

Ecobiogaz

Teilbericht II

Machbarkeitsstudie

Laufzeit des Projektes: 2012 – 2015

Berichtszeitraum 2014



Ministerium für
Umwelt und
Verbraucherschutz

SAARLAND



Gefördert von

Auftragnehmer:

IZES gGmbH Institut für
ZukunftsEnergieSysteme

Prof. Dipl.-Ing. Frank Baur

Altenkesseler Str. 17

66115 Saarbrücken

Tel.: +49-(0)681-9762-840

Fax: +49-(0)681-9762-850

baur@izes.de

Autoren

Dr. Joachim Pertagnol

Katharina Laub

Claudia Ziegler

Bernhard Wern

Anna Winkel

Saarbrücken, den 20.06.2015

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
2. Vorgehensweise	7
3. Machbarkeitsstudie	8
3.1 Nahwärmenetz.....	8
3.2 ORC Anlage.....	13
3.3 Latentwärmespeicher	16
3.4 Mechanisch / thermische Substrataufbereitung /HTC Anlage	23
3.5 Holzhackschnitzeltrocknung	29
4. Fazit	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wärmeverteilung des geplanten Nahwärmenetzes	11
Abbildung 2: Auswirkungen der Wärmeabgabe auf die Gesamtkosten bei unterschiedlichen Verbrauchsmengen mit 3 bzw. 2 Containern	21
Abbildung 3: Darstellung der benötigten Ertragssteigerung zur Deckung der Rotacut- Kosten	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angaben zum Wärmeverlust des Nahwärmenetzes.	10
Tabelle 2: Kosten für das Nahwärmenetz.....	11
Tabelle 3: Kosten der ORC-Anlage	14
Tabelle 4: Vergleich Kosten - Ertrag der ORC Anlage.....	15
Tabelle 5: Mögliche Wärmeabnehmer im nahen Umkreis der Biogasanlage	17
Tabelle 6: Technischen Daten eines Latentwärmespeichercontainer; Werksangaben der Firma LaTherm.....	17
Tabelle 7: Anzahl Fahrten bei kompletter Wärmenutzung und 3 Containern.	17
Tabelle 8: Investitionskosten Latentwärmespeicheranlage.	18
Tabelle 9: Kapitalkosten der Latentwärmennutzung.....	19
Tabelle 10: Kosten LKW	19
Tabelle 11: Transportkosten	20
Tabelle 12: Gesamtkosten je kWh bei unterschiedlicher Auslastung eines LKWs. ..	20
Tabelle 13: Gesamtkosten je Kilowattstunde bei der Nutzung von 75 % des Wärmeüberschusses der Biogasanlage und 2 Latentwärmespeicher-Containern. ..	21
Tabelle 14: Gesamtkosten je Kilowattstunde abzüglich des KWK Bonuses.	22
Tabelle 15: Fixkosten Rotacut	24
Tabelle 16: Variablen Kosten Rotacut	25
Tabelle 17: Kosten zur Produktion von HTC-Kohle.	27
Tabelle 18: Investitionskosten für die Holzhackschnitzel-Trocknungsanlage.	30
Tabelle 19: Personal- und Maschinenkosten.....	31
Tabelle 20: Transportkosten der Container von der Biogasanlage zum Verbraucher der getrockneten Holzhackschnitzel	32

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren ist in der Bundesrepublik Deutschland ein deutlicher Anstieg der wirtschaftlichen Bedeutung der Biogaserzeugung zu verzeichnen. Gesteuert durch die energiepolitischen Ziele der Regierung stieg so die Zahl der Biogasanlagen in den Jahren 2005 (ca. 2.700 Anlagen) bis 2013 (ca. 7.700 Anlagen) stark an (DBFZ, 2014).

Im Laufe dieser Zeit wurde darüber hinaus die energetische Effizienz von Biogasanlagen optimiert, womit sich auch eine zwingende Optimierung der Nutzung der entstehenden Wärme verbindet. Diese entsteht bei der Verstromung des Biogases in einem Blockheizkraftwerk (BHKW). Dort sind es die Abgase, die große Mengen an Wärme abtransportieren. Bei der Wärmeproduktion fällt ungefähr die gleiche Wärmemenge an, wie bei der Stromproduktion. Es ist von hoher wirtschaftlicher und auch ökologischer Relevanz, eine optimale Nutzung dieser Wärme zu erzielen. Eine gewisse Grundmenge wird vom Fermenter selbst benötigt, diese beträgt zwischen 20 bis 40 % der produzierten Wärme (FNR, 2013). Abhängig ist dies zum einen von der Größe der Anlage, zum anderen von der Beeinflussung durch die jeweilige Jahreszeit und das regionale Klima. Grundsätzlich gilt aber auch: Je kleiner die Biogasanlage und je flüssiger das Eingangssubstrat, desto höher ist der Anteil der benötigten Prozesswärme. Bei Kleinbiogasanlagen ist oftmals nur noch das Beheizen der anliegenden Hofgebäude möglich¹.

Neben den „klassischen Nutzungen“ zielt das Interreg IV A Projekts ECOBIOGAZ in der Großregion Saarland, Rheinland-Pfalz, Wallonien, Lothringen und Luxemburg auf die Verbreitung weiterer Möglichkeiten zur Wärmenutzung. Auftrag der vorliegenden Studie ist in diesem Zusammenhang die Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Biogasanlagen in der Großregion.

Die vorliegende Arbeit gibt einen anonymisierten Überblick über die in der Großregion vorhandenen Lösungsideen der Wärmenutzung. Der kurze Bericht soll weitere Anlagenbetreiber animieren, ebenfalls über Wärmenutzungslösungen nachzudenken.

¹ Laub, K., Ziegler C. Projekt Ecobiogaz (2015): Wirtschaftliche Modellierung von Güllekleinanlagen in der Großregion

2. Vorgehensweise

Um den Ausbau der Wärmenutzung von Biogasanlagen in der Projektregion weiter voran zu treiben wurde ein Wettbewerb für fünf Machbarkeitsstudien zur Entwicklung bzw. Optimierung einer innovativen Nebenproduktenutzung initiiert. Die Anlagenbetreiber hatten die Möglichkeit, sich mit Ideen zur Wärmenutzung bei der IZES gGmbH zu bewerben. Die Gewinner bekamen eine Machbarkeitsstudie durch die IZES gGmbH erarbeitet.

Für die Bewerbung zur Wettbewerbsteilnahme entwickelte IZES standardisierte Fragebögen in beiden Projektsprachen. Die Fragen erfassten die derzeitigen Wärmenutzungen und die Ideen der Betreiber bezüglich einer Optimierung derselben. Zusätzlich wurden Leistungsparameter der Anlagen erfragt und plausibilisiert.

Die Verteilung erfolgte über die Projektwebsite sowie durch die Projektpartner in den jeweiligen Regionen. In Deutschland wurden die Fragebögen mittels direkter Anschreiben an die Biogasanlagenbetreiber im Saarland versandt. Während einer Veranstaltung des Arbeitskreises Biogas Saarland/ Pfalz konnte die Aktion zusätzlich beworben werden. Im gleichen Zeitraum fand für die Region Rheinland-Pfalz eine Betreiberbefragung in Zusammenarbeit des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum (DLR) Eifel und dem Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland Pfalz statt. In diese Befragung konnte der Projektfragebogen integriert werden. Zusätzlich wurden die Fragebögen in Deutsch und Französisch auf der IZES Homepage veröffentlicht.

Insgesamt betrug der Rücklauf 18 Fragebögen. Die Rückantwort aus den Partnerregionen war sehr schwach, bis auf Belgien mit einem Fragebogen, waren alle anderen eingegangenen Konzepte aus Deutschland. Aufgrund dessen wurde eine Studie für die Wallonie und vier Studien in Deutschland durchgeführt. Mittels einer Bewertungsmatrix wurden die vier Anlagen ausgewählt.

Mittels der erhobenen Daten konnten fünf Machbarkeitsstudien angefertigt werden. Dabei wurde zunächst an Hand von Literaturangaben überprüft, ob eine wirtschaftliche Nutzung bei der jeweiligen Anlage generell möglich ist. Des Weiteren wurden unterschiedliche Alternativen abgewogen, die beispielsweise an geografischen Besonderheiten scheiterten. Anschließend wurden die einzelnen Lösungen einer wirtschaftlichen und technischen Machbarkeitsprüfung unterzogen.

Im Folgenden sind die einzelnen Lösungen anonymisiert dargestellt.

3. Machbarkeitsstudie

3.1 Nahwärmenetz

Projektidee /Theoretischer Ansatz mit Ziel

Die zu betrachtende Anlage besitzt bereits ein Nahwärmenetz, dennoch ist ein gewisser Wärmeüberschuss vorhanden, der aufgrund der geplanten Erweiterung der Anlage höher wird. Aus diesem Grund ergibt sich die Überlegung, ein weiteres Nahwärmenetz zu installieren, mit dem 14 Einfamilienhäuser und eine Schule versorgt werden sollen.

Anlage und Betriebsbeschreibung

Der zu betrachtende Betrieb liegt in der Provinz Namur in Belgien. Die Region um den Betrieb ist als eben zu bezeichnen, die Höhenlage beträgt 215 m über Normalnull. Den Bewirtschaftungsschwerpunkt des Betriebes bilden die Milchviehhaltung mit 40 Milchkühen und der Anbau von Gemüse. In dem angegliederten Hofladen werden die Produkte Gemüse und Käse direkt vermarktet. Daneben wird eine Biogasanlage betrieben. Die Anlage wurde 2006 fertiggestellt und hat einen elektrischen Wirkungsgrad von 37,6 % sowie einen thermischen Wirkungsgrad von 50,7 %. Der Biogasanlage ist bereits eine Trockenkammer zur Trocknung von Arzneipflanzen angegliedert. Zukünftig ist hier auch eine Trocknung von Holzhackschnitzel für einen zusätzlichen Heizkessel geplant. Im direkten Umfeld der Biogasanlage befindet sich kein weiteres Gebäude, das nächste Gebäude ist das Hofgebäude in ca. 80 m Entfernung. Als Substrate wird die Biogasanlage hauptsächlich mit Mais und Gülle beschickt. Daneben werden auch Kartoffel- und Getreideabfälle sowie Mist eingesetzt.

Die produzierte Wärmemenge liegt bei 600.000 kWh. Von der produzierten Wärme werden 100.000 kWh pro Jahr als Eigenbedarf für den Fermenter benötigt. Weitere 400.000 kWh werden in ein Nahwärmenetz mit 10 Einfamilienhäusern und 9 Apartments eingespeist sowie 30.000 kWh für die eigene Trocknungskammer genutzt. Daraus resultieren 70.000 kWh an ungenutzter Wärmemenge.

Zukünftig soll die elektrische Leistung der Biogasanlage auf 190 kW gesteigert werden. Dadurch würde die produzierte Wärmemenge auf 1.000.000 kWh ansteigen. Der dadurch entstehende Wärmeüberschuss würde sich auf 470.000 kWh pro Jahr belaufen. Mit diesem Überschuss sollen weitere 14 Wohnhäuser und eine Schule mit Wärme versorgt werden. Von den 14 Häusern handelt es sich bei nur einem Haus um einen Neubau.

