesetzte Gesamtsubstratmasse in Tonnen pro Monat im Zeitraum Januar bis Oktober der Jahre 2011 und 2012 sowie die Differenz beider Jahre

Monat	Substrateinsatz, gesamt [t/Monat]		
	2011	2012	Differenz
Januar	1511	1160	351
Februar	1503	1066	437
März	1214	1102	112
April	1248	1042	205
Mai	1369	1095	274
Juni	1385	1110	276
Juli	1239	1138	101
August	1281	1168	112
September	1018	1095	-77
Oktober	1047	1179	-133
Summe	12814	11156	1659

Im Durchschnitt wurden 2012 pro Monat ca. 160t weniger Substratmix zur Vergärung genutzt als 2011.

Dabei zeigt sich, dass vor allem in den Monaten Januar bis Juni 2012 weniger Substrat eingesetzt wurde. Zur Veranschaulichung wird die eingebrachte Masse organischer Trockensubstanz im Untersuchungszeitraum betrachtet.

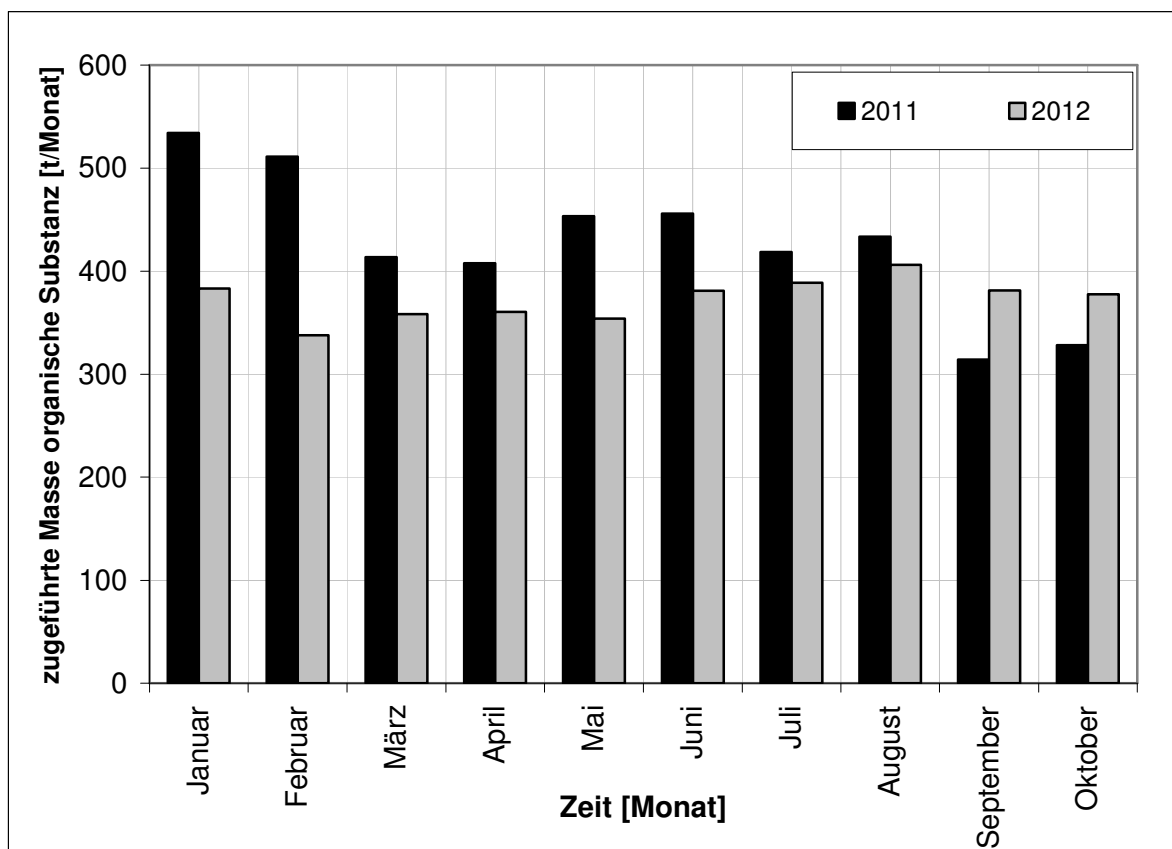


Abbildung 3: Eingesetzte Masse an organischer Trockensubstanz im Untersuchungszeitraum

Der Rückgang der eingesetzten organischen Masse im Jahr 2012 ist deutlich. In den Monaten September und Oktober 2011 wurde die Fütterung auf Grund Betriebsumstellungen und dem bevorstehenden Einbau der Desintegrationsanlage zurückgefahren.

