



WÄRMEWENDE FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE BETRIEBE

WIE DIE LANDWIRTSCHAFT LOKALE RESSOURCEN FÜR DEN KLIMASCHUTZ NUTZEN KANN

In den letzten Jahren haben sich viele landwirtschaftliche Betriebe mit der Nutzung Erneuerbarer Energien ein zweites Standbein aufgebaut. Sie erhöhen so ihre Wertschöpfung und gleichen damit Risiken aus den schwankenden Erlösen der Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse aus. 2017 haben landwirtschaftliche Betriebe etwa 1,8 Milliarden Euro in Erneuerbare-Energien-Anlagen investiert. Nach wie vor spielen hierbei Biogasanlagen die wichtigste Rolle. Neben dem Stromverkauf rückt schon seit geraumer Zeit die Nutzung der Erneuerbaren Wärme ins Zentrum der Überlegungen. Dies kann in Nahwärmenetzen für anliegende Dörfer umgesetzt werden, wobei die Nutzung der Wärme nicht außer Acht gelassen werden sollte. Die regenerativen Ressourcen sind im ländlichen Raum nicht nur in Form von Energiepflanzen, sondern auch von tierischen Exkrementen und durch Hackschnitzel etwa aus Kurzumtriebsplantagen direkt aus dem eigenen Stall oder vom eigenen Feld. So werden jährlich 200 Millionen Tonnen Gülle auf deutschen Äckern ausgebracht. Die energetische Nutzung der Gülle sorgt nicht nur für saubere Wärme auf deutschen Höfen, sondern kann auch einen erheblichen Beitrag zur Einsparung von Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft leisten. Der vorliegende Leitfaden zeigt anhand Beispielrechnungen zur Umrüstung alter Heizungen durch Gülle- und Hackschnitzelheizungen, dass die Wärmewende in landwirtschaftlichen Betrieben schon heute möglich und wirtschaftlich darstellbar ist.



1 WÄRMEVERSORGUNG DURCH EINEN HACKSCHNITZELKESSEL

Die Nutzung von Holz als regenerativer Brennstoff bietet sich beispielsweise für landwirtschaftliche Betriebe an, die eigene Waldflächen und betriebszweigspezifisch

einen hohen Wärmeenergiebedarf aufweisen. Im vorliegenden Steckbrief wird ein landwirtschaftlicher Betrieb mit Sauenhaltung (450 Sauen) betrachtet. Über einen

Holz hackschnitzelkessel und einen fossilen Spitzenlastkessel werden die Stallgebäude und zusätzlich das Wohnhaus mit Wärme versorgt



Objekte / Wärmenetz	Wärmebedarfe / Verluste	Summen	Quellen
Wohnhaus (Baujahr 1979-1983), 160 m ² Nutzfläche	Spezif. Heiz- und Brauchwasser- wärmebedarf: 170 kWh/(m ² *a)	rd. 27 MWh/a	vgl. (Blesl et al. 2009)
Stallgebäude Sauenhaltung (450 Sauen) (ca. 950 m ² Mindestfläche)	Spezif. Heizenergiebedarf: 950 kWh/(Sau*a) (inkl. Ferkel bis 28 kg)	rd. 430 MWh/a	vgl. (Verband der Landwirtschafts- kammern e.V. 2009)
Wärmeleitung (100 m)	Verlust Wärmeverteilung bezogen auf zugeführte Wärme	rd. 5%	vgl. Zielwerte in (Pex 2012)
Gesamtwärmebedarf (inkl. Verlust Wärmenetz)			

Der Verlust der Wärmeverteilung über die Wärmeleitung wird mit 5 % vergleichsweise gering angesetzt. Nach (Pex 2012) wird für neu-

verlegte Wärmenetze und moderate Rücklauftemperaturen eine Verlustleistung je Meter Wärmetrasse von ca. 25 Watt angenommen.

Wird das Netz das ganze Jahr betrieben, errechnet sich hieraus ein spezifischer Verlust von 219 kWh/(m*a).