Jedoch genügt die produzierte Wärme der Biogasanlage voraussichtlich nur für 64 % des zukünftigen Gesamtwärmebedarfs. Daher - und zur zusätzlichen Absicherung - ist

ein Heizkessel vorgesehen, der mit Holzbriketts befeuert wird. Die Haushalte werden darüber hinaus ihre bestehenden Heizungsanlagen weiterhin beibehalten, um in der Lage zu sein, bei Engpässen zusätzlich heizen zu können.

Für den angestrebten Ausbau des Wärmenetzes sind die Fragen bezüglich der Streckenführung der einzelnen Abnehmer bezüglich der Installationskosten, sowie deren Verbrauch der Verbraucher zu klären. An Hand dieser Daten kann die Wintersituation berechnet werden, in der auch der Eigenbedarf der Anlage am höchsten ist. Der Anlagenbetreiber übernimmt hier die Kosten der Leitungen, die Verlegearbeiten und die Zähler für die Hausanschlüsse. Die Hausbesitzer übernehmen die Kosten der Anschlussgebühren. Die Abschreibungsdauer beläuft sich auf 20 Jahre.

Kostenkalkulation

Der Wärmebedarf der bisher an das bestehende Nahwärmenetz angeschlossenen Häuser beläuft sich auf ca. 400.000 kWh. Dies entspricht rund 25.000 kWh je Haus. Da die 14 Neuanschlüsse aus 13 Altbauten und nur einem Neubau bestehen, wird der Durchschnittswert übernommen und entspricht somit einem Wärmebedarf von 350.000 kWh. Als weiterer Wärmeverbraucher soll ein Schulgebäude angeschlossen werden, welches derzeit über das Jahr 20.000 Liter Heizöl verbraucht. Dies entspricht einem Energiebedarf von 200.000 kWh. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass bei der Wärmeproduktion mit Heizöl ein gewisser Anteil als Wärme verloren geht, so dass die benötigte Wärmemenge geringer ausfällt als 200.000 kWh. Ohne die Abzüge des möglichen Einsparpotentials an dem Schulgebäude werden pro Jahr 550.000 kWh Wärme benötigt. Dies übersteigt die Wärmeproduktion der Biogasanlage, deren angestrebter Wärmeüberschuss, wie schon beschrieben, 470.000 kWh beträgt. Hiervon muss zudem noch der Wärmeverlust des Nahwärmenetzes subtrahiert werden.

Bei einer vollständigen Nutzung der Wärmemenge in dem Nahwärmenetz, das eine geschätzte Länge von 340 m¹ hat, würden über das Jahr hinweg rund 43.000 kWh an Wärme verloren gehen (siehe Tabelle 1). Abzüglich dieses Wärmeverlustes ergibt sich ein zu nutzender Wärmeüberschuss von 426.694 kWh. Die Nachfrage nach Wärme unterliegt über das Jahr hinweg Schwankungen. Insbesondere im Sommer fällt der Bedarf sehr gering aus, wodurch sich der Wärmeverlust über das Nahwärmenetz erhöht. Aus dieser Tatsache resultiert die Überlegung, das Nahwärmenetz über diesen Zeitraum komplett abzuschalten und die Wärme in der Trocknungsanlage zu verwerten. Da die Wohnhäuser auch weiterhin

¹ Je nach Streckenführung kann sich die Länge des Netzes verändern. Aus diesem Grund muss die anschließende Berechnung nach Bekanntwerden der Streckenführung nochmals neu erarbeitet werden.

ihre bestehende Heizung einschließlich Feuerungsstelle beibehalten, könnte so die Wärmenutzung optimiert werden.

Tabelle 1: Angaben zum Wärmeverlust des Nahwärmenetzes.

U-Wert [W/mK]	Mittlere Bodentemperatur (2000-2014) [°C]	Mittlere Wärmeleitungs-temperatur (Vor- und Rücklauf) [°C]	Leitungslänge [m]	Wärmeverlust [W/m]	Wärmeverlust gesamt [kWh]
0,271	11,4	65	340	14,58	43.306

Bei einem maximalen Verbrauch der überschüssigen Wärme in den angeschlossenen Haushalten und dem Schulgebäude ergibt sich bei geschätzten 0,03 €/kWh ein Erlös von 12.800,82 Euro.

Neben dem jahreszeitlichen Einfluss auf den Wärmeverlust ist auch der jahreszeitlich gesteuerte Wärmeverbrauch zu berücksichtigen. Abbildung 1 stellt diesbezüglich schematisch den Verbrauch der Wohnhäuser und des Schulgebäudes dar. Im Sommerzeitraum ist die Nachfrage wie zu erwarten war gering. Wie zuvor erwähnt, steigt der Verlust bei dem Nahwärmenetz durch die geringe Nutzung sehr stark an, was eine mögliche Abschaltung des Netzes bzw. bestimmter Teilbereiche als wirtschaftlich sinnvolle Option erscheinen lässt. Bei einer kompletten Abschaltung des Netzes über den warmen Jahreszeitraum (Juli und August) würde sich der von Wohnhäuser und Schule genutzte Wärmeüberschuss auf ca. 322.055 kWh summieren. Dies würde bei 0,03 €/kWh Vergütung einem Betrag von 9.661,65 Euro entsprechen. Bei einer durchgehenden Nutzung würde die nachgefragte Wärmemenge bei 353.955 kWh liegen. Dies entspricht wiederum einem Betrag von 10.618,65 Euro.

Im Sommer müsste die Restwärme, beispielsweise die der Trocknungsanlage, genutzt werden. Die Wärmemenge würde zwischen ca. 72.700 kWh und 104.600 kWh liegen, je nachdem, welche Nutzungsvariante die Verbraucher mit dem Anlagenbetreiber im Sommer vereinbaren.

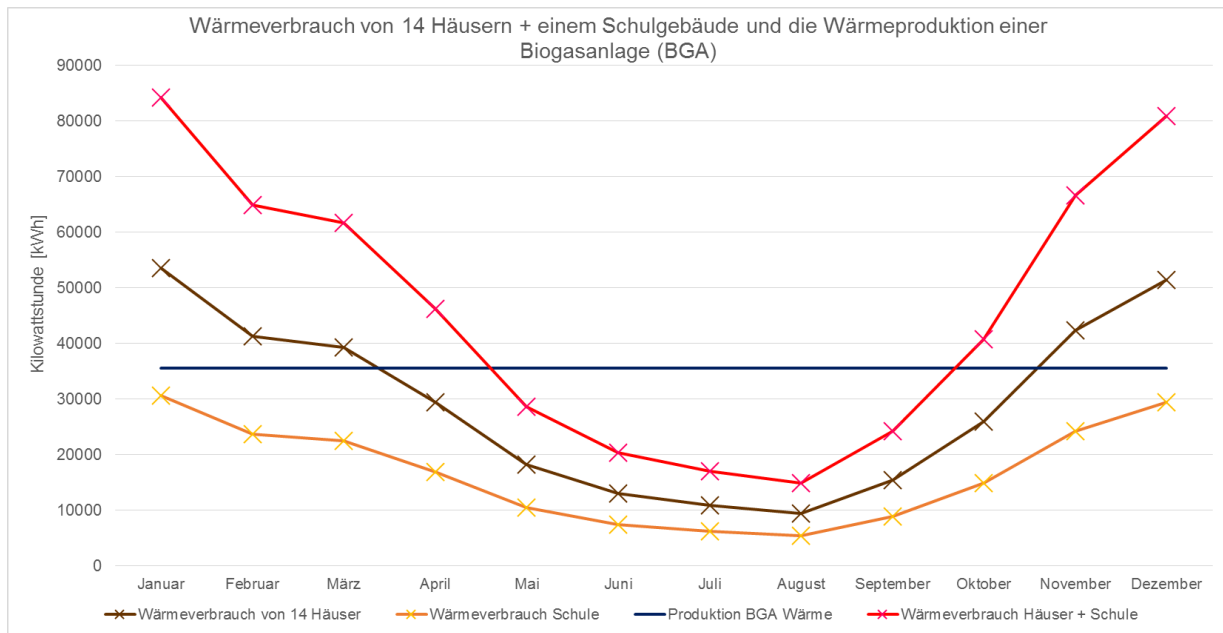


Abbildung 1: Wärmeverteilung des geplanten Nahwärmenetzes

Dem aus dem Wärmeverkauf resultierenden Erlös stehen die Kosten des Nahwärmenetzes gegenüber. Diese setzen sich zusammen aus den Kapitalkosten sowie den laufenden Kosten. In Tabelle 2 sind die einzelnen Kostenpunkte aufgelistet.

Tabelle 2: Kosten für das Nahwärmenetz

	Gesamtkosten	Kosten bei 50 % Rabatt auf die Materialkosten
Materialkosten *	46.059,00 €	23.029,50 €
Kosten Ausbau (Verlegen in Eigenarbeit) **	12.463,50 €	
Laufzeit	20 Jahre	
Zinsen	4 %	
Annuität	7,4 %	
Instandhaltung	1 %	
Versicherung 0,25 % der Investitionskosten	185,77 €	128,20 €
Kapitalkosten	5.467,83 €/a	3.773,28 €/a
Instandsetzungskosten	743,01 €/a	512,80 €/a
Kapitalgebundene Kosten	6.396,70 €/a	4.414,28 €/a

* Kostenvoranschlag vom Anlagebetreiber ** (Quelle: C.A.R.M.E.N e.V. 2012)

Die Kosten betragen für jede produzierte Kilowattstunde thermische Wärme 0,0147 € bzw. bei der Einsparung der Materialkosten 0,0101 €/kWh.

Schlussfolgerung

Die Kosten der Erweiterung des Nahwärmenetzes fallen etwas geringer aus als ein kompletter Neubau, da die bereits bestehenden Teile der Biogasanlage zum Teil genutzt werden können und zudem die Kosten durch den Bau in Eigenregie minimiert werden. Zentral für die Auslastung und gezielte Nutzung des Nahwärmenetzes ist die Absprache und Festlegung darüber, in welchen Zeiträumen das Netz wie genutzt werden soll. Weiterhin führen die möglichen Kostenersparnisse bei den Baumaterialien zu einer schnelleren Amortisation. Aber auch vor dem Hintergrund der konservativen Betrachtungsweise stellt sich die Erweiterung des Nahwärmenetzes als wirtschaftlich rentabel dar. Wichtig ist hierbei jedoch eine Mindestabnahme der Verbraucher, um mögliche Risiken für den Anlagebetreiber auszuschließen. Eine solche Mindestabnahme müsste rund 213.000 kWh pro Jahr betragen, um das Nahwärmenetz wirtschaftlich betreiben zu können. Das Schulgebäude stellt nochmals einen besonderen Punkt innerhalb dieser Überlegungen dar, denn der Wegfall dieses Gebäudes in den Berechnungen hätte größere Auswirkungen als beispielsweise das Wegfallen eines einzelnen Wohnhauses. Bei einer höheren Vergütung der Wärme sinkt die benötigte Mindestabnahme zur wirtschaftlichen Betreibung des Nahwärmenetzes. Bei einer Vergütung beispielsweise von 0,05 €/kWh auf 127.934 kWh pro Jahr sinken.