Als Resultat des verringerten Substrateinsatzes stehen geringere Substratkosten für das Jahr 2012. Die folgende Tabelle stellt die Substratkosten für die Jahre 2011 und 2012 im Untersuchungszeitraum gegenüber.

Tabelle 5: Substratkosten im Zeitraum Januar bis Oktober der Jahre 2011 und 2012 bezogen auf die gesamte eingebrachte Substratmasse, Differenz der Kosten zwischen den Jahren (positive Differenz = Einsparung in 2012, negative Differenz = Einsparung in 2011)

Monat	Substratkosten, gesamt [€/Monat]		
	2011	2012	Differenz
Januar	58.711	42.144	16.567
Februar	52.200	32.901	19.299
März	42.782	34.269	8.513
April	40.992	33.805	7.187
Mai	46.224	38.380	7.844
Juni	45.512	33.206	12.306
Juli	43.773	34.010	9.764
August	46.111	37.323	8.788
September	31.872	30.263	1.608
Oktober	29.459	34.514	-5.055
Summe [€/Jahr]	437.635	350.814	86.821

Die Substratkosten in 2012 sind deutlich geringer als in 2011. Dies liegt unter anderem auch an der bereits angesprochenen Preissenkung der Einzelsubstrate.

Die Substrateinsparung durch Preisrückgang wird durch die im Jahr 2012 eingesetzte Substratmenge sowie der spezifischen Einsparung pro Einzelsubstrat berechnet.

Um möglichst die tatsächliche Ersparnis durch den Einsatz der neuen Desintegrationstechnologie ermitteln zu können, muss diese Preissenkung berücksichtigt werden. Die Einsparung durch die Preissenkung ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Summe der Einsparungen durch eine Preisrückgang der Einzelsubstrat zwischen 2011 und 2012, die Preisdifferenz resultiert aus den Einzelpreisen 2011 und 2012 (GPS = Ganzpflanzensilage, AWS = Anwelksilage)

Substrat	Maissilage	GPS	AWS	Ziegenmist	Schrot
Verbrauch 2012 [t/Jahr]	5759	723	765	3420	489
Preisdifferenz zu 2011 [€]	0,5	1	0,5	1	1
Einsparung zu 2011 [€]	2880	723	382	3420	489
Summe Einsparung [€]	7894				

Diese Einsparung wird den summierten Substratkosten aus 2012 zugeschlagen und diese werden damit bereinigt. Es ergeben sich damit Gesamtkosten für Substrat im Jahr 2012 von 358.708€.

Neben der Substrateinsparung muss die produzierte Strommenge im Untersuchungszeitraum betrachtet werden. Die folgende Abbildung zeigt die Substratkostenentwicklung sowie die erzeugte Strommenge.