1.1 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER WÄRMEBEREITSTELLUNG

Zur Wärmeversorgung in dem hier erforderlichen Leistungsbereich (rund 140 kW) stehen automatisch beschickte Holzhacksnitzelkessel verschiedenster Anbieter zur Verfügung (siehe (FNR 2017)). Die Volllaststunden für den Biomassekessel wurden mit 2.500 Stunden

angesetzt (vgl. auch (Hiendlmeier 2013); (Hiendlmeier 2016)). Für die Sauenhaltung muss ganzjährig Heizwärme – zu unterschiedlichen Anteilen je nach Jahreszeit – bereitgestellt werden. Es wird davon ausgegangen, dass ein Heizölkessel auf dem landwirtschaftlichen

Betrieb vorhanden ist, der als Reservelastkessel genutzt werden kann. Alternativ kann auch ein Pelletkessel als Reservelastkessel installiert werden. In diesem Falle ergeben sich zusätzliche Investitionskosten.

Technik	Nutzungsgrad	Volllaststunden/ Jahr	Brennstoffbedarf
Holzhacksnitzelkessel (140 kW)	81%	2.500 Stunden	rd. 130 Tonnen Holzhacksnitzel (30% Wassergehalt)
Fossiler Reservelastkessel (180 kW)	80%	rd. 660 Stunden	rd. 15.000 Liter Heizöl
Alternativ: Regenerativer Pellet- Reservelastkessel (180 kW)	80%	rd. 660 Stunden	rd. 30 Tonnen Pellets

Insgesamt sind jährlich rund 130 Tonnen Holzhackschnitzel bei einem Wassergehalt von 30 % erforderlich. Das Holz kann als Waldrestholz aus eigenen Wäldern bereitgestellt oder von Brennstoffhändlern zugekauft werden. Hierbei kann auch

Landschaftspflegeholz eingesetzt werden. Insgesamt können über dieses Konzept im Vergleich zu einem Öl-Brennwertkessel als Heiztechnologie knapp 100 t CO₂-Äquivalentemissionen pro Jahr eingespart werden (Daten

auf Basis von GEMIS-Version 4.94). Beim Einsatz eines Holzpellet-Reservelastkessels können zusätzlich rund 40 t CO₂-Äquivalentemissionen pro Jahr eingespart werden.

1.2 INVESTITIONS-, BETRIEBS- UND VERBRAUCHS- GEBUNDENE KOSTEN

Die Investitionskosten für den Hackschnitzelkessel mit Peripherie werden mit rund 85.000 Euro und die Kosten für die Wärmeleitung werden mit rund 20.000 Euro abgeschätzt (exkl. MwSt.). In der Summe resultieren hieraus Investitionskosten in Höhe von rund 105.000 Euro (siehe Tabelle). Daraus ergibt sich eine Annuität in Höhe von rund 10.000 Euro (Kalkulationsgrundlage 15 Jahre; Zinssatz 5 %). Es wird davon ausgegangen, dass der fossile Spitzenlastkessel bereits auf dem landwirtschaftlichen Betrieb vorhanden ist und daher keine zusätzlichen Investitionen anfallen.

Für den Fall des Einsatzes eines Holzpellet-Reservelastkessels muss mit einer zusätzlichen Investition für den Pelletkessel in Höhe von rund 40.000 Euro gerechnet werden. Weiterhin ist ein Pelletlager zu errichten.

Die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten umfassen die Kosten für Brennstoffe, Wartung/Instandhaltung, Personal, Versicherung und Ascheentsorgung und werden mit rund 23.000 Euro pro Jahr kalkuliert (exkl. MwSt., siehe Tabelle). Mit Blick auf die Personalkosten wird davon ausgegangen, dass ein wöchentlicher Arbeitszeitbedarf von 4 Stunden für Beschickung und ggf. Wartung der Anlage erforderlich ist.

Investitionskosten	€
Bautechnik ^a	20.965
Maschinentechnik ^b	41.795
Elektro- und Leittechnik ^c	6.269
Nebenkosten ^d	10.482
Kosten für Unvorhergesehenes ^e	5.241
Kosten für Wärmeverteilung ^f	20.070
Gesamte Investitionskosten	104.823

Tabelle Übersicht über Investitionskosten Hackschnitzelkessel, Wärmeleitung und Peripherie (exkl. MwSt.)