Den Ausgang bei den betrachteten Szenarien bildet die Voraussetzung, dass die Produktionskosten der Biogasanlage durch die Einnahmen der Stromproduktion abgedeckt werden und die Wärmenutzung die eigenen entstehenden Kosten übernimmt. Ein zusätzlicher Bonus besteht in einer Steigerung des Strompreises pro erzeugte Kilowattstunde bei einer höheren Wärmenutzung. In der Wallonie ist die Stromvergütung gesplittet in einen verhandelbaren Marktpreis mit dem Stromabnehmer sowie dem Certificate- Modell. Im Certificate- Modell ist unter anderem ein wichtiger Einflussfaktor der Wärmenutzungsgrad. Sodass bei einer Erweiterung mit einhergehendem Anstieg der Wärmenutzung der Anlagenbetreiber einen höheren Stromerlös pro Kilowattstunde erhält.

3.2 ORC Anlage

Projektidee

Für die hier betrachtete Anlage aus Deutschland wurden unterschiedliche Lösungsansätze zur Nutzung der überschüssigen Wärme formuliert. Eine Idee war der Aufbau einer Fernwärmeleitung. Dafür sprechen unterschiedliche Abnehmer wie beispielsweise ein Uniklinikum, eine Kaserne, eine Mülldeponie oder eine Fachhochschule in der näheren Umgebung des Betriebes. Topografische Hindernisse wie auch zum Teil erst neu eingebaute Heizungsanlagen bei den möglichen Abnehmern führten aber zu einer Verwerfung dieser Idee.

Eine weitere Wärmenutzung ist mittels einer ORC-Anlage (Organic Rankine Cycle) zu realisieren. Diese muss anhand der Vorgaben des EEG 2009 berechnet werden und wird im Folgenden fokussiert.

Betriebsbeschreibung

Der landwirtschaftliche Betrieb liegt in der Nähe von Zweibrücken auf einer Höhe von 350 m über Normalnull. Auf Grund der hügeligen Landschaft um den Betrieb sind nicht alle Projektideen zu realisieren. Dennoch besitzt der Betrieb genügend Platz, um rund um die Anlage unterschiedliche bauliche Maßnahmen zu ermöglichen.

Als Substrat werden Mais, Gras, Ackergras und Gülle verwendet. Die Anlage wurde 2007 fertiggestellt und 2011 erweitert. Zur Nutzung der Wärme wurde eine Holztrocknungsanlage errichtet, die nach der Wärmenutzungsregelung nach dem EEG 2004 vergütet wird. Weiterhin sind das Wohngebäude und der anliegende Stall als Wärmeverbraucher angeschlossen.

Das BHKW produziert im Jahr eine Wärmemenge von 5.000.000. kWh. Davon werden 500.000 kWh im Jahr vom Fermenter selbst benötigt. Der Wirkungsgrad der Anlage liegt bei 40,5 %. Des Weiteren werden das Wohnhaus mit 750.000 kWh/a und der Stall mit 1.750.000 kWh/a beheizt. Die Holztrocknung benötigt nochmals 1.000.000 kWh pro Jahr, wobei diese zeitlich variabel steuerbar ist. Insgesamt bleiben so 1 Mio. kWh bzw. 20 % der produzierten Wärme im Jahr ungenutzt.

Die Auswertungen bezüglich des aktuellen Wärmebedarfs zeigen, dass im Jahr 2014 speziell für den Monat Januar der Wärmebedarf mit 486,9 MWh sehr hoch war, hingegen im Sommer zum Teil auf unter 200 MWh je Monat zurückfällt. In 8 von 12 Monaten liegt der aktuelle monatliche Wärmebedarf unter 250 MWh. Hierbei geht der Landwirt davon aus, dass er den Eigenbedarf an Wärme noch etwas minimieren kann.

Des Weiteren ist die Anlage an einen Trafo mit einer Aufnahmekapazität von 630 kW angeschlossen, der sich im Besitz des Landwirtes befindet. Die

Mittelspannungseinspeisung beträgt 20 kV. Auch das Potential des Trafos ist nicht vollkommen ausgeschöpft.

Kostenkalkulation

Bei dem jetzigen Wärmeüberschuss würde eine ORC-Anlage mit der elektrischen Leistung von 13,5 kW ausreichen. Diese benötigt zur Vollauslastung eine thermische Leistung von 180 kW. Diese Leistung wird über die meisten Monate durchgehend erreicht bzw. überschritten. Nur im Monat Januar ist der Wärmeverbrauch von den bestehenden Wärmenutzern so hoch, dass nur ein geringer bis gar kein Wärmeüberschuss vorhanden ist. Um einen maximale Ausbeute der überschüssigen Wärme zu erhalten, könnte auch eine ORC-Anlage mit der elektrischen Leistung von 23,5 kW installiert werden. Diese verlangt zur Vollauslastung 303 kW thermische Leistung, ein Wärmeüberschuss, der voraussichtlich nur im Monat Juni erreicht bzw. überschritten wird. Allerdings würde in den anderen Monaten kein Wärmeüberschuss verloren gehen. In dem folgenden Beispiel wird mit den beiden genannten Anlagen eine Kostenberechnung durchgeführt. Der Wirkungsgrad beider Anlagen liegt bei 7,5 %.

Da die Biogasanlage schon seit längerem besteht und daher eine Abschreibung von 20 Jahren unrealistisch ist, wird in diesem Beispiel die Abschreibung der ORC-Anlage auf 16 Jahre begrenzt. Der Zinssatz beläuft sich auf 4 % (siehe Tabelle 3), darüber hinaus kommt zu dem Kaufpreis von 105.000 € bzw. 145.000 € (Conpower, 2013) keine weitere Kosten für die Einhausung hinzu. In der Bestehenden Biogasanlage ist noch genügend Platz vorhanden, für eine ORC-Anlage auf zu stellen. Zum Anschluss der Anlage werden 2,5 % des Anlagepreises veranschlagt. .

Tabelle 3: Kosten der ORC-Anlage

Elek. Leistung [kW]*	Kapitalwert [€]*	Zinsen [%] / Nutzungsdauer [a]	Annuität [€/a]	Nutzbare Wärmemenge	Strompreis [€/kW]	Eigenstrombedarf 20 % [kWh]*	Eigenstrombedarf [€/a]	Instandhaltung (1,5 ct/kWh) [€/kWh]*	Versicherung (0,5 % des Kapitalwertes) [€/a]	Kosten [€/a]
13,5 kW	107.625	4 / 16	9.236,38	850.000	0,19	12.750	2.422,50	191,25	625,00	12.388,25
23,5 kW	148.625	4 / 16	12.136,16	1.000.000	0,19	15.000	2850,00	225,00	825,00	16.573,12

*(Quelle: Conpower 2013)

Für die ORC-Anlage ist kein KWK-Bonus anrechenbar. Stattdessen wird der Technologiebonus nach EEG 2009 berücksichtigt. Da der Start der Anlage im Jahr 2011 erfolgte werden alle Vergütungen und Boni mit einer Degression von einem Prozent zu den Vergütungen von 2009 berechnet. Daraus ergibt sich eine Basisvergütung von 0,08997 €/kWh, ein Nawaro-Bonus von 0,0686 €/kWh, ein Technologie-Bonus von 0,0196 €/kWh und der Gülle-Bonus von 0,0098 €/kWh. Insgesamt ergibt sich daraus eine Vergütung von 0,188 €/kWh. Die Kosten mit 12.388,25 € bzw. 16.573,12 € liegen über dem Erlös von 11.985 € bzw. 14.100 € (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Vergleich Kosten - Ertrag der ORC Anlage

Elektrische Leistung	Vergütung : Basisvergütung Nawaro-Bonus Güllebonus Technologiebonus [€/kWh]	Ertrag [€/a]	Kosten [€/a]	Gewinn [€/a]
13,5 kW	0,188	11.985,00	12.388,25	-403,25
23,5 kW	0,188	14.100,00	16.573,12	-2.473,12

Auf Grund der nicht voll ausgenutzten Leistungskapazität des BHKW über das Jahr hinweg wird die Höchstbemessungsleistung, die sich aus der Maximalen Leistung vom Stichtag 01.08.2014 ergibt nicht erreicht. Und es wäre noch Kapazität für eine ORC – Anlage mit 13,5 kW oder für eine Anlage mit 23,5 kW elektrischer Leistung frei. Seit 2014 ist eine Errichtung einer ORC-Anlage nur noch bei einer bestehenden Anlage erlaubt. Die ORC-Anlage und die schon bestehende Biogasanlage werden als eine Anlage angesehen. Bei einem Erreichen der Höchstbemessungsleistung könnte man mit einer ORC-Anlage nur noch die Substratkosten senken. Dies wäre aber nur bei einem extrem hohen Substartpreis sinnvoll.

Schlussfolgerung

Mit den dargestellten Parametern ist eine wirtschaftliche Nutzung der ORC-Anlage nicht möglich. Zwar können einige Parameter weiter optimiert werden, wie z.B. der Preis für den Eigenstromverbrauch und eine optimalere Ausschöpfung der überschüssigen Wärme bei der 13,5 kW - Anlage. Für eine wirtschaftliche Nutzung der 23,5 kW ORC-Anlage müsste die Wärmeproduktion noch weiter maximiert werden und zugleich die zuvor genannten Punkte optimiert. Neben den genannten Punkten ist der Kaufpreis der ORC - Anlage eine weitere Variable, die durch Verhandlungen oder Kooperationen optimiert werden kann.

3.3 Latentwärmespeicher

Der Betrieb ist im Saarland angesiedelt und liegt im Kreis Saarlouis. Die Hofanlage befindet sich auf 250 m über Normalnull und ist von einer leicht hügeligen Landschaft umgeben. Neben der Milchviehhaltung und dem Ackerbau wurde der Betrieb 2011 um eine Biogasanlage erweitert.

Die Biogasanlage hat laut Angaben des Betreibers eine jährliche Wärmemenge von 1,66 GWh. Die verwendeten Substrate zur Fütterung der Biogasanlage sind Mais, Gras, Gülle, Mist und Sonnenblumen. Die Gärreste werden Teils vom Landwirt selbst zur Düngung verwendet, zum Teil an die Zulieferer der Gülle abgegeben. Die produzierte Wärme wird aktuell zu 55 % genutzt. Dabei werden 68.000 kWh zum Heizen des Wohnhauses verwendet, während der größte Teil zur Beheizung des Fermenters benötigt. Dies sind 850.000 kWh, was wiederum rund 51 % der Gesamtwärmemenge entspricht.

Wärmenutzungskonzepte

Zur Nutzung der überschüssigen Wärme wurden mehrere Ansätze formuliert. Eine Idee bestand darin, die Wärme zum Anbau von Erdbeeren zu nutzen. Dies würde die Aufstellung von Folientunneln bedeuten, in denen die Erdbeeren angebaut würden. Um eine wirtschaftliche Wärmenutzung zu konzipieren, müssten mindestens drei solcher Folientunnel aufgebaut werden. Dies wird jedoch durch Platzmangel auf Grund der topografischen Lage verhindert.

Eine weitere Idee war der Aufbau einer Aquakultur, die in Eigenregie des Landwirtes geführt oder verpachtet werden sollte. Hierbei zeigte sich jedoch unter Berücksichtigung der benötigten Investitionen und der möglichen Vermarktungsschienen, dass auch diese Idee zu den aktuellen Konditionen nicht wirtschaftlich realisierbar ist.