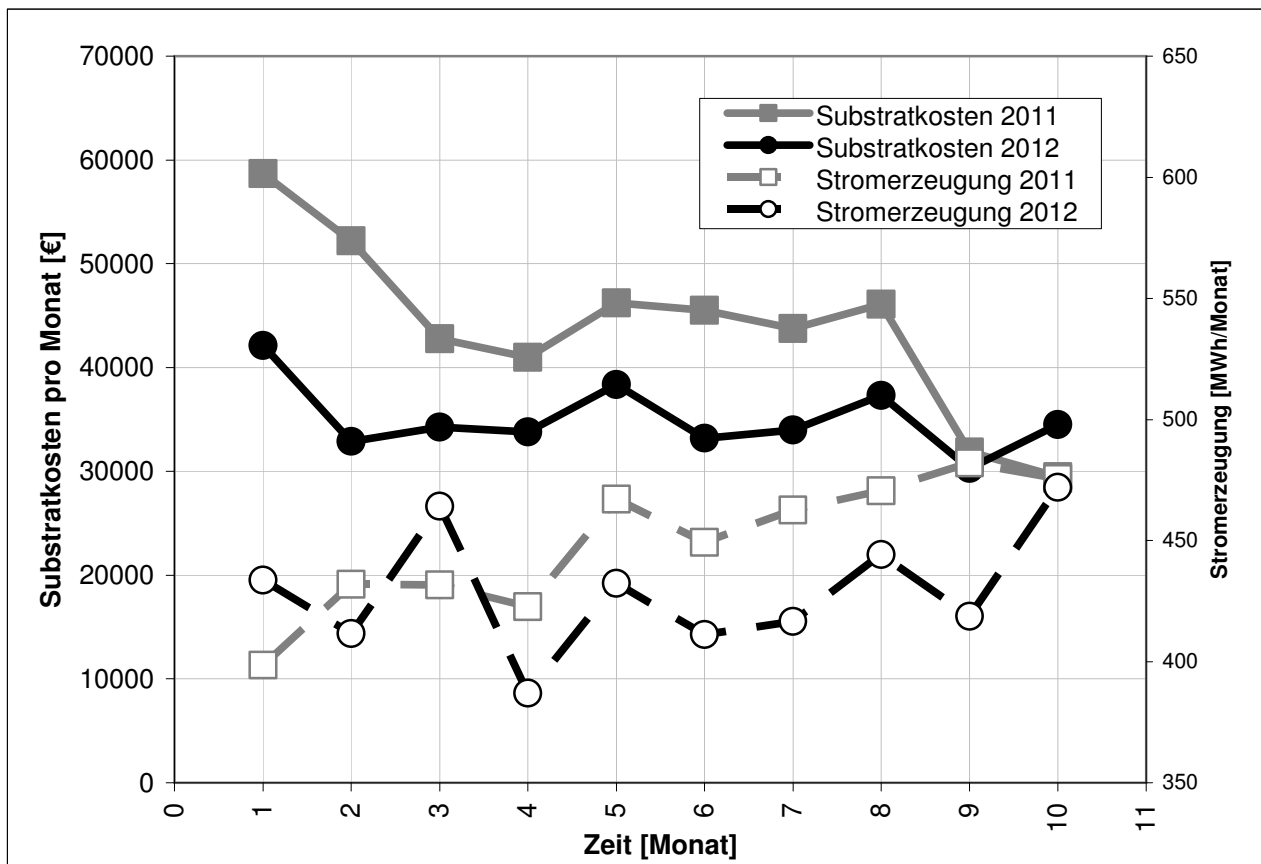


Abbildung 4: Entwicklung der Substratkosten sowie des Stromerlös im Untersuchungszeitraum

Die Stromproduktion in 2012 war im Untersuchungszeitraum teilweise geringer als in 2011. Es wird damit nicht ersichtlich, ob die eingesparte Menge an Substrat den Minderertrag an Strom ausgleicht. Dies zeigt erst eine Bilanzierung der eingesparten Substratkosten und der Mindererlöse an Strom. Generell kann jedoch gesagt werden, dass der Stromminderertrag nur gering ist.

Zur Erfassung der Stromproduktion im Jahr 2012 muss die Eigenenergie, die durch den Betrieb der Desintegrationsanlage verbraucht wird, erfasst werden. Die Ermittlung des Energieverbrauches erfolgte durch Strommessungen an der Anlage. Die folgende Abbildung zeigt den Energieverbrauch der Desintegrationsanlage im Januar 2012.