- ^a 20 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
- ^b spezifische Kosten für Maschinentechnik: 250 €/kWth (FNR 2014); zusätzlich Kosten für Pufferspeicher (40 l/kW) (IER 2016)
- ^c 15 % der Kosten für Maschinentechnik (FNR 2014)
- ^d 10 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
- ^e 5 % der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
- ^f Annahme: 200 Euro/m Trasse (vgl. (C.A.R.M.E.N. o.J.)), zusätzl. Übergabestationen

Kostenposition	€/a
Brennstoffkosten Waldhackschnitzel ^a	9.414
Brennstoffkosten Heizöl ^b	5.527
Wartungs- und Instandhaltungskosten ^c	1.541
Kosten für Versicherung und Steuern ^d	524
Personalkosten ^e	5.200
Kosten für Betriebsmittel sowie zur Ascheentsorgung ^f	524
Summe	22.730

Tabelle Übersicht über betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten (exkl. MwSt.)

- ^a 72,5 €/t (35% WG); Jahresmittel 2016 nach (C.A.R.M.E.N. 2017), MwSt. abgezogen
- ^b 37,1 €/100 Liter Brennstoffkosten Heizöl; Jahresmittel August 2016 bis Juli 2017 nach (Tescon 2017), MwSt. abgezogen, Annahme, dass 20% Preisreduktion für Großabnehmer
- ^c 1,0%/a für Bautechnik; 2,0%/a für Maschinentechnik; 1,5%/a für Elektro- und Leittechnik; 2,0% für Nahwärmenetz (FNR 2014)
- ^d 0,5 %/a der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)
- ^e Annahme mittlerer Stundenlohn von 25 Euro und 4 Stunden Arbeitszeit je Woche
- ^f 0,5%/a der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)

1.3 WÄRMEBEREITSTELLUNGSKOSTEN UND PARAMETERVARIATION

Die Summe der annuisierten Kosten aus Kapital-, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten beträgt unter den dargestellten Bedingungen rund 33.000 Euro pro Jahr.

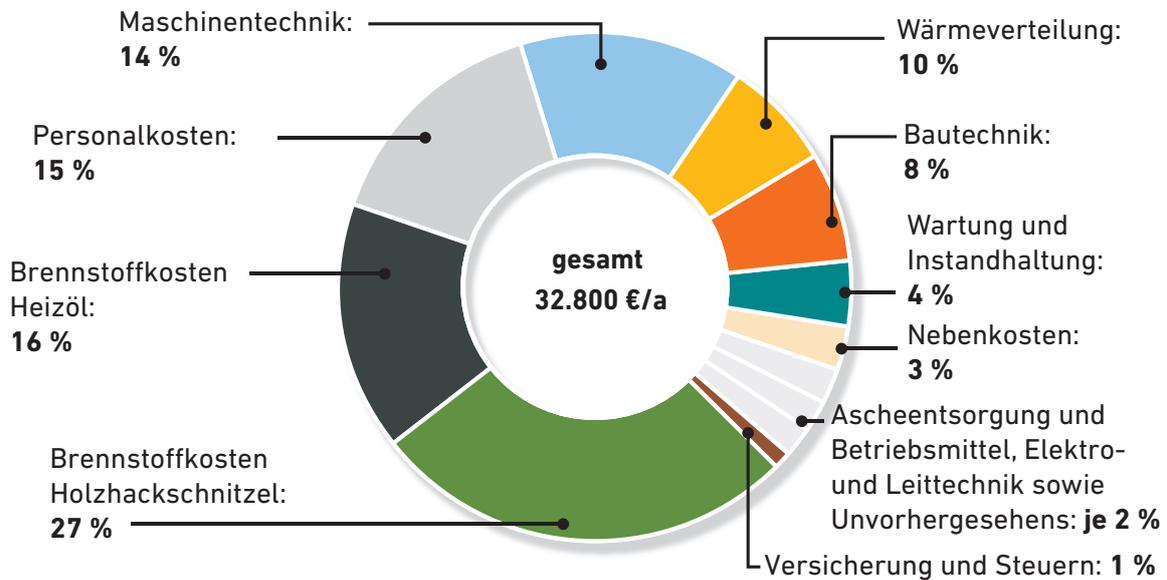
Die unten stehende Abbildung zeigt die prozentuale

Aufteilung der jährlichen Kosten auf die einzelnen Kostenparameter. Die kapitalgebundenen Kosten nehmen einen Anteil von 31 %, die Brennstoffkosten einen Anteil von 46 % und die betriebsgebundenen Kosten einen Anteil

von 23 % ein.

Aus obigen Annahmen resultieren Wärmegestehungskosten in Höhe von 72,2 Euro/MWh (inkl. Wärmeverteilung). Etwaige Fördermaßnahmen sind nicht berücksichtigt.