Die am ehesten zu realisierende Idee ist es, die überschüssige Wärme mittels Latentwärmespeichertechnik an Industrieabnehmer zu transportieren. Hierzu wurden über den Landkreis Saarlouis Industrieunternehmen gesucht, die im Umfeld des Betriebes liegen (siehe Tabelle 5). Im Folgenden ist zu prüfen, welche Entfernung die Transportstrecke haben darf und zu welchen Preisen die Wärme abgenommen werden muss, damit die Wirtschaftlichkeit des Projektes gegeben ist.

Tabelle 5: Mögliche Wärmeabnehmer im nahen Umkreis der Biogasanlage

Mögliche Betriebe	Einfache Entfernung Biogasanlage - Betrieb [km]	Fahrzeit [Min.]
A	2	5-6
B	7,5	15
C	11,2	17
D	10	16
E	9,1	17

Kostenkalkulation

An Hand einer Berechnung mit einer optimalen Wärmenutzung wird ermittelt, für welche Betriebe eine Abnahme in Frage kommt. Um eine möglichst optimale Ausnutzung der Überschusswärme zu gewährleisten und einen Pendelbetrieb aufrecht zu erhalten, werden mindestens 3 Container benötigt. Die technischen Daten eines zur Latentwärmespeicherung geeigneten Containers sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6: Technischen Daten eines Latentwärmespeichercontainer; Werksangaben der Firma LaTherm.

Speicherbare Wärme (voll/leer 90°C/40°C)	2,1 MWh
Beladeleistung min./h / max./h	125 kW / 350 kW
Entladeleistung min./h / max./h	125 kW / 175 kW
Verlust	2,5 kWh/Tag
Speichermedium	Natriumacetat
Gewicht Container (ohne Trailer)	29 t

Tabelle 7 zeigt die Anzahl der Fahrten. Die Fahrten lassen sich aus dem Wärmeüberschuss und der möglichen transportierten Wärmemenge ermitteln. Daraus ergeben sich 352 Fahrten, die nötig sind, um die Wärme zum Verbraucher zu transportieren. Rechnet man darüber hinaus hierzu eine Sicherheit von 10 %, erhöht sich die Anzahl auf 387 Fahrten. Dies entspricht in der Praxis ca. einer Fahrt pro Tag. Hierbei wird bei einer Fahrt immer ein voller Container zum Verbraucher gebracht und ein leerer Container zurück zur Anlage genommen.

Tabelle 7: Anzahl Fahrten bei kompletter Wärmenutzung und 3 Containern.

Thermische Leistung Kunde	150
Wärmeverlust Container	2.738 kWh/a
Anzahl Container (theoretisch)	2,2
Anzahl Container (real)	3
Anzahl Fahrten	352
Zuschlag Fahrten	10 %
Fahrten pro Tag	Rund ein Mal pro Tag

Die Anzahl der Container ergibt sich aus der benötigten thermischen Leistung des Kunden, dividiert durch die thermische Leistung der Biogasanlage. Zu diesem Ergebnis wird der Quotient aus der thermischen Leistung des Kunden und der thermischen Leistung des Containers addiert.

Die Investitionskosten setzen sich aus den Containern selbst und der Anschlussstation für die Be- und Entladung zusammen. Hinzu kommen die Planungskosten und ein Puffer für Unvorhergesehenes. Diese sind in Tabelle 8 aufgelistet.

Tabelle 8: Investitionskosten Latentwärmespeicheranlage.

Container (3 Stück)	288.605 €
Peripherie (Entnahme-, Abgabestation)	34.993 €
Planung (3 %)	9.708 €
Unvorhergesehenes (5 %)	16.665 €
Summe	349.971 €

Der größte Teil der Investitionskosten bedingt sich durch die Container. Eine kostengünstigere Produktion durch eine erhöhte Produktionsrate ist derzeit nicht absehbar. Erst wenn höhere Stückmaßen auftreten, könnten evtl. Skaleneffekte die Produktion günstiger machen.

In der folgenden Tabelle werden die Kosten gezeigt, die bei der Lieferung der Wärme an den Nutzer entstehen. Hierfür ist zum einen die Entfernung entscheidend, aber auch die Auslastung des LKW, der für den Transport nötig ist. Für die Kosten des LKWs wird angenommen, dass dieser einmal zu 75 % und einmal zu 100 % ausgelastet ist. Ausgangspunkt beider Annahmen ist, dass der LKW (inkl. Fahrer) zusätzlich in anderen Bereichen eingesetzt wird oder jeweils für den Zeitraum angemietet wird. In der Praxis gestaltet sich jedoch die Umsetzung dieser zwar konstanten aber nur kurzen Nutzung für einen LKW schwierig. Eine Alternative zu der LKW-Nutzung bildet die Anschaffung eines gebrauchten Dollys. Hierbei ist es jedoch unabdingbar, dass der Landwirt einen geeigneten Traktor besitzt, mit dem er die Container zu den Verbrauchern ziehen kann. Dies würde auch zu einer höheren Auslastung der eigenen Maschinen führen. Bei dem Einsatz eines Dollys würden sich die Gesamtkosten (siehe Tabelle 12) je Kilowattstunde um rund 0,43 Cent erhöhen. Der Hersteller der Container gibt eine Laufzeit von 20 Jahren an. Da dies allerdings in der Praxis noch nicht hinlänglich bestätigt wurde, wird hier eine Laufzeit von 15 Jahren angenommen. Dies ergibt sich auch aus der bereits bestehenden Biogasanlage, die für die Wärmelieferung verantwortlich ist und schon seit 2011 in Betrieb ist. Somit beträgt die restliche Laufzeit ebenfalls ca. 15 Jahre. Eine weitere Nutzung bzw. Nutzungsmöglichkeit in 15 Jahren ist noch nicht absehbar und kann daher keine Berücksichtigung finden.

Tabelle 9: Kapitalkosten der Latentwärmenutzung.

Container, Peripherie, Unvorhergesehenes, Planungskosten	349.971 €
Laufzeit	15 Jahre
Zinsen	4 %
Instandhaltungskosten (1,5 %)	5.249,57 €
Strom, Versicherung	1.659,43 €
Betriebskosten laut Containerhersteller (7.50 €/MWh)	5.565 €
Personalkosten	1.855 €
Jährliche Gesamtkosten mit Kapitaldienst	46.155,80 €
Wärmeabgabe an Kunden	739.000 kWh
Wärmekosten	0,0624 €/kWh

Um die Wärme von der Biogasanlage zu dem Verbraucher zu liefern, ist eine Strecke zwischen 2 km und 11,2 km zu fahren. Dabei wurde auf die Nutzung von Autobahnen verzichtet, wodurch auch der Transport mit Dolly und Traktor ermöglicht würde. Die Nutzung der Autobahn erbringt zudem keinen nennenswerten wirtschaftlichen o.ä. Vorteil.

Die Transportkosten setzen sich aus den Maschinenkosten des LKWs, den Personalkosten und dem Dieserverbrauch zusammen. Aus der Anzahl der Fahrten und der transportierten Wärmemenge ergeben sich am Ende die Kosten je transportierte Kilowattstunde Wärme. Dies ist in der nachfolgenden Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Kosten LKW

Maschinenkosten*	Je Nutzungseinheit	Jährl. Nutzung
	51,30 €/h	2.000 h / 100 %
	55,42 €/h	1.500 h / 75 %
Personalkosten	15 €/h	

*KTBL online, 2015

Zwecks einer realistischen Kostenwiderspiegelung werden neben den sich aus der Rechnung ergebenden Transportfahrten noch 10 % Sicherheitszuschlag addiert. Diese beinhalten unvorhergesehene Fahrten bzw. sollten die Kosten für längere Fahrten abdecken, die beispielsweise durch unvorhersehbares Verkehrsgeschehen aufkommen können. Des Weiteren sind die Personalkosten für das Anschließen der Container an die Verbrauchs- bzw. Produktionsanlage in die Transportkosten integriert. Dies wird mit 20 Minuten pro Transport veranschlagt. Daraus ergeben sich für die unterschiedlich entfernten Nutzer folgende in Tabelle 11 dargestellte Kosten.

Tabelle 11: Transportkosten

Transportkosten je Fahrt bei 75 % und 100 % Auslastung des LKWs				
Entfernung [km]	Arbeitskosten [€]	Kosten LKW [€] 75 % / 100 %	Summe [€] 75 % / 100 %	Kosten je kWh [€] 75 % / 100 %
5,5	8,03	29,65 / 27,45	37,67 / 35,47	0,0179 / 0,0169
15	13,25	48,95 / 45,32	62,20 / 58,57	0,0296 / 0,0279
16	13,80	50,99 / 47,20	64,79 / 61,00	0,0209 / 0,0290
17	14,35	53,02 / 49,08	67,37 / 63,43	0,0321 / 0,0302

Bei der anschließenden Addierung der Festkosten und der variablen Kosten ergeben sich die Mindestbeträge, die der jeweilige Abnehmer der Wärme zahlen müsste, um eine wirtschaftliche Wärmenutzung seitens des Biogasanlagebetreibers zu sichern. Ausgangspunkt ist hierbei zunächst die komplette Wärmenutzung. Sollte diese sich verringern bzw. der Abnehmer nicht die komplette Wärme benötigen, steigen die Kosten für die Kilowattstunde Wärme an. Im Folgenden sind die Gesamtkosten für den Verbraucher mit der variablen Nutzung der LKW-Auslastung dargestellt.

Tabelle 12: Gesamtkosten je kWh bei unterschiedlicher Auslastung eines LKWs.

Wärmekosten für Endverbraucher bei 100 % Wärmeabnahme [€/kWh]		
Entfernung [km]	LKW- Auslastung	
	75 %	100 %
5,5	0,0804	0,0793
15	0,0921	0,0903
16	0,0933	0,0915
17	0,0945	0,0926

In Abbildung 2 sind weiterführend zur Tabelle 12 auch die Kosten bei einer geringeren Wärmeabnahme (75 % und 50 %) dargestellt. Hierbei wird jeweils davon ausgegangen, dass der LKW zu 100 % ausgelastet ist.