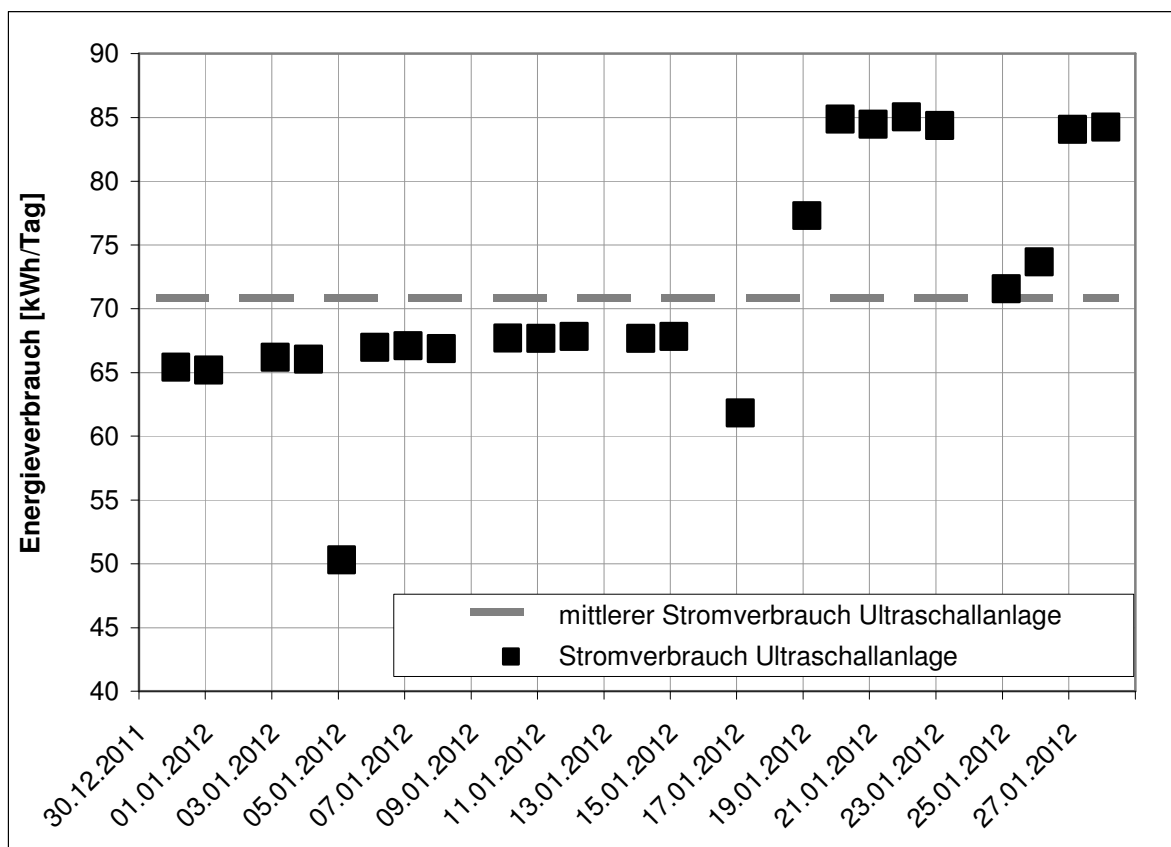


Abbildung 5: Energieverbrauch der Desintegrationsanlage, aufgetragen in Kilowattstunde pro Tag im Monat Januar 2012. Die Anlage lief teilweise nicht auf Vollast.

Aus einer hochauflösenden Tagesmessung sowie der dargestellten Monatsmessung ergibt sich ein durchschnittlicher Tagesverbrauch der Anlage von 65 kWh. Geht man davon aus, dass diese 65 kWh pro Tag mit vergünstigtem Strom gemäß EEG erkaufte werden, so ergeben sich Stromkosten von 4745 € pro Jahr. Als Grundlage dient ein Strompreis von 0,2 €/kWh.

Der Eigenenergieverbrauch der Gesamtanlage hat sich im Jahr 2012 gemäß Eigenverbrauchszähler um 23 MWh erhöht. Dieser Differenzbetrag entspricht in etwa dem Jahresverbrauch der Desintegrationsanlage.

Bei der Bilanzierung müssen demnach diese Stromkosten als Negativposition beachtet werden.

Es erfolgt nun die Bilanzierung aus Substratkosten und Stromerlös.