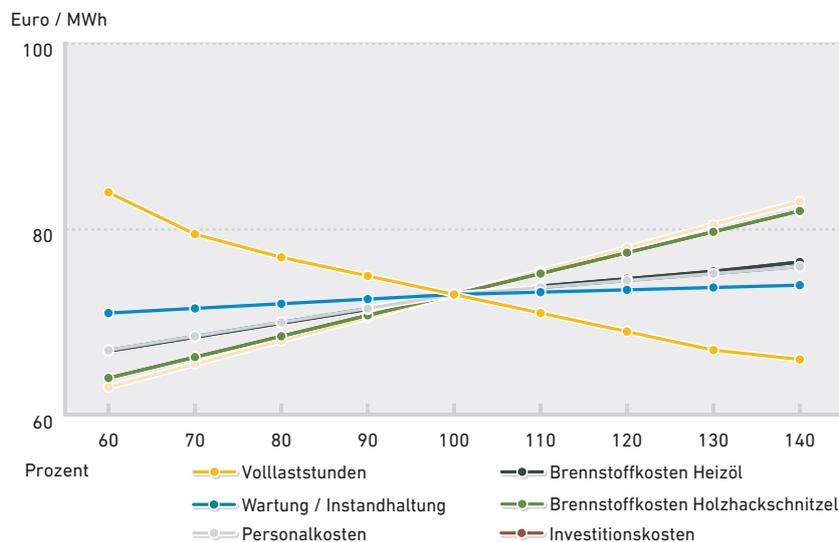
Jährliche Kosten zur Wärmeversorgung eines Landwirtschaftlichen Betriebs über ein Holzhackschnitzelkessel



Die Parametervariation zeigt deutlich den starken Einfluss der Höhe der Brennstoffkosten (Hackschnitzel) auf das Gesamtergebnis. Kann beispielsweise Holz kostengünstiger als unter

den oben getroffenen Annahmen aus dem eigenen Wald bereitgestellt werden, so lassen sich hieraus nennenswerte Kostenreduktionspotenziale realisieren

Parametervariation der Wärmegestehungskosten bei der Wärmeversorgung über einen Holzhackschnitzelkessel



2 WÄRMEVERSORGUNG DURCH EINE GÜLLE-KLEINANLAGE

Betreiber von Gülle-Kleinanlagen können nach dem EEG (2017) mit einer festen Einspeisevergütung rechnen. Der anzulegende Wert wurde auf 23,14 cent/kWh festgesetzt und verringert sich beginnend mit dem 1. April 2017 zum 1. April und zum 1. Oktober eines Jahres für die nach diesem Zeitpunkt in Betrieb

genommenen Anlagen jeweils um 0,5 % (siehe EEG 2017, §44a). Neben dem Bezug der EEG-Vergütung kann eine ergänzende Wärmenutzung einen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit von Gülle-Kleinanlagen leisten. Dabei kann nur derjenige Wärmeanteil genutzt werden, der nicht für die Wärmeversorgung des

Fermenters – gerade auch im Winter - benötigt wird (FNR 2015). Entsprechend sind die jahreszeitlich unterschiedlichen Wärmebedarfe für den Fermenter und die weiteren zu versorgenden Objekte zu berücksichtigen. Als Beispiel dient derselbe landwirtschaftliche Betrieb wie in der Berechnung eines Hackschnitzelkessels.



2.1 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER WÄRMEBEREITSTELLUNG

Der landwirtschaftliche Betrieb umfasst 2.500 Mastschweineplätze mit einem Gülleanfall von 4.000 m³/Jahr. Für den Betrieb der Gülle-Kleinanlage stehen zusätzlich jährlich 350 Tonnen Rinderfestmist und 1.000 Tonnen

Silomais (35 % FM) zur Verfügung (vgl. (FNR 2015)). Der Silomais wird von rund 23 Hektar Anbaufläche bereitgestellt (Annahme: Ertrag von 50 Tonnen FM je Hektar und 12 % Silierverluste, vgl. (FNR 2016) und (FNR 2015)).

Damit werden die Vorgaben für Gülle-Kleinanlagen gemäß EEG erfüllt, da der Anteil an Gülle (hierzu zählt auch Rinderfestmist) mindestens 80 % Massenanteil beträgt.