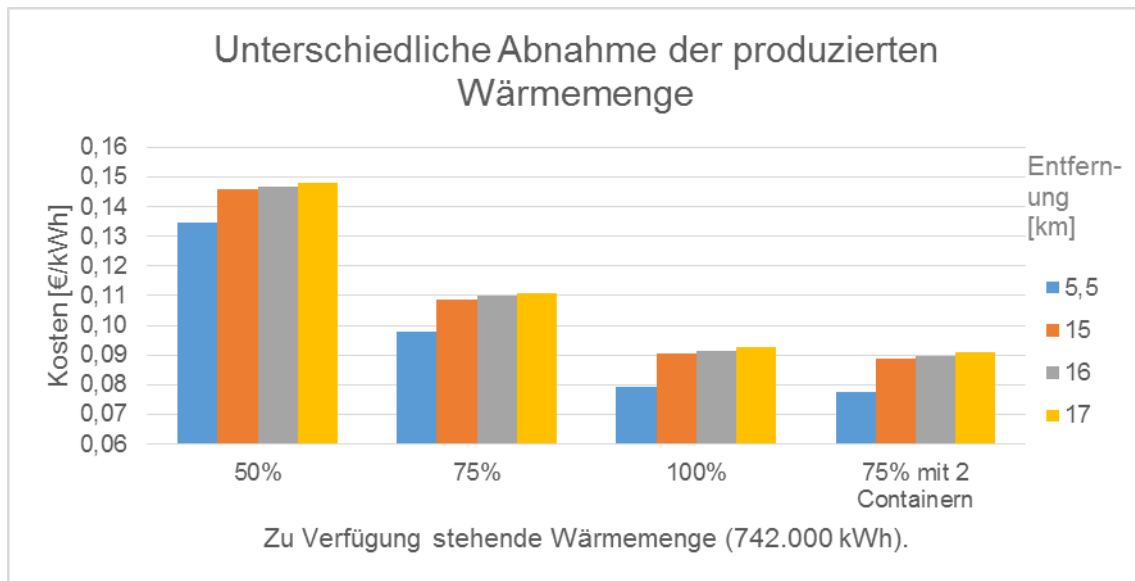


Abbildung 2: Auswirkungen der Wärmeabgabe auf die Gesamtkosten bei unterschiedlichen Verbrauchsmengen mit 3 bzw. 2 Containern

Bei einer Nutzung von nur 75 % der überschüssigen Wärme von der Biogasanlage könnten theoretisch auch zwei Container genügen. Dies hätte nur einen geringen Einfluss auf die Kosten je Kilowattstunde (siehe Tabelle 13). Allerdings würden der zeitliche Aufwand und das finanzielle Risiko minimiert.

Tabelle 13: Gesamtkosten je Kilowattstunde bei der Nutzung von 75 % des Wärmeüberschusses der Biogasanlage und 2 Latentwärmespeicher-Containern.

75 % der Überschusswärme nutzen mit zwei Containern	
Entfernung [km]	Kosten [€/kWh]
5,5	0,0776
15	0,0886
16	0,0898
17	0,0909

Unter der Berücksichtigung des EEG 2009 und einer Degression von einem Prozent wird der Zuschlag des KWK-Bonus für das Jahr 2015 in Höhe von 2,82 Ct/kWh gewährt. Dieser Zuschlag wird anteilig an die erzeugte Strommenge vergütet. Umgerechnet auf die zu betrachtende Biogasanlage wäre das ein Zuschuss von 2,05 Ct/kWh_{th}, Woraus sich die in Tabelle 14 aufgeführten Kosten ergeben.

Tabelle 14: Gesamtkosten je Kilowattstunde abzüglich des KWK Bonuses.

	100 % der Überschusswärme nutzen mit drei Containern	75 % der Überschusswärme nutzen mit zwei Containern
Entfernung [km]	Gesamtkosten [€/kWh]	
5,5	0,0588	0,0571
15	0,0698	0,0681
16	0,0710	0,0693
17	0,0721	0,0704

Schlussfolgerung

Zum Vergleich mit Heizöl und Gas zu tätigen müssen anlagespezifische Verbrauchswerte ermittelt werden (Wartung, Kapitalkosten) und dann mit der Latentwärmespeicherung verglichen werden. Bei einer Betrachtung alleine auf die genutzte Wärme ist zu berücksichtigen, dass je nach Alter einer Verbrennungsanlage bei der Nutzung von Gas bzw. Heizöl ca. 5 – 9 %, als Abwärme verloren gehen. Daus ergeben sich unter der Annahme des durchschnittlichen Heizölpreises von 0,0701 €/kWh in den letzten 365 Tagen (Statista, 2015) (05/2014 – 05/2015) und einem durchschnittlichen Gaspreis von 0,0652 €/kWh im aktuellen Jahr 2015 und durchschnittlich 0,0652 €/kWh im Jahr 2014 (Total, 2015) ein Preis für Heizöl von 0,0764 €/kWh und 0,0711 €/kWh für Gas. Nur unter Berücksichtigung des Energiebonus und sehr kurzen Transportstrecken sowie einer evtl. Preissteigerung der konventionellen Strom wirtschaftlich interessant.

Unter den oben getroffen Annahmen ist die Latentwärmenutzung eine Alternative zu den konventionellen Heizungsanlagen. Wichtigste Entscheidungskriterien für den Wärmeproduzenten sind die Sicherstellung des Transportes der Container unter den oben genannten Bedingungen und eine kontinuierliche Wärmeproduktion. Von Seiten des Verbrauchers ist zudem das Alter der bestehenden Heizungsanlage von hoher Relevanz bzw. die Abwägung, ob sich eine neue Investition lohnen würde. Hierbei sollte auch die wirtschaftliche Situation des Verbrauchers in die Betrachtungen einfließen; zudem muss das Risiko dahingehend abgeschätzt werden, wie hoch die Abnahmesicherheit für die nächsten Jahre ist.

3.4 Mechanisch / thermische Substrataufbereitung /HTC Anlage

Der Betrieb liegt im Landkreis Südwestpfalz auf einer Höhe von 300 m über Normalnull. Neben Ackerbau wird seit 2011 auch eine Biogasanlage betrieben, die nach dem EEG 2009 vergütet wird. Die Anlage verwendet als Substrate Mais, Getreide und Gülle. Die jährlich produzierte Wärmemenge liegt bei 3,33 GWh und wird derzeit in drei Bereichen genutzt. Zunächst benötigt der Fermenter selbst im Jahr 250.000 kWh Wärme. Des Weiteren ist seit 2012 ein Nahwärmenetz angeschlossen, das pro Jahr 1,8 MWh der produzierten Wärmemenge benötigt. Als drittes werden mittels der Wärme eine Holztrocknungsanlage und das Wohnhaus beheizt, die zusammen 350.000 kWh Wärme verbrauchen. Daraus ergibt sich eine Wärmemenge von 930.000 kWh bzw. 28 %, die derzeit nicht genutzt wird. Hierbei ist der Wärmeüberschuss in den Sommermonaten tendenziell höher.

Mögliche Nutzungswege

Ziel des landwirtschaftlichen Betriebes ist es mittels der überschüssigen Wärme eine höhere Ausschöpfung des Grünlandpotentials zu erreichen. Dies hätte neben den arbeitsökonomischen Vorteilen (Entzerrung von Arbeitsspitzen) zudem den Vorteil, dass die Substratkosten gesenkt würden. Um das Gras in der Biogasanlage optimal einzusetzen, muss dieses durch thermische wie auch mechanische Verfahren vorbehandelt werden. Hierbei findet die Tatsache Berücksichtigung, dass die Investitionssumme begrenzt ist. Ein möglicher Anbieter ist die Firma Vogelsang mit einem Rotacut, der das Gras mechanisch bearbeitet.

Zur Nutzung der Wärme wurde eine HTC – Anlage (Hydrothermale Karbonisierung) vorgeschlagen. Eine solche Anlage würde sich aus zweierlei Hinsicht anbieten. Zum einen würde die überschüssige Wärme genutzt. Zum anderen könnte man auch das auf dem Betrieb anfallende Stroh wirtschaftlich nutzen. Als Abnehmer des karbonisierten Festbrennstoffes würde sich möglicherweise eine Tochtergesellschaft der anliegenden Stadtwerke anbieten. Nachteil an der HTC-Anlage sind die hohen Investitionskosten.

Kostenkalkulation

Im ersten Teil der Kostenkalkulation wird die Wirtschaftlichkeit des Rotacut berechnet, der zweite Teil fokussiert die HTC-Anlage.

Zerkleinerung mittels Rotacut

Zunächst werden die entstehenden Kosten für die Installation und den Betrieb des Rotacut betrachtet, um dann die möglichen Potentiale des Mehrertrages an Strom und

damit auch an Wärme sowie die Einsparung, beispielsweise von Rührwerken, einander gegenüberzustellen.

Jährliche Kosten des Rotacut

Die Kosten berechnen sich aus den fixen Kosten, die in Tabelle 15 dargestellt sind. Hierbei handelt es sich um die Kaufkosten und deren Installation. Die Pumpe wird als bereits vorhanden vorausgesetzt, da sie das Substrat aus dem Anmischbecken auch zuvor bereits saugen musste. Die Stromkosten für die Pumpe werden gesondert in Tabelle 16 formuliert.

Tabelle 15: Fixkosten Rotacut

Fixkosten	
Kaufpreis	8.540,00 €
Installationskosten	560,00 €
Laufzeit	8 Jahre
Zinsen	4 %
Fixkosten pro Jahr	1336,50 €

Die variablen Kosten sind abhängig von der Laufzeit und der Verschleißhöhe des Rotacut. Neben den berechenbaren Größen wird zudem noch ein Zuschlag addiert, um etwaige weitere Wartungsarbeiten abzudecken. Darunter fallen beispielsweise das Verstopfen der Anlage oder das Entfernen von Fremdkörpern, ein bei einer Biogasanlage häufig vorkommendes Problem.

Tabelle 16: Variablen Kosten Rotacut

Rotacut RCQ-33G Inline **	
Leistung [kW]**	5,5
Durchflussmenge max. [m ³ /h]**	300
Laufzeit im Jahr [h]	700
Stromverbrauch Rotacut [€/a]	731,50
Stromverbrauch Pumpe (7,5 kW) [€/a]	997,50
Wartung	
Anzahl der Wartung pro Jahr (ohne Störstoffe)*	3,5
Arbeitszeit 2h/Wartung [h]	7
Verbrauchsmaterial (Messer / Filter / Dichtungsringe)[€]	350,00
Unvorhergesehene Wartung [h]	10
Arbeitszeit gesamt [h]	17
Personalkosten pro Jahr [€]	255,00
Variable Kosten pro Jahr [€/a]	<u>1.336,50</u>
Variablen Kosten pro Jahr inkl. Stromverbrauch Pumpe [€/a]	<u>2334,00</u>

*Annahme Wartung alle 200 Stunden **Vogelsang (2014)

Die Gesamtkosten betragen somit 2.692,40 €/a, unterliegen jedoch auf Grund von Verschleiß- und Wartungskosten bestimmten Schwankungen. Unter Einbeziehung der Kosten für den Stromverbrauch der Pumpe ergeben sich Kosten in Höhe von 3689,90 €/a.

Mögliche Ertragssteigerung

Eine Ertragssteigerung ist in mehrerer Hinsicht möglich. Am einfachsten zu berechnen ist ein höherer Gasertrag durch die Zerkleinerung des Materials. Dieser wird je nach Literatur unterschiedlich angegeben. So beschreiben Möch-Tegeder (2014) wie auch Gharpuray et al. (1983) und Carlsson et al. (2012) eine Ertragssteigerung durch Zerkleinern von Substraten. Diese Angaben schwanken jedoch je nach Substrat. Allerdings ist besonders bei Stroh eine Maximierung zu verzeichnen. Aber auch bei Grassilagen ist ein höherer Gasertrag gegenüber dem nicht zerkleinerten Material zu erwarten. In Abbildung 3 ist der finanzielle Mehrertrag veranschaulicht, wenn beispielsweise die Gasproduktion um ein, zwei oder drei Prozent durch die Zerkleinerung des Materials steigt. Zusätzlich sind die Kosten eingezeichnet, die durch die Installation eines Rotacut entstehen.