	2011	2012
	Jan-Okt	Jan-Okt
1. Stromerlös [€]		
Vergütung bis 150kW	124.566 €	127.086 €
Vergütung bis 500 kW	235.612 €	240.379 €
Vergütung bis 5000 kW	79.485 €	56.314 €
NAWARO-Bonus bis 500 kW	249.061 €	254.100 €
NAWARO-Bonus ab 500 kW	37.361 €	26.470 €
Technologie-Bonus	89.841 €	85.835 €
KWK-Bonus bis 500 kW	0 €	0 €
KWK-Bonus ab 500 kW	0 €	0 €
Güllebonus bis 150 kW	42.696 €	43.560 €
Güllebonus bis 500 kW	24.906 €	25.410 €
Formald.-B. bis 500 kW ab 27.7.10	35.460 €	36.180 €
Summe [€]	+ 918.989 €	+ 895.334 €
2. Kosten Eigenenergieverbrauch Desintegration [€]	- 0 €	- 4.745 €
4. Substratausgaben [€]	- 437.635 €	- 358.708 €
5. Gesamterlös [€]	+ 481.354 €	+ 531.880 €
6. Differenz [€]		+ 50.526 €

Trotz geringfügig weniger produziertem Strom in 2012 ergibt sich ein positiver Gesamterlös gegenüber dem gleichen Zeitraum in 2011. Es wurde 2012 insgesamt eine Einsparung von 50.526€ im Vergleich zu 2011 erzielt.

Dies entspricht einer monatlichen Einsparung von 5053€ und somit einem Mehrertrag in 2012 von ca. 10%. Bezogen auf die produzierte Strommenge ergeben sich Einsparungen von ca. 0,01 € pro erzeugter Kilowattstunde. Pro Tonne eingesetztes Substrat wurden 2012 ca. 0,14€ eingespart.

Zusammenfassung

Es wurden Betriebsdaten der Biogasanlage Jena in Hinblick auf die eingesetzten Substratmassen, die Stromerzeugung und ihren Eigenenergieverbrauch bewertet. Die Ergebnisse der Bewertung sollten die nachgewiesene Effizienz einer Desintegrationseinheit festigen und deren Langzeitwirkung darstellen. Es wurden Betriebsdaten der Jahre 2011 und 2012 im Zeitraum Januar bis Oktober ausgewertet.

Die Bewertung erfolgte auf Grundlage der Berechnung monetärer Kenngrößen. Der Substratverbrauch in beiden Jahren wurde ermittelt und anschließend über die Einzelpreisgestaltung verrechnet. Dabei wurde eine Preisdegression von 2011 zu 2012 berücksichtigt.

Demgegenüber wurde der produzierte Strom betrachtet. Hier wurde der Stromerlös aus den ermittelten Strommenge und den spezifischen Vergütungssätze für Grundvergütung und Boni ermittelt. Zudem wurden die Energiekosten für den Betrieb der Desintegrationsanlage erfasst und berücksichtigt.

Im Jahr 2012 konnte eine Einsparung an Substratmix von ca. 160 Tonnen pro Monat festgestellt werden. Die größten Einsparungen betrafen Getreideschrot. Den Substratkosten aus dem Jahr 2011 von 437.635€ stehen Substratkosten im Jahr 2012 von 342.920 € gegenüber.

Die Stromproduktion im Untersuchungszeitraum 2011 betrug 4492 MWh. Im Jahr 2012 wurden im gleichen Zeitraum lediglich 4291 MWh produziert. Dies ergibt einen Minderertrag von 201MWh. Demzufolge war auch der Stromerlös im Untersuchungszeitraum 2012 mit 895.333 € geringer als in 2011 mit 918.989 €.

Der Energieverbrauch der Desintegrationsanlage wird in der Bilanz berücksichtigt. Die Anlage verbraucht ca. 70kWh täglich und trägt mit 4745€ zu den Stromkosten bei.

Werden vom Stromerlös die Substratkosten, die Einsparung durch Preisdegression und die Stromkosten für die Desintegrationsanlage abgezogen, so ergibt sich für das Jahr 2011 ein Gesamterlös von 481.353 € und für das Jahr 2012 ein Gesamterlös von 531.880 €.

Damit ergibt sich ein Mehrerlös in 2012 von 50.526 €. Das entspricht einer durchschnittlichen Einsparung im Vergleich zu 2011 von ca. 5050€ monatlich. Pro Tonne Substrat wurden im Untersuchungszeitraum 2012 ca. 0,14€/t gespart. Der Mehrertrag entspricht ca. 0,01 €/kWh.