Technik	Nutzungsgrad	Volllaststunden/Jahr	Substrateinsatz	Viehbedarf, Flächenbedarf ²
Biogas-BHKW (75kWel, 98kWth) ¹	35% elektrisch 47% thermisch	8.000 Stunden	rd. 4.000 m ³ Schweinegülle, rd. 350 Tonnen Rinderfestmist rd. 1.000 Tonnen Silomais	rd. 2.500 Mastschweineplätze rd. 35 Milchkühe rd. 23 Hektar Anbaufläche Silomais (inkl. 12% Silierverluste)

¹ Mittelwerte nach ASUE Kenndaten 2014/2015 ² vgl. (FNR 2015) und (KTBL 2017)

Insgesamt werden bei angenommenen 8.600 Volllaststunden pro Jahr rd. 625 MWh Strom erzeugt, die eingespeist und vergütet werden. Weiterhin stehen rd. 845 MWh pro Jahr an Wärme zur Verfügung, die für die Fermenterheizung sowie die Wärmeversorgung des Wohngebäudes und der Stallungen genutzt

werden können. Unter den hier getroffenen Annahmen können der Wärmebedarf und die Fermenterbeheizung vollständig über die Wärme des Biogas-BHKW gedeckt werden. Dennoch wird davon ausgegangen, dass auf dem Betrieb ein fossiler Kessel vorhanden ist, der im Bedarfsfall wie z.B. sehr kalten

Wintertagen oder beim Ausfall des BHKW in Betrieb genommen werden kann.

Insgesamt können über dieses Konzept im Vergleich zu einem Einsatz fossiler Brennstoffe zur Wärmeversorgung 32 t CO₂-Äquivalentemissionen pro Jahr eingespart werden (Daten auf Basis von GEMIS-Version 4.94).

2.2 INVESTITIONS-, BETRIEBS- UND VERBRAUCHSGEBUNDENE KOSTEN

In unten stehender Tabelle sind die Investitionskosten aufgelistet, die für die Errichtung der Gülle-Kleinanlagen angesetzt werden (KTBL 2017). Mit Peripherie und Kosten für die Wärmeleitung werden sie mit gut 705.000 Euro

gesamt abgeschätzt. Hieraus ergibt sich eine Annuität in Höhe von rd. 65.500 Euro. In den Kalkulationen wurde berücksichtigt, dass die Lebensdauer von Feststoffeintrag und Pumpstation jeweils 7 Jahre beträgt und dass das

BHKW nach 10 Jahren ersetzt werden muss. Für die weiteren Anlagenkomponenten und baulichen Einrichtungen wurde eine Lebensdauer von 20 Jahren zugrunde gelegt. Weiterhin wurde mit einem Zinssatz von 4 % kalkuliert.

Investitionskosten	€
Feststoffeintrag ^a	56.250
Gärbehälter ^a	152.000
Gärrestlager ^a	234.500
Zentrale Pumpstation ^a	26.800
BHKW inkl. Peripherie ^a	120.000
Mess-, Steuer- und Regeltechnik ^a	32.000
Kosten für Wärmeverteilung ^a	20.070
Kosten für Unvorhergesehenes, Planung ^c	64.162
gesamte Investitionskosten	705.782

Tabelle Übersicht über die Kosten der Erstinvestition einer Gülle-Kleinanlage, Wärmeleitung und Peripherie

^a auf Basis KTBL-Biogasrechner ((KTBL 2017) und (FNR 2013))

^b Annahme: 200 Euro/m Trasse (vgl. (C.A.R.M.E.N. o.J.)), zusätzl. Übergabestationen

^c Annahme: 10 % der Gesamt-Investitionskosten (FNR 2013)

Die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten umfassen die Kosten für Maissilage, die Kosten für Wartung/Instandhaltung, Eigenstromverbrauch, Verbrauchsmaterial, Personal und Versicherung und werden mit rund. 74.000 Euro pro Jahr kalkuliert. Die Kosten für die Maissilage werden mit 35 €/t FM angesetzt. Mit Blick

auf die Personalkosten wird davon ausgegangen, dass ein täglicher Arbeitszeitbedarf von zwei Stunden für Beschickung und Betrieb der Anlage erforderlich ist. Die Strombezugspreise wurden auf Basis von aktuellen Gewerbestromtarifen von Energieversorgern kalkuliert und mit 20,9 cent/kWh angesetzt (Annahme:

Strombedarf unter 100.000 kWh/a). Liegen die Preise für den Strombezug jedoch über den aktuellen erzielbaren EEG-Vergütungen, ist zu prüfen, ob eine Eigenstromnutzung des im BHKW erzeugten Stroms für die Stromversorgung von Wohngebäude und Stallungen wirtschaftlich sinnvoll ist.