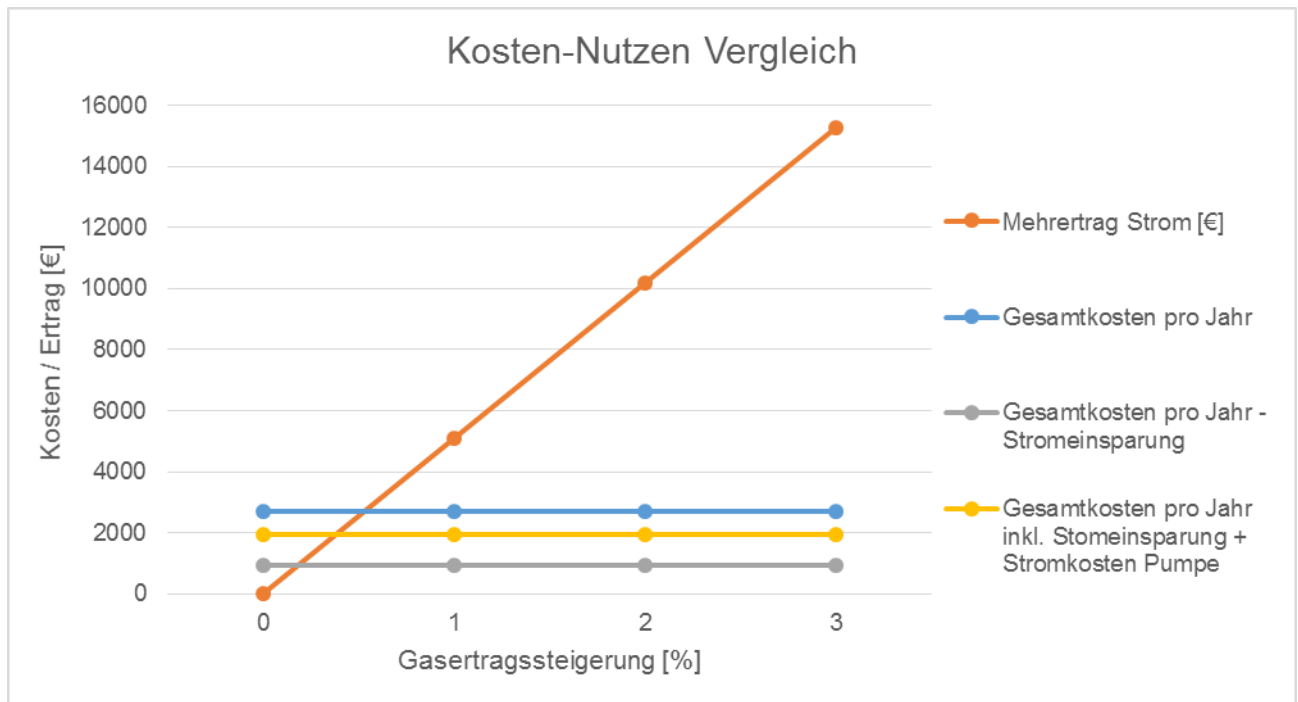


Abbildung 3: Darstellung der benötigten Ertragssteigerung zur Deckung der Rotacut- Kosten

Die Grafik zeigt, dass ohne sonstige Effekte einen Gasmehrertrag von 0,5 % stattfinden muss, um eine wirtschaftliche Nutzung zu generieren. Neben der Steigerung des Gasertrages hat das Zerkleinern des Materials einen positiven Einfluss auf die Rührfähigkeit des Substrats im Fermenter. Zusätzlich wird das Risiko von Störanfällen verringert und führt insgesamt zu einem sicheren Prozessablauf. Eine Verringerung des Strombedarfs um 1 kW/100 m³ beim Rühren würde bei einem Strompreis von 0,19 €/kWh eine Ersparnis von 1.733,75 Euro pro Jahr mit sich bringen. Bei dieser Einsparung können die Kosten um diesen Betrag reduziert werden, was zu einem geringeren benötigten Mehrertrag führt (siehe Abbildung 3). Die Vorteile der geringeren Pumpenbelastung, beispielsweise beim Ausbringen, oder die Prozessstabilität sind schwer in finanzielle Zahlen zu setzen. Ebenfalls wird der Zeitraum des Substratabbaus verringert (Mönch-Tegeder, 2014). All diese Faktoren beeinflussen den Ertrag der Anlage positiv, insbesondere, wenn es in Vergangenheit oft zu Störungen durch den Einsatz von Substraten wie Gras oder Stroh kam. Unter diesen Gesichtspunkten amortisiert sich der Rotacut wesentlich schneller.

Die Nutzung der für den Landwirten günstigen Substraten Gras und Stroh haben hoher Relevanz im Hinblick auf weitere Kostensenkungen mittels des Rotacut. Hierbei soll Mais durch Gras oder Stroh ersetzt werden. Daneben kann auch Mist durch die Zerkleinerungstechnik als kostengünstiges Substrat genutzt werden (Mönch-Tegeder, 2014).

HTC- Anlage

Der Hauptkostenpunkt für eine HTC Anlage besteht in den Investitionskosten. Des Weiteren sollte der Abschreibungszeitraum auf 20 Jahre begrenzt werden, da die Biogasanlage ebenfalls keinen größeren Abschreibungszeitraum hat. Darüber hinaus kann nicht hinreichend sichergestellt werden, ob die Biogasanlage nach 20 Jahren weiter betrieben wird. Die Größe der HTC-Anlage hängt wiederum mit der verfügbaren Wärme der Biogasanlage zusammen. Darüber hinaus ist der Trockensubstanzanteil des Inputstoffes von Belang, denn je feuchter der Inputstoff für die HTC- Anlage, desto mehr Wärme wird zur Produktion der Kohle benötigt.

Bei einem Wärmebedarf von 140 kWh/Mg Frischmasse werden zur Verarbeitung von 10.000 Mg Frischmasse 1.400.000 kWh Wärme benötigt. Zur Verfügung stehen rund 900.000 kWh. Des Weiteren könnten durch den Einsatz des Rotacut die Menge an Wärme maximiert werden; da die Gasausbeute erhöht werden kann. Zum anderen könnten speziell im Sommer größere Mengen an Wärme genutzt werden, die beispielsweise im Nahwärmenetz bzw. durch den Fermenter nicht benötigt werden. Auch die Holzhackschnitzeltrocknung könnte bei Bedarf reduziert werden. In der Berechnung wird zur Sicherheit angenommen, dass rund 350.000 kWh Wärme mit Gas erzeugt werden. Bei einem Einsatz der Frischmasse mit einem TS-Gehalt von 25 % wäre der Ertrag 2.700 t HTC-Kohle (70 % TS-Gehalt). Als Einsatzsubstrate würden Gras, Stroh und Gärrest verwendet werden.

Tabelle 17: Kosten zur Produktion von HTC-Kohle.

Jahresdurchsatz	10.000 Mg/a
Investition Bauteil	708.050 €
Maschinentechnik / E- Technik	2.380.000 €
Investitionen Gesamt	3.088.050 €
Kapitalkosten (20 a Bauteil, 12 a M+E-Teil, 4 % Zins)	305.694 €
Personalkosten	40.187 €
Unterhaltungskosten (Bau- und Maschinenteil)	51.140 €
Betriebsmittel (Strom, Gas)	59.000 €
Verwaltungskosten 10 % von Personalkosten	4.019 €
Versicherung (1 % von Investition)	30.881 €
Analysekosten	12.000 €
Betriebskosten gesamt	176.227 €
Kapitalkosten	305.694 €
Betriebskosten	197.227 €
Jahreskosten	502.921 €
Ertrag HTC-Kohle (70 % TS)	2.700 Mg
Kosten je Tonne HTC-Kohle	186,27 €/Mg

Unter Berücksichtigung des KWK Bonus, der nach EEG 2009 einer HTC– Anlage zur Verfügung steht würden sich die Kosten auf 177,22 €/Mg HTC– Kohle reduzieren. Hierbei wurde der KWK Bonus für das Jahr 2015 unter der Berücksichtigung einer einprozentigen Degression berechnet. Bei dem Vergleich der HTC- Kohle (70 % TS) mit anderen Festbrennstoffen zeigt sich ein geringerer Heizwert von 4,5 GJ/t (Vogt und Fehrenbach, 2012). Daraus ergeben sich Kosten von 41,39 €/GJ Heizwert (39,38 €/GJ Heizwert bei Berücksichtigung des KWK Bonus). Selbst bei einem höheren Heizwert von rund 8 MJ/kg fallen die Kosten mit 23,28 €/GJ (22,15 €/GJ Heizwert bei Berücksichtigung des KWK Bonus) immer noch im Bezug zu anderen Festbrennstoffen zu hoch aus.

Schlussfolgerung

Die Nutzung eines Rotacut würde sich für den Betrieb empfehlen. Hierfür sprechen folgende Punkte:

- Höherer Gasertrag (Ertragssteigerung insbesondere bei ligninhaltigen Pflanzen) (Mönch-Tegeder, 2014)
- Flexibler in der Substratwahl (höherer Einsatz von günstigen Substraten möglich)
- Geringes finanzielles Risiko (geringe Anschaffungskosten)
- Senkung des Stromverbrauches der Rührwerke + leichteres Pumpen möglich
- Maximierung der Abbaugeschwindigkeit der Substrate
- Höhere Prozessstabilität

Neben den Vorteilen muss jedoch auch erwähnt werden, dass mit der Installation zusätzliche Wartungsarbeiten anfallen. Des Weiteren birgt eine zusätzliche technische Komponente immer auch ein Risiko für zusätzliche Störfälle. Diese Punkte sollten allerdings durch die positiven Punkte bei Weitem aufgefangen werden.

Die HTC-Anlage ist bezüglich ihres Ertrags zu gering, als dass es sich für den Biogasanlagebetreiber lohnen würde, eine solch hohe Investition zu tätigen. Darüber hinaus bestätigt dies Kruses (2014) Annahme, dass solche Anlagen erst in fünf bis zehn Jahren im Biogasbereich interessant werden.

3.5 Holzhackschnitzeltrocknung

Betriebs- und Biogasanlagebeschreibung

Der Betrieb liegt in Rheinland-Pfalz auf einer Höhe von ca. 500 m über Normalnull und gehört zum Kreis Bitburg-Prüm. Neben dem Ackerbau wird seit 2011 eine Biogasanlage mit 265 kW elektrischer Leistung betrieben. Das Inputsubstrat setzt sich zusammen aus Mais, Getreide GPS, Ackergras, Gras und Gülle. Die jährlich produzierte Wärmemenge liegt bei 1,6 GWh. Geplant ist, eine zusätzliche BHKW mit einer Leistung von 155 kW an die bestehende Biogasanlage anzuschließen. Dadurch würde die in Zukunft erwartete Wärmemenge auf 2,53 GWh steigen. Allerdings befindet sich das zweite BHKW noch in der Genehmigungsphase. Zusätzlich müsste der Landwirt zum Betreiben des zweiten BHKW weitere Anbauflächen pachten. Vor einer Erweiterung müssen die Gespräche zur Flächenakquise beendet sein. Netzbetreiber baut erst in zwei Jahren das Stromnetz weiter aus, womit eine höhere Stromeinspeisung erst dann ermöglicht würde. Der aktuelle Wärmeüberschuss liegt bei rund 1.100.000 kWh.