Kostenposition	€/a
Kosten Maissilage ^a	35.000
Wartungs- und Instandhaltungskosten ^b	9.766
Kosten für Versicherung ^c	3.529
Eigenstromverbrauch (8 %) ^d	10.428
Schmierstoffe/Verbrauchsmaterial, Laboranalysen ^e	4.400
Personalkosten ^f	10.950
Summe	74.073

Tabelle Übersicht über betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten bei Gülle-Kleinanlage

^a 75,4 €/t (15% WG) (auf Basis Brennstoffkosten Getreidestroh, (FNR 2014))

^b 37,1 €/ 100 Liter Brennstoffkosten Heizöl; Jahresmittel August 2016 bis Juli 2017 nach (Tescon 2017), MwSt. abgezogen, Annahme, dass 20% Preisreduktion für Großabnehmer

^c 1,0%/a für Bautechnik; 2,0%/a für Maschinentchnik; 1,5%/a für Elektro- und Leittechnik; 2,0% für Nahwärmenetz (FNR 2014)

^d 0,5 %/a der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)

^e Annahme mittlerer Stundenlohn von 25 Euro und 4 Stunden Arbeitszeit je Woche

^f 0,5%/a der gesamten Investitionskosten (FNR 2014)

2.3 ENERGIEBEREITSTELLUNGSKOSTEN UND PARAMETERVARIATION

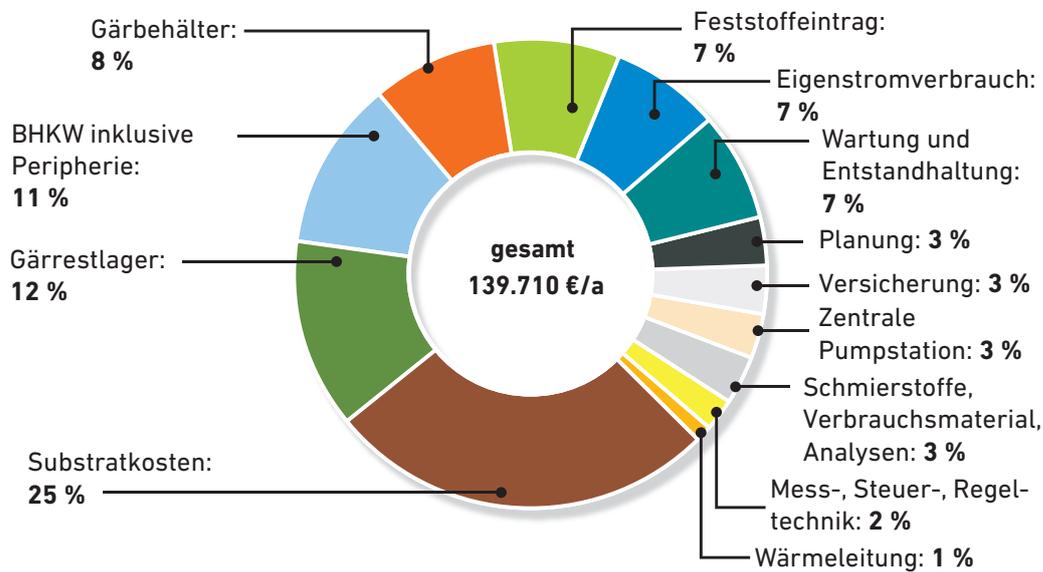
Unten stehende Abbildung zeigt eine prozentuale Aufteilung der jährlichen investitions-, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten in Höhe von rd. 140.000 Euro auf die einzelnen Kostenparameter.

Aus diesen Annahmen resultieren Stromgestehungskosten in Höhe von 22,4 cent/kWh. Wird die Wärmegutschrift mit berücksichtigt, die aus der Nutzung der Abwärme des BHKW für Wohnhaus und Stallungen resultiert, so reduzie-

ren sich die Stromgestehungskosten auf 21,1 cent/kWh. Stellt man diese Kosten den erzielbaren Stromerlösen in Höhe von 22,91 cent/kWh (Inbetriebnahmezeitpunkt Quartal IV 2017) gegenüber, so zeigt sich, dass die Wärmenutzung durchaus die Wirtschaftlichkeit der Gülle-Kleinanlage erhöhen kann. Insgesamt können jährliche Kosten für den Heizölbezug zur Wärmeversorgung in Höhe von rund 7.800 Euro eingespart werden. Entscheidend für einen wirtschaftlichen Betrieb

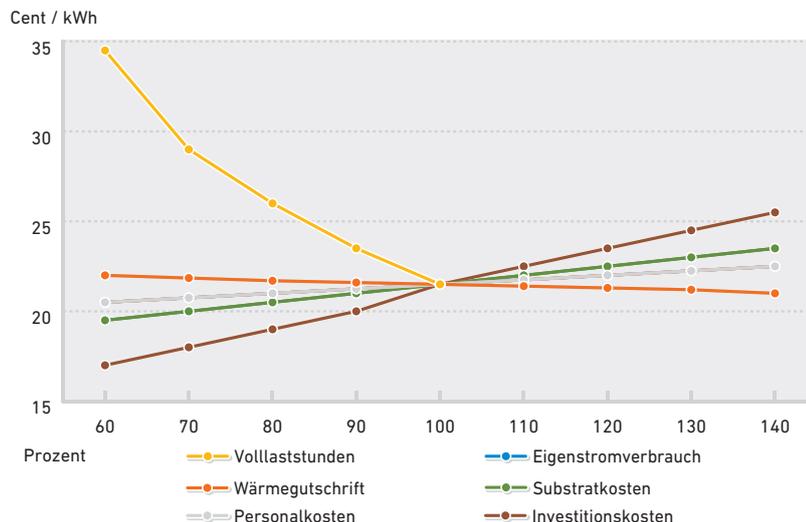
von Gülle-Kleinanlagen ist es jedoch, eine hohe jährliche Auslastung der Anlage zu gewährleisten. Mit 8.600 Jahresvolllaststunden wurden für die Berechnungen optimistische Annahmen getroffen. Unten stehende Abbildung zeigt deutlich den Einfluss der Höhe der Volllaststunden auf die Höhe der Stromgestehungskosten. Daneben haben die Höhe der Investitionskosten und die Substratkosten ebenfalls einen nennenswerten Einfluss.

Jährliche Kosten zur Wärmeversorgung eines Landwirtschaftlichen Betriebs über ein Gülle-Kleinanlage



Lebensdauer von Feststoffeintrag und Pumpstation jeweils 7 Jahre, BHKW 10 Jahre, weitere Komponenten 20 Jahre.

Parametervariation der Wärmegestehungskosten bei der Wärmeversorgung über eine Gülle-Kleinanlage



3 Quellen

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE):
RENEWS SPEZIAL 76 Erneuerbare Wärme.
Berlin, November 2015.

AEE: RENEWS SPEZIAL 79 Die kommunale
Wärmeplanung. Berlin, November 2016.

AEE: RENEWS SPEZIAL 81 Biogene Rest- und
Abfallstoffe. Berlin, August 2017.

AEE: RENEWS SPEZIAL 82 Holzenergie in
Deutschland. Berlin, August 2017.

Blesl, M.; Kempe, S.; Ohl, M.; Fahl, U.; König, A.;
Jenssen, T.; Eltrop, L. (2009): Wärmeatlas
Baden-Württemberg. Erstellung eines
Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen.
Endbericht. Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung (IER), Universität
Stuttgart. Stuttgart.

BIOBETH (2011): Energetische Nutzung von
Stroh im Saale-Holzland-Kreis. Studie im
Auftrag der Bioenergieregionen Jena/Saale-
Holzland. BIOenergieBERatung THüringen.
Jena.

C.A.R.M.E.N. (o.J.): Nahwärmenetze und
Bioenergieanlagen. Ein Beitrag zur effizienten
Wärmenutzung und zum Klimaschutz.
C.A.R.M.E.N. Merkblatt. Online verfügbar unter
https://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/merkblatt_Nahwaermetz_carmen_ev.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2017.

C.A.R.M.E.N. (2017): Preisindizes für
Holzbrennstoffe. Jahresmittelwerte und
Graphiken. Online verfügbar unter
<https://www.carmen-ev.de/infotehke/preisindizes>, zuletzt geprüft am 02.08.2017.