Konzeptidee

Ziel ist die Prüfung der Trocknung von Holzhackschnitzel (HHS). Diese sollen an eine 5 km entfernte Ortschaft verkauft werden, die im Begriff ist, ein Nahwärmenetz auszubauen. Zu diesem Zweck sollen zwei bzw. drei Holzhackschnitzelkessel betrieben werden. Diese benötigen 5.300 srm Holzhackschnitzel hoher Qualität mit einem Wassergehalt von 13 %. Das von der Ortschaft bestellte Holz mit einer Feuchte von ca. 40 % würde an die Biogasanlage geliefert und sollte dort getrocknet werden. Für die Spitzenlast plant der Nachbarort darüber hinaus einen Holzhackschnitzel-Kessel ein, der mit 2.500 srm Holzhackschnitzel minderer Qualität betrieben werden soll. Hierbei ist noch unklar, ob dieses Holz ebenfalls mittels der Wärme der Biogasanlage getrocknet wird. Ein direkter Anschluss an das Nahwärmenetz ist nach Aussage des Betreibers auf Grund der Entfernung und der Topografie wirtschaftlich nicht sinnvoll.

Der KWK – Bonus kann nicht angerechnet werden, da im EEG 2009 in der Negativliste die Wärmenutzung für biologische Rohstoffe zur späteren Wärmeengewinnung untersagt. Ausgenommen ist hierbei nur die Wärmenutzung zur Herstellung von Holzpellets.

Kostenkalkulation

Geplant ist der Bau einer Kammer zur Trocknung der Holzhackschnitzel. Die dafür nötigen Anschlussleitungen sind bereits gelegt, es fallen jedoch noch Baukosten für eine Bodenplatte (15m x 15m) und das Abtragen eines Hanges an. Diese belaufen sich auf rund 27.000 € (ALB Hessen, 2012). Die Kosten können allerdings durch den

Anteil an Eigenleistung gesenkt werden. Die Kosten für Trockenkammer, Wärmeanbindung und die fünf Container wurden bereits vom Landwirt selbst angefragt und sind in Tabelle 18 gelistet. Bezüglich des Fuhrparks besteht die Annahme, dass die benötigten Maschinen bereits vorhanden und noch nicht zu 100 % ausgelastet sind, so dass sie in den Prozessablauf integriert werden können. Nur ein Hakenliftanhänger zum Transport der Container müsste neu erworben werden, falls der Landwirt auch den Transport der getrockneten Holzhackschnitzel zum Verbraucher übernimmt.

Da die Container laut Literatur mit einer Nutzungsdauer von 14 Jahren angegeben werden (CARMEN, 2014), sollten auch alle weiteren Investitionskosten, die für die Trocknung der HHS benötigt werden, in diesem Zeitraum abgeschrieben werden. Nur der neu zu kaufende Hakenliftanhänger wird mit 15 Jahren angesetzt, da bei diesem eine Nutzung unabhängig von der Anlage bzw. eine Veräußerung möglich ist. Die Planungs- und Genehmigungskosten betragen 5 % der Investitionssumme. Zusätzlich wird ein Sicherheitszuschlag für unvorhersehbare Ereignisse eingeplant. Dieser wird auch später bei den variablen Kosten mit eingeplant und mit 10 % veranschlagt.

Tabelle 18: Investitionskosten für die Holzhackschnitzel-Trocknungsanlage.

	Kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Zinsen [%]	Annuität [%]	Kapital- kosten [€/a]	Instand- haltung [%]	Instand- haltung [€/a]
Baukosten (Baggerarbeiten Bodenplatte)	26.768,88**	14	4	9,5	2.543,04		
5 Container	35.000*	14	4	9,5	3.325	2	700
Trocknungs- kammer	40.000*	14	4	9,5	3.800	5	2000
Wärmean- bindung	15.000*	14	4	9,5	1.425	1,5	225
Planung, Genehmigung (5 %)	5838,44	14	4	9,5	5.54,65		
Sicherheits- zuschlag (10 %)	12.260,73	14	4	9,5	1.164,77		295,17
Summe bzw. Mittelwert	122.607,32	14	4	9,5	11.647,70	1,7	2.951,77

*Angebotspreise vom Landwirt erhalten ** (ALB Hessen 2012)

Aus der obigen Tabelle ergeben sich feste Kosten in Höhe von 16.059,41 €. Darin ist der Hakenliftanhänger noch nicht enthalten. Dieser wird in den Transportkosten aufgeführt. Der vom Landwirt angedachte Hakenliftcontainer hat ein Nettovolumen von 36,1 m³, woraus sich für die veranschlagten 5.300 srm Holzhackschnitzel rund 147 Fahrten ergeben. Dies bedeutet, dass je Container getrocknete Holzhackschnitzel fixe Kosten in Höhe von 109,25 € je Fahrt entstehen.

Hinzu kommen die Kosten für den Arbeitsaufwand und die Beladung der Container sowie der Stromverbrauch der Belüftung. Bezüglich der Beladung wird vorausgesetzt,

dass an der Anlage selbst ein Radlader vorhanden ist und dieser nicht eigens gekauft werden muss. Er wird pro Container ca. eine halbe Stunde benötigt. Die Arbeitszeit je Container wird mit 1,5 Stunden veranschlagt (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Personal- und Maschinenkosten

	Zeit pro Container [h]	Kosten [€/h]	Vollkosten pro Container [€]	inkl. 10 % Sicherheitszuschlag [€]
Personal	2	15	30,00	33,00
Radlader (2,3 m³, 93 – 111 kW)*	0,5	35,37	17,69	19,45

*KTBL online (2015)

Der Strombedarf ist je nach Trocknungsanlage sehr unterschiedlich. Ausschlaggebend ist der Widerstand der durch das Gut strömenden Luft sowie das Fördersystem. Bei dem angedachten Containersystem ist der Luftwiderstand recht gering, wodurch auch der Strombedarf sinkt und zugleich der Luftvolumenstrom ansteigt. In dem Prüfergebnis von Krämer (2013) wurde ein spezifischer Stromverbrauch pro Kilogramm Wasserverdunstung von 0,011 kWh/kg angegeben. Bei einer voraussichtlichen Wasserverdunstung von 115,3 kg/srm Holzhackschnitzel ergibt sich daraus ein -Stromverbrauch von 1,27 kWh/srm Holzhackschnitzel. Umgerechnet auf einen Container und einem Strompreis von 0,19 €/kWh ergeben sich Kosten von 8,68 €.

Benötigte Wärmeenergie

Für die Trocknung der 5.300 srm Holzhackschnitzel wird eine Wärmemenge von rund 610.000 kWh benötigt. Hierbei wird ein spezifischer Wärmeverbrauch pro Kilogramm von 1,01 kWh/kg Wasserverdunstung angenommen (Krämer, 2013). Diese Menge ist mit der aktuell produzierten Wärme sicher abzudecken. Im Zuge der Erweiterung wäre auch eine Steigerung der Trocknungsmenge möglich. Hierbei müsste aber geprüft werden, ob die geplanten baulichen wie technischen Maßnahmen für eine dementsprechend hohe Leistung ausgelegt sind. Bei einer Vergütung von 0,03 €/kWh thermischer Wärme und einem Bedarf von 4.187 kWh Wärme je Container entstehen Kosten von 125,62 €, bzw. 3,49 €/m³ Holzhackschnitzel.

Insgesamt belaufen sich damit die Kosten für die Trocknung von einem Schüttraummeter Holzhackschnitzel auf 7,74 €. Bei einem Sicherheitszuschlag von 10 % errechnet sich ein Betrag von 8,51 €.

Transportkosten

Für den Transport werden ein Traktor sowie ein Hakenliftanhänger benötigt. Bezüglich des Traktors besteht hier die Annahme, dass dieser auf dem Betrieb bereits vorhanden ist und genutzt werden kann. Ein Hakenliftanhänger ist nicht auf jedem

landwirtschaftlichen Betrieb vorhanden und muss daher neu gekauft werden. Des Weiteren soll dieser zu 100 % für die Beförderung und das Rangieren der Container genutzt werden. Zur Kalkulation der Maschinenkosten werden die Daten des KTBL online MaKost (2015) genutzt.

Die Wegstrecke zwischen Biogasanlage und Verbraucher ist ca. 5,5 km lang und sollte innerhalb von 10 Minuten bewältigt werden. Neben dem eigentlichen Transport müssen noch Zeiten für das Auf- bzw. Aufladen der Container oder das Verkoppeln von Traktor und Anhänger eingeplant werden. Insgesamt werden für die Transportarbeiten 1,5 Stunden veranschlagt. Die Kosten des Anhängers werden gleich passend auf die Transportkosten umgerechnet. Daraus ergeben sich die Werte in Tabelle 20.

Tabelle 20: Transportkosten der Container von der Biogasanlage zum Verbraucher der getrockneten Holzhackschnitzel

	Kosten [€]	Nutzungs- dauer und Zinssatz	Gesamt- kosten pro Jahr	Kosten je Container- transport [€]	inkl. 10 % Sicherheits- zuschlag [€]
Hakenliftan- hänger, Tandemachse 22t*	46.000	15 Jahre 4 %	4.961	33,75	37,12
	Kosten je Nutzungs- einheit [€/h]	Zeit [h]			
Allradschlepper 148 – 167 kW	44,17	1,5		66,26	72,88
Personal	15	1,5		22,50	24,75
Summe				122,50	134,75

*(KTBL online, 2015)

Aus den Transportkosten und den Kosten für die Trocknung ergibt sich ein Gesamtbetrag von 403,80 € je Container. Um Unvorhergesehenes mit abzudecken, sollte auch hier auf diesen Betrag ein Sicherheitszuschlag gerechnet werden. Daraus ergeben sich Kosten für den Biogasbetreiber von 12,35 €/m³ Holzhackschnitzel.

Mit den berechneten Werten ist ein wirtschaftliches Betreiben der Trocknungsanlage möglich, vorausgesetzt, die Trocknung wird kontinuierlich betrieben. Die Kostendifferenz zwischen feuchten und getrockneten Holzhackschnitzel liegt derzeit zwischen 4,92 €/m³ und 7,56 €/m³ (CARMEN, 2015). Zwar ist die Trocknung mit 7,74 €/m³ höher als der aktuelle Marktpreis, aber der Abgabepreis der Wärme ist auch noch flexibel. Wenn dieser von 3 ct/kWh auf 1,5 ct/kWh gesenkt wird, so belaufen sich die Trocknungskosten auf 5,99 €/m³ und liegt damit im mittleren Bereich. Bei einer Abgabe zum Nulltarif der Wärme würden die Trocknungskosten auf 4,25 €/m³ sinken. Das zeigt, dass man im Extremfall sogar noch ein Spiel zwischen den 4,29 €/m³

(Marktpreis) und den genannten 4,25 €/m³ hat und in dem Bereich immer noch wirtschaftlich arbeiten kann.