FNR (2013): Leitfaden Biogas. Von der
Gewinnung zur Nutzung. Fachagentur
Nachwachsende Rohstoffe e.V. 6., überarbeitete
Auflage. Gülzow.

FNR (2014): Leitfaden Feste Biobrennstoffe.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 4.,
vollständig überarbeitete Auflage. Mai 2014.
Gülzow.

FNR (2015): Gülle-Kleinanlagen. Fachagentur
Nachwachsende Rohstoffe e.V. 1. Auflage,
Gülzow.

FNR (2016): Basisdaten Bioenergie
Deutschland 2016. Festbrennstoffe,
Biokraftstoffe, Biogas. Fachagentur
Nachwachsende Rohstoffe e.V. 13. Auflage.
Gülzow.

FNR (2017): Hackschnitzelheizungen.
Marktübersicht. Fachagentur Nachwachsende
Rohstoffe e.V. 5., aktualisierte Auflage. Gülzow.

Härdtlein, Marlies; Reith, Sören; Kirch, Felix;
Eltrop, Ludger (2016): Datengrundlagen und
Konzeption für den Online-

Wärmekostenrechner für Wohn- und
Nichtwohngebäude. Institut für
Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.
Stuttgart. Online verfügbar unter
http://www.ier.uni-stuttgart.de/online_tools/heizkostenvergleich/index.html, zuletzt geprüft am 02.08.2017.

Hiendlmeier, Sabine (2013): Betriebsdaten
geförderter bayerischer Biomasse-Heizwerke.
Auswertung Jahresberichte 2012. C.A.R.M.E.N.
17.12.2013. Straubing. Online verfügbar unter
https://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/Eval_2012.pdf, zuletzt geprüft am 14.08.2017.

Hiendlmeier, Sabine (2016): Betriebsdaten
geförderter bayerischer Biomasse-Heizwerke.
Auswertung Jahresberichte 2014. C.A.R.M.E.N.
14.01.2016. Straubing. Online verfügbar unter
https://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/Biomasseheizwerke/Eval_2014.pdf,
zuletzt geprüft am 14.08.2017.

IER (2016): Heizkostenvergleich. Interne
Datensammlung für die Ausarbeitung des
Heizkostenvergleichs für Wohn- und
Nichtwohngebäude. Institut für
Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.
Stuttgart.

KTBL (2017): Wirtschaftlichkeitsrechner
Biogas. Online-Tool. Kuratorium für Technik
und Bauwesen in der Landwirtschaft. Online
verfügbar unter <http://daten.ktbl.de/biogas/>,
zuletzt geprüft am 02.08.2017.

Pex, Bernhard (2012): Nahwärmenetze und
Heizwerke - Erfolgsfaktoren und Erfahrungen.
Präsentation auf der Fachtagung: "Wärme aus
Biomasse - Stand der Technik und
Perspektiven". Landwirtschaftszentrum Haus
Düsse, 26. Januar 2012. C.A.R.M.E.N.

Saunus, Christoph (1998): Planung von
Schwimmbädern. Bau und Betrieb von priva-
ten und öffentlichen Hallen- sowie Freibädern
einschließlich Whirlpools und medizinischer
Bäder. 4. Auflage. Düsseldorf. Krammer Verlag.

Tescon (2017): Entwicklung der Heizölpreise in
Deutschland. Stand Juli 2017. Online verfügbar
unter <http://www.tecson.de/pheizoel.html>,
zuletzt geprüft am 15.08.2017.

Verband der Landwirtschaftskammern e.V.
(2009): Energieeffizienzverbesserung in der
Landwirtschaft. Landwirtschaftskammern
Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen.
Berlin.

Zeller, Vanessa; Weiser, Christian; Hennenberg,
Klaus; Reinicke, Frank; Schaubach, Kay; Thrän,
Daniela et al. (2011): Basisinformationen für
eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher
Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung.
Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms
"Energetische Biomassenutzung", Band 2.
DBFZ. Leipzig.

Impressum

Agentur für Erneuerbare Energien
Invalidenstraße 91
10115 Berlin

Telefon.: +49/30 200535 30
kontakt@unendlich-viel-energie.de
www.unendlich-viel-energie.de

Redaktion
Marlies Härdtlein, Benjamin Dannemann
Vi.S.d.P.
Philipp Vohrer

Stand
Dezember 2017

Bildnachweis
© Shutterstock Inc
Layout
Zitrusblau.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.