Schlussfolgerung

Eine wirtschaftliche Nutzung der Trocknungsanlage für Holzhackschnitzel ist unter den zuvor genannten Parameter möglich. Weiterhin können beispielsweise die Baukosten optimiert werden, indem die Bauarbeiten mit Eigenleistungen unterstützt werden. Auch durch eine optimierte Wahl des Transportfahrzeuges können die Transportkosten gesenkt werden.

Bezüglich der Investition und der langfristigen Nutzung ist es für den Biogasbetreiber von zentraler Relevanz, dass die Abnahme garantiert wird. Darüber hinaus ist die Frage zu klären, welche Folgen ein Ausfall der Biogasanlage hätte bzw. wer für die dadurch entstehenden Kosten verantwortlich zeichnet. Wenn der Betreiber der Biogasanlage die Lieferung garantieren und aus diesem Grund in eine Heizungsanlage zur Überbrückung von Ausfallzeiten investieren muss, so müssen diese Kosten Aufnahme in die obige Rechnung finden. Dies würde folglich zu einem Anstieg der Trocknungskosten führen.

Um eine gleichmäßige Trocknung zu garantieren, ist auch die Qualität des Ausgangsmaterials entscheidend. So gilt es regelmäßig zu kontrollieren, wie hoch der Feuchtegehalt der gelieferten Holzhackschnitzel ist. Bei feuchteren Material als in der Rechnung angenommen verschieben sich die Kosten zu Ungunsten des Biogasbetreibers.

Eine längere Nutzung über die berechneten 14 Jahre hinaus ist prinzipiell möglich. Dabei gilt es aber zu berücksichtigen, dass die Biogasanlage auch beinahe abgeschrieben ist und eine weitere Nutzung aus technischer bzw. aus wirtschaftlicher Sicht heute noch nicht abzuschätzen ist. Aus diesem Grund muss auch bei möglichen Erweiterungen immer die Laufzeit der Biogasanlage Berücksichtigung finden.

4. Fazit

Bereits im EEG 2009 wurde eine Wärmenutzung von Biogasanlagen angestrebt. Mit dem EEG 2012 wurde dann die Verwertung der Abwärme des BHKW fest vorgeschrieben, wodurch nun 60 % der Wärme genutzt werden müssen.

Hier gilt es jedoch im ökologischen wie auch im ökonomischen Sinne eine positive Lösung der Wärmenutzung zu finden. Dies gestaltet sich allerdings gerade bei Biogasanlagen, die abseits von Kommunen stehen, mit Blick auf die Umsetzung schwierig. Zudem sollen natürlich neben den vorgeschriebenen 60 % der Wärmenutzung auch die weiteren 40 % Wärmeüberschuss verwendet werden. In der Praxis haben sich diesbezüglich in den letzten Jahren unterschiedliche Systeme etabliert. Dabei passt jedoch nicht jedes System der Wärmenutzung zu jeder Anlage. Anhand der Anlage A wird die Nutzung der Wärme in einem Nahwärmenetz dargestellt, das wegen der nahen Lage zu den Verbrauchern kostengünstig zu realisieren ist. Des Weiteren ist die geografische Lage von Vorteil, da keine Berge, Täler oder Bäche die Verlegung des Nahwärmenetzes behindern. Dies bildet einen der Hauptgründe, weshalb bei den folgenden Anlagen kein Nahwärmenetz installiert werden konnte. Gleiches gilt auch für den Anschluss an ein Fernwärmenetz. Durch den hohen Anteil an Eigenleistungen minimieren sich bei der Anlage A zusätzlich die Investitionskosten, was zusätzlich zu einer höheren Rentabilität führt. Insgesamt ist das Nahwärmenetz schon bei geringen Abnahmen mit einer Vergütung von 0,06 €/kWh wirtschaftlich zu betreiben.

Eine ORC-Anlage bietet eine sehr gute Möglichkeit, die Wärme eines BHKWs auch an abgelegenen Anlagen zu nutzen. Voraussetzung ist allerdings, dass von Seiten der Anschlüsse an das Stromnetz eine höhere Stromeinspeisung noch möglich ist. Bezüglich der Nachteile von ORC-Anlagen seien der schlechte Wirkungsgrad und die hohe Investitionssumme angeführt. Diese führte auch im obigen Beispiel dazu, dass die Anlage über eine ORC-Anlage die Abwärme nicht wirtschaftlich nutzen kann. Durch die hohe Investitionssumme muss unbedingt berücksichtigt werden, wie lange die Biogasanlage noch EEG Anspruch hat. Die Nutzung von Latentwärmespeichern lässt eine Wärmenutzung in einem größeren Gebiet zu. Mit diesem System können auch geografische Hindernisse einfach überbrückt werden. Jedoch gestaltet sich bei dieser Art des Wärmetransports das Akquirieren eines Abnehmers schwierig, der konstant und auf längere Zeit einen hohen Wärmeverbrauch zu verzeichnen hat. Größter Hindernisgrund zur Umsetzung dieses Wärmenutzungsmodells für Anlagen mit geringem Wärmeüberschuss sind die hohen Investitionskosten. Hinzu kommt bei der Anlage C, dass keine wirtschaftliche Auslastung eines LKWs gegeben ist. Nur durch eine Kooperation der anliegenden Industrieanlagen wäre eine flexible Nutzung eines LKWs möglich. Andernfalls bliebe als Alternative nur der Erwerb eines Dolly zum Transport der Container. Dieser könnte dann auch von den Hofschleppern gezogen werden.

Bei dem Betrieb D wurden gleich zwei Systeme berechnet. Zunächst wurde die Möglichkeit untersucht, das Substrat mittels eines Rotacut der Firma Vogelsang zu zerkleinern. Hier konnten die Berechnungen wie auch Literaturangaben klar nachweisen, dass sich eine solche Zerkleinerungsanlage, speziell beim Einsatz von strukturreichen Substraten wie Gras und Stroh, lohnt. Auch ist das finanzielle Risiko durch die relativ kleine Investitionssumme gering. Die HTC-Anlage stellt insbesondere mit der hohen Investitionssumme ein erhebliches finanzielles Risiko für den Anlagenbetreiber dar. Zugleich ist eine hohe Wärmemenge vonnöten, damit die Anlage eine maximale Produktion von HTC-Kohle erreicht. Neben den Problemen der hohen Produktionskosten ist auch eine sichere Abnahme der HTC-Kohle schwierig zu garantieren, da sich dafür noch kein breiterer Markt gebildet hat. Erst bei wesentlich geringeren Investitionskosten könnte eine solche HTC-Anlage für den Anlagebetreiber zu einer interessanten Alternative werden, ist jedoch bisher in diesem kleinen Maßstab nicht sinnvoll.

Die Holzhackschnitzeltrocknung bietet eine einfache Form der Wärmenutzung. Minimaler technischer Aufwand sowie die relativ niedrige Investitionssumme machen diese Möglichkeit zu einer attraktiven Alternative. Vor allem das finanzielle Risiko ist überschaubar, da beispielsweise Anlagenteile wie die Container oder der Anhänger jederzeit wieder verkauft werden können. Nur die baulichen Maßnahmen und die damit verbundenen Kosten entziehen sich einer flexiblen Handhabung. Die oben durchgeführte Rechnung verdeutlicht, dass eine Trocknung wirtschaftlich möglich ist. Hierbei ist zu beachten, dass die Wärme zunächst ohne Kosten zur Verfügung steht. Da die Wärme als Nebenprodukt zur Verfügung steht, entstehen dafür primär keine Kosten. Der Verkaufspreis dieser Abwärme ist somit flexibel festzulegen und macht dieses Trocknungsverfahren gegenüber anderen Verfahren für Holzhackschnitzel konkurrenzfähig.

Zentralster Punkt bei allen genannten Beispielen bleibt das Akquirieren eines Abnehmers, der die Wärme entsprechend verwerten kann, oder das Produzieren eines Produktes, dessen weitere Vermarktung garantiert ist. Für die Anlagenbetreiber stellen meist auch die hohen Investitionssummen ein nicht unwesentliches Risiko dar. Zudem stehen viele Techniken erst am Anfang ihrer Entwicklung und die wirtschaftliche Bedeutung dieser Systeme muss weiter forciert werden, um deren Nutzung auch in kleinerem Rahmen zur ökonomisch und ökologisch sinnvollen Alternative werden zu lassen.

Literaturverzeichnis

ALB Hessen (2012): Richtpreis für den Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude und ländlicher Wohnhäuser. Ausgabe 2013/2014, Kassel

DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum. 2014. Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse) Zwischenbericht.

Mönch-Tegeder, M. (2014): Untersuchung zur Verwertbarkeit von Pferdemist im Biogasprozess, Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart

Carlsson, M., A. Lagerkvist and F. Morgan-Sagastume (2012): The effects of substrate pretreatment on anaerobic digestion systems: A review. Waste Management, 32(9): 1634-1650

CARMEN (2012): Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen, Ein Beitrag zur effizienten Wärmenutzung und zum Klimaschutz. Centrales Agrar- Rohstoff- Marketing- und Energie- Netzwerk, Straubing http://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/merkblatt_Nahwaermenetz_carmen_ev.pdf abgerufen 30.03.2015 16:56

CARMEN (2014): Trocknung von Energieholz und Getreide mit Biogas-Wärme, Centrale Agrar- Rohstoff- Marketing- und Energie- Netzwerk, Straubing

CARMEN (2015): Durchschnittlicher Preis für leichtes Heizöl in Deutschland in den Monaten Juli 2014 bis Juni 2015
<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1692/umfrage/preis-fuer-einen-liter-leichtes-heizoel-monatsdurchschnittswerte/> abgerufen 08.07.2015

Conpower (2013) <http://www.conpower.de/downloads/FAQs-ORC-Anlagen.pdf> abgerufen 08.06.2015 10:41

Gharpuray, M. M., Y.-H. Lee and L.T. Fan (1983): Structural modification of lignocellulosics by pretreatments to enhance enzymatic hydrolysis. Biotechnology and Bioengineering, 25 (1): 157-172.

Krämer, G.(2013): Mobiltrockner – Prüfergebnisse und Direktvergleich, Institut für Holztechnik http://www.ibt-kraemer.de/mediapool/57/574217/data/Pruefergebnis_Mobiltrockner_und_Direktvergleich_Hakenliftcontainer_2013-10-19.pdf abgerufen 05.05.2015 15:42

Krusse, A.(2014): Kohle aus der Biogasanlage, Wochenblatt
<https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjlhO2QooHLAhWJbhQKHRv4B4cQFggdMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.uni-hohenheim.de%2Fqisserver%2Ffds%3Fstate%3Dmedialoader%26objectid%3D8895>

%26application%3DIslf&usg=AFQjCNHsZR543qMSAWEHavR1ZaYeJV_A5A&sig2=SL9Ycnz7prXQsmu6lfJmDg&cad=rja abgerufen 08.06.2015 14:42

KTBL online (2015) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
<http://daten.ktbl.de/makost/startseite.do#start> abgerufen 07.06.2015 09:15

Statista (2015): <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1692/umfrage/preis-fuer-einen-liter-leichtes-heizoel-monatsdurchschnittswerte/>

Vogelsang (2014): RotaCut®, Nasszerkleinerer mit Fremdkörperabscheider, Flyer

Vogt R. & Fehrenbach H. (2010): Vergleichende ökologische Bewertung der technischen Trocknung von Holzhackschnitzeln, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg