

Wärmerückgewinnung aus Gülle



Ökonomische Bewertung der Wärmerückgewinnung aus der Gülle in der Schweinezuchtanlage Bortewitz

René Pommer

Inhalt

1	Zielstellung	7
2	Material und Methoden	7
2.1	Gegenstand der Untersuchung	7
2.2	Das Funktionsprinzip der Wärmepumpe	9
2.3	Messprogramm	9
3.1	Temperaturverlauf	11
3.2	Wärmeertrag	14
4	Ökonomische Bewertung	18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Güllekühlleitung, Nahaufnahme während der Verlegung.....	8
Abbildung 2:	Die beiden Wärmetauscher vor Inbetriebnahme der Anlage. Der Boiler im Hintergrund ist der Wärmespeicher für die Heizung.....	8
Abbildung 3:	Funktionsprinzip einer Wärmepumpe	9
Abbildung 4:	Der Pegelstand der Gülle (37 cm) und Befestigungspunkte der Messsensoren für die Messung der Gülletemperatur am Metallstab.....	10
Abbildung 5:	Der Metallstab wurde durch ein Rohr geschützt und mit Schellen an der Buchtenwand arretiert.....	10
Abbildung 6:	Außentemperaturverlauf im Messzeitraum (Station Wurzen)	11
Abbildung 7:	Temperaturverlauf in einem Ferkelaufzuchteteil, in der Gülle und in 5 cm Bodentiefe (Station Wurzen) im Messzeitraum von 26.10.2017 bis 07.09.2018.....	12
Abbildung 8:	Temperaturverlauf im Wartestall, in der Gülle und in 5 cm Bodentiefe (Station Wurzen) im Messzeitraum vom 21.12.2017 bis 07.09.2018.....	13
Abbildung 9:	Täglicher Wärmeertrag in kWh in Abhängigkeit von der Außentemperatur in 2 m Höhe (Station Wurzen) im Messzeitraum von 28.11.2016 bis 18.6.2018.....	14
Abbildung 10:	tägliche Betriebsstunden der beiden Wärmepumpen in Abhängigkeit von der Außentemperatur in 2 m Höhe (Station Wurzen) im Messzeitraum von 28.11.2016 bis 18.06.2018	15
Abbildung 11:	Wärmeertrag und Stromverbrauch je Tag in kWh im Messzeitraum 05.12.2016 bis 18.06.2018	16
Abbildung 12:	kWh Wärmeertrag je kWh Stromeinsatz in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Messzeitraum 05.12.2016 bis 18.06.2018	17
Abbildung 13:	Strombedarf der einzelnen Wärmepumpen und Wärmeertrag im Messzeitraum vom 10.07.2017 bis 18.06.2018.....	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energieerzeugung und -verbrauch im Messzeitraum 2.1.2017 bis 1.1.2018.....	19
Tabelle 2: Flüssiggaszukauf SZA Bortewitz seit Inbetriebnahme.....	19
Tabelle 3: Kalkulation der jährlichen Einsparung.....	19
Tabelle 4: Kalkulation der CO2 - Ersparnis	20
Tabelle 5: Weitere Kosten	20

Abkürzungsverzeichnis

COP	Coefficient of Performance
e.G.	eingetragene Genossenschaft
SZA	Schweinezuchtanlage
WRG	Wärmerückgewinnung

1 Zielstellung

In der Schweinezuchtanlage (SZA) Bortewitz der Agrargenossenschaft Doberschütz e.G. wurde eine Anlage zur „Güllekühlung“ installiert. Durch zwei Wärmetauscher wird der Gülle Wärme entzogen und als Prozesswärme für die Schweineproduktion bereitgestellt. Das Verfahren ist hoch innovativ und wurde in Sachsen zum ersten Mal umgesetzt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand in der ökonomischen Bewertung des Verfahrens der Wärmerückgewinnung aus Gülle und darauf aufbauend der Ableitung von Empfehlungen für die Praxis. Dazu sollte der Wärmeenergieertrag und der Stromverbrauch im Praxiseinsatz gemessen sowie weitere Verfahrenskosten erfasst werden.

Die vom Hersteller angegebene Emissionsminderung sowie weitere Synergieeffekte waren nicht Gegenstand der Untersuchung.

2 Material und Methoden

2.1 Gegenstand der Untersuchung

In der Gemeinde Bortewitz wurde eine ehemalige Anlage zur Rinderhaltung zu einer modernen Schweinehaltungsanlage umgebaut. Sämtliche Gebäude wurden zunächst entkernt und von Grund auf neu gestaltet. Einen wesentlichen Bestandteil bildeten dabei etwa 6,5 km Kühlleitung, die in allen Abteilen großflächig in Beton gegossen wurden (Abbildung 1). Darauf wurden die Sammelbehälter und Kanäle für die Gülle aufgebaut. Die Tiefe der Wannen beträgt 40 cm von der Sohle bis zur Unterkante der Spaltenböden.

Im Jahr 2016 wurde die Anlage für ca. 800 Sauen fertig gestellt. Sie zeichnet sich durch einen guten konventionellen Standard der Schweinehaltung aus. Bei den Sauen handelt es sich um Dänische Zuchtgenetik. Die erzeugten Jungsauen dienen der Reproduktion des Zuchtbestandes an einem anderen betriebseigenen Standort und dem Verkauf an etwa 30 Kunden in Mitteldeutschland.

Zur Wärmerückgewinnung (WRG) wurden zwei Wärmepumpen „Robust Eco 42“ von der Firma Klimadan installiert (Abbildung 2). Klimadan ist der dänische Exklusivhändler von Thermia Wärmepumpen. Die Wärmepumpen verfügen über jeweils 42 KW Wärmeleistung und sind so bemessen, dass sie den kompletten Stall ausreichend mit Wärme versorgen können. Sie speisen die Heizung der einzelnen Stallabteile über Heizrohre und die Ferkelnester über eine Fußbodenheizung. Es ist „für den Notfall“ eine Gasheizung vorhanden. Der Sozialtrakt (Duschen) wird nicht über das System versorgt.



Abbildung 1: Güllekühlleitung, Nahaufnahme während der Verlegung



Abbildung 2: Die beiden Wärmetauscher vor Inbetriebnahme der Anlage. Der Boiler im Hintergrund ist der Wärmespeicher für die Heizung.

Die Kennzahl für die Effizienz von Wärmepumpen ist die Leistungszahl COP (Coefficient of Performance). Sie stellt das Verhältnis von gewonnener zu eingesetzter Energie dar. Laut Firmenprospekt (KLIMADAN, o.J.) ist der COP bei BO/W 35 nach EN 14511 und dem Kältemittel R410A mit 4,31 angegeben. Das bedeutet, bei einer Sohlentemperatur von 0 °C und einer Vorlauftemperatur des Heizwassers von 35 °C werden mit einer kWh Strom 4,31 kWh Wärme gewonnen (KLIMA-INNOVATIV, o.J.). Da diese „Laborbedingungen“ in der Praxis nicht vorliegen, ist auch ein niedrigerer COP zu erwarten.

2.2 Das Funktionsprinzip der Wärmepumpe

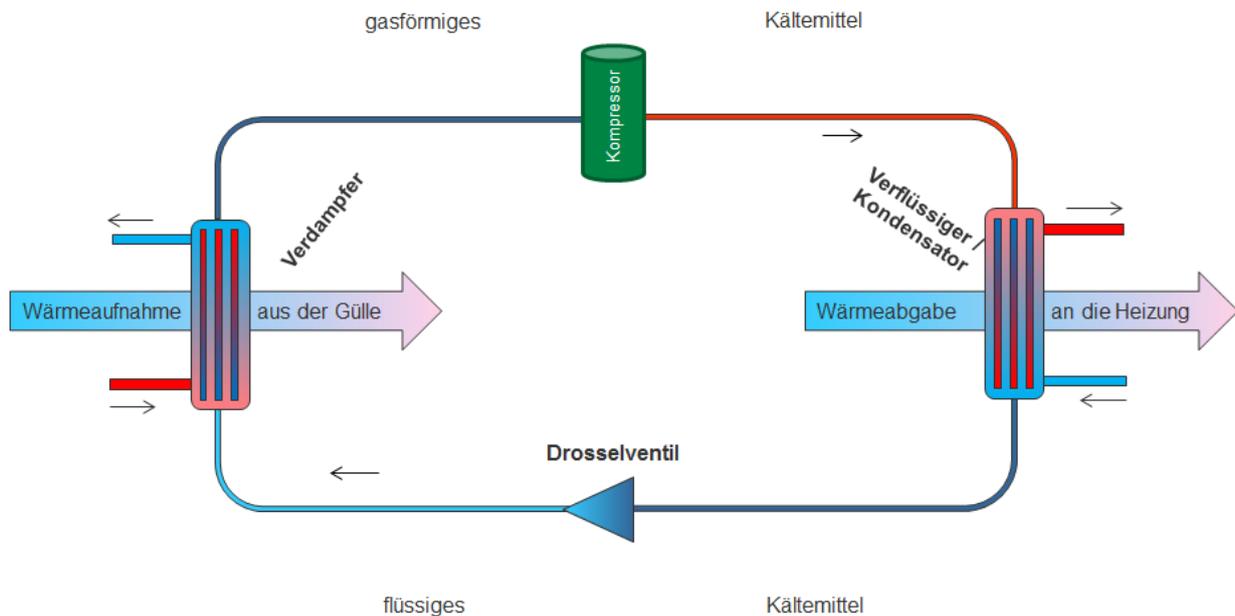


Abbildung 3: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe

Die Übertragung von Energie aus einem Medium in ein Anderes mit Hilfe einer Wärmepumpe funktioniert folgendermaßen:

1. Die mit einem Kälteträger gefüllten Leitungen wurden in den Boden (hier der GÜllekanäle, **(Abbildung 3: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe)**) einbetoniert. Der Kälteträger nimmt dort die Energie aus der Umgebung (hier der GÜlle) auf, wodurch die Temperatur der Flüssigkeit um einige Grad erhöht wird.
2. Die Kälteträgerflüssigkeit wird zum Verdampfer geleitet. Hier gibt sie einen Teil seiner Energie ab an das Kältemittel, was dadurch erwärmt und schließlich zum Verdampfen gebracht wird.
3. Das aufgewärmte, gasförmige Kältemittel gelangt in den Kompressor, wo es verdichtet wird. Dadurch steigt seine Temperatur.
4. Im Verflüssiger (auch Kondensator) gibt das Kältemittel seine Wärmeenergie ab an den Wärmeträger (hier Wasser der Heizung). Durch diese Abkühlung wechselt es in den flüssigen Aggregatzustand.
5. Der Wärmeträgerkreis kann das warme Wasser nun dem Heizkreislauf zuführen.
6. Das noch warme, flüssige Kältemittel wird durch ein Drosselventil gedrückt. Dahinter expandiert es und kühlt dabei ab. Der Prozess beginnt von neuem.

2.3 Messprogramm

Um die Effizienz der Anlage in der Praxis beurteilen zu können wurden zwei Stromzähler und ein Wärmemengenzähler eingebaut. Die Betriebsstunden wurden aus der Steuerung der Wärmepumpen abgelesen. Die Zählerstände wurden einmal wöchentlich abgelesen und manuell in ein Protokoll übertragen. Der gesamte Messzeitraum dauerte vom 26.10.2016 bis 24.09.2018.

Zusätzlich wurde im Zeitraum vom 26.10.2017 bis zum 27.09.2018 die Gülletemperatur in zwei Tiefen jeweils in einem Ferkelaufzuchtteil und einem Wartestall gemessen. Dazu wurden Messsonden an einem Metallstab in Höhen von 5 cm und 20 cm (Abbildung 4) angebracht. Dieser Metallstab wurde durch die Spalten bis auf die Sole abgesenkt. Geschützt wurde die Konstruktion durch ein darüber gestecktes Metallrohr. Letzteres wurde mit Schellen an der Buchtentrennwand befestigt (Abbildung 5). Als Datenlogger dienten Tinytags vom Typ TGP-4520.



Abbildung 4: Der Pegelstand der Gülle (37 cm) und Befestigungspunkte der Messsensoren für die Messung der Gülletemperatur am Metallstab.



Abbildung 5: Der Metallstab wurde durch ein Rohr geschützt und mit Schellen an der Buchtentrennwand arretiert.

In den Abteilen wurden die Temperaturverläufe mit Datenloggern „Tinytag“ TGP-4500 aufgezeichnet.

Als Vergleichswert für die Außen- und Bodentemperatur wurden die Daten der agrarmeteorologischen Station Wurzen herangezogen (LfULG, o.J.).

In der Buchhaltung der Agrargenossenschaft wurden die Bezugsmengen und -kosten für Flüssiggas und Strom sowie Unterhaltungsaufwendungen erfasst. Die Mehrkosten der Herstellung wurden durch den Hauptauftragnehmer, die Firma „Danbauer“, zugearbeitet.

3 Messergebnisse und Diskussion

3.1 Temperaturverlauf

Abbildung 6 zeigt den Verlauf der Außentemperaturen über den gesamten Messzeitraum. Während im Jahr 2017 höchste Tagesdurchschnittstemperaturen von 25 °C erreicht wurden, betragen die maximalen Werte ein Jahr später fast 30 °C. Das ist insofern bemerkenswert, dass es sich dabei um die Durchschnittstemperatur eines ganzen Tages, also 24 Stunden handelt. In diesen ausgeprägten Hitzeperioden ist damit zu rechnen, dass das Stallklima nicht im optimalen Temperaturbereich gehalten werden kann.

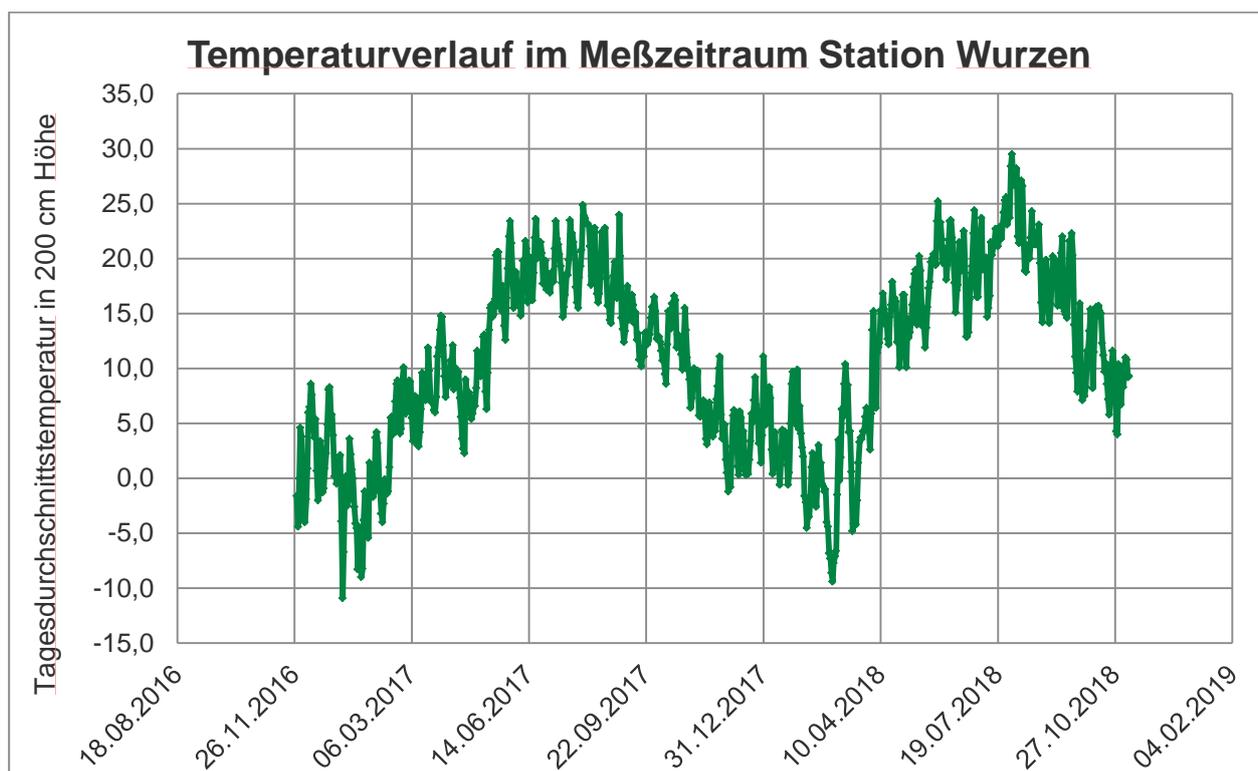


Abbildung 6: Außentemperaturverlauf im Messzeitraum (Station Wurzen)

Die Ferkelaufzucht im Gewichtsbereich von 8 bis 28 kg wird im konsequenten „Alles-Rein-Alles-Raus“-Verfahren bewirtschaftet. Die Temperatur wird über die 7 Wochen Aufzuchtdauer bewusst abgesenkt und damit den Bedürfnissen der Tiere angepasst. Zu beachten ist, dass der Temperaturmesspunkt nicht im Aufenthaltsbereich der Tiere lag und deshalb nicht als Maßstab für die Einhaltung von Wohlfühltemperaturen gelten konnte. Er liefert jedoch einen Anhaltspunkt zum Temperaturverlauf.

Im Winter ist die Temperaturkurve im Ferkelaufzuchtenteil gut zu erkennen (Abbildung 7). Vor der Einstellung wurde auf bis zu 25°C vorgeheizt. Im Verlauf eines Durchganges wurde die Temperatur auf ca. 21°C abgesenkt. Nach der Ausstallung der Läufer wurden die Abteile gereinigt und desinfiziert (Serviceperiode). Um die Sensoren zu schützen, wurden diese in der Serviceperiode abgebaut und in einen separaten Raum gelegt. An den unterbrochenen Linien der Gülletemperatur und dem abrupten Absinken der Linie für die Abteilterperatur sind diese Zeiten deshalb deutlich zu erkennen.

Mit steigenden Zulufttemperaturen ab dem Frühjahr war die Temperaturabsenkung im Verlauf der Aufzucht nicht mehr wie gewollt zu gewährleisten. Temperaturspitzen von mehr als 30 °C traten im Juli / August auf. Die Temperatureinbrüche in den Serviceperioden sind nicht mehr zu erkennen, weil auch im Lagerraum ähnliche Temperaturen zu verzeichnen waren wie im Abteil. In der Serviceperiode im April 2018 wurde offensichtlich darauf verzichtet, die Sensoren abzubauen, da die Messkurve keine Unterbrechung aufweist.

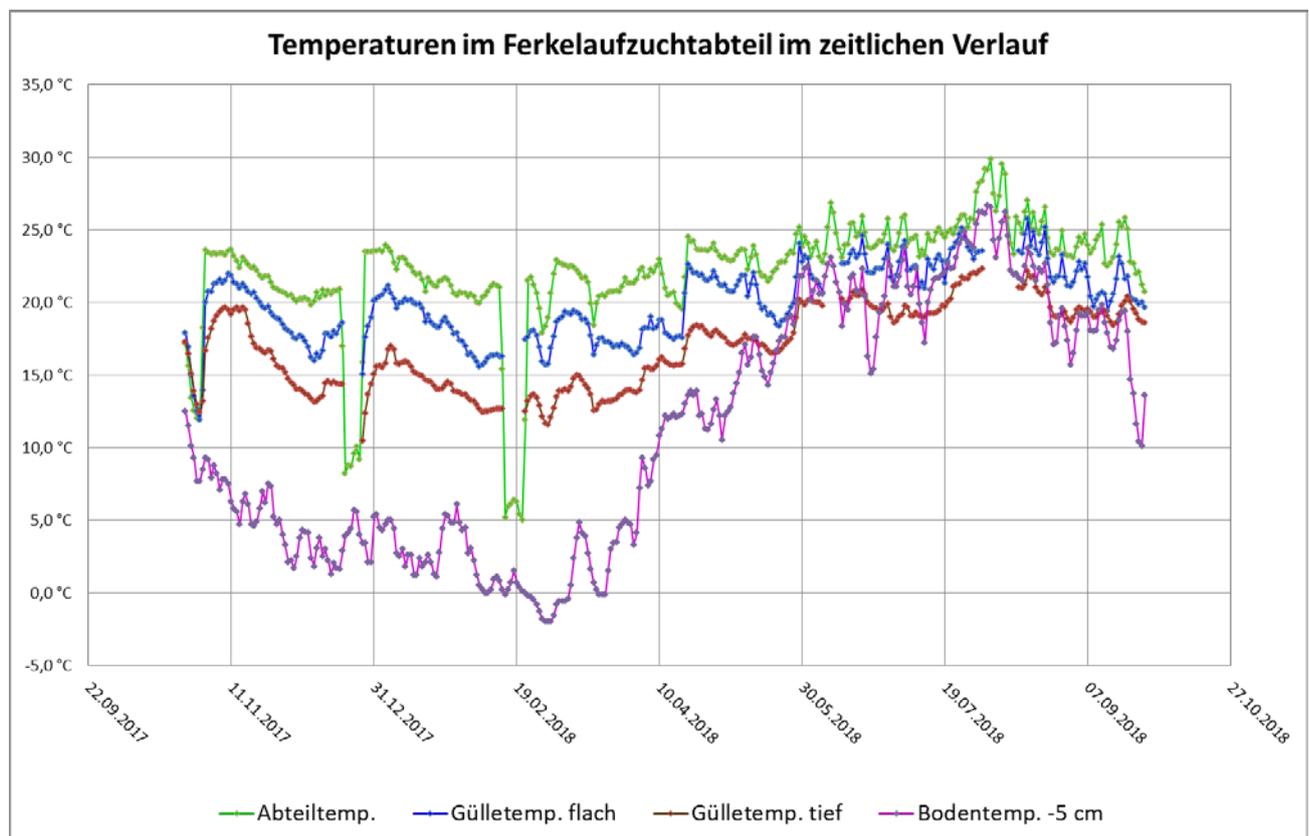


Abbildung 7: Temperaturverlauf in einem Ferkelaufzuchtenteil, in der Gülle und in 5 cm Bodentiefe (Station Wurzen) im Messzeitraum von 26.10.2017 bis 07.09.2018

Im Wartestall werden keine ganzen Stallabteile geräumt, das „Alles Rein – Alles Raus – Prinzip“ wird vielmehr nur buchtenweise umgesetzt. Die Sensoren konnten daher während des gesamten Messzeitraumes installiert bleiben. Die Temperaturen wurden unterbrechungsfrei erfasst (Abbildung 8).

Im Sommer 2018 wurde zeitgleich mit der Ferkelaufzucht einmalig die 30 °C - Marke im Stall überschritten.

Der Wartestall wird nicht beheizt. Deshalb ist in den Wintermonaten im Gegensatz zum Ferkelaufzuchtstall keine festgelegte Temperaturkurve zu erkennen. Das Abteil ist im Durchschnitt kälter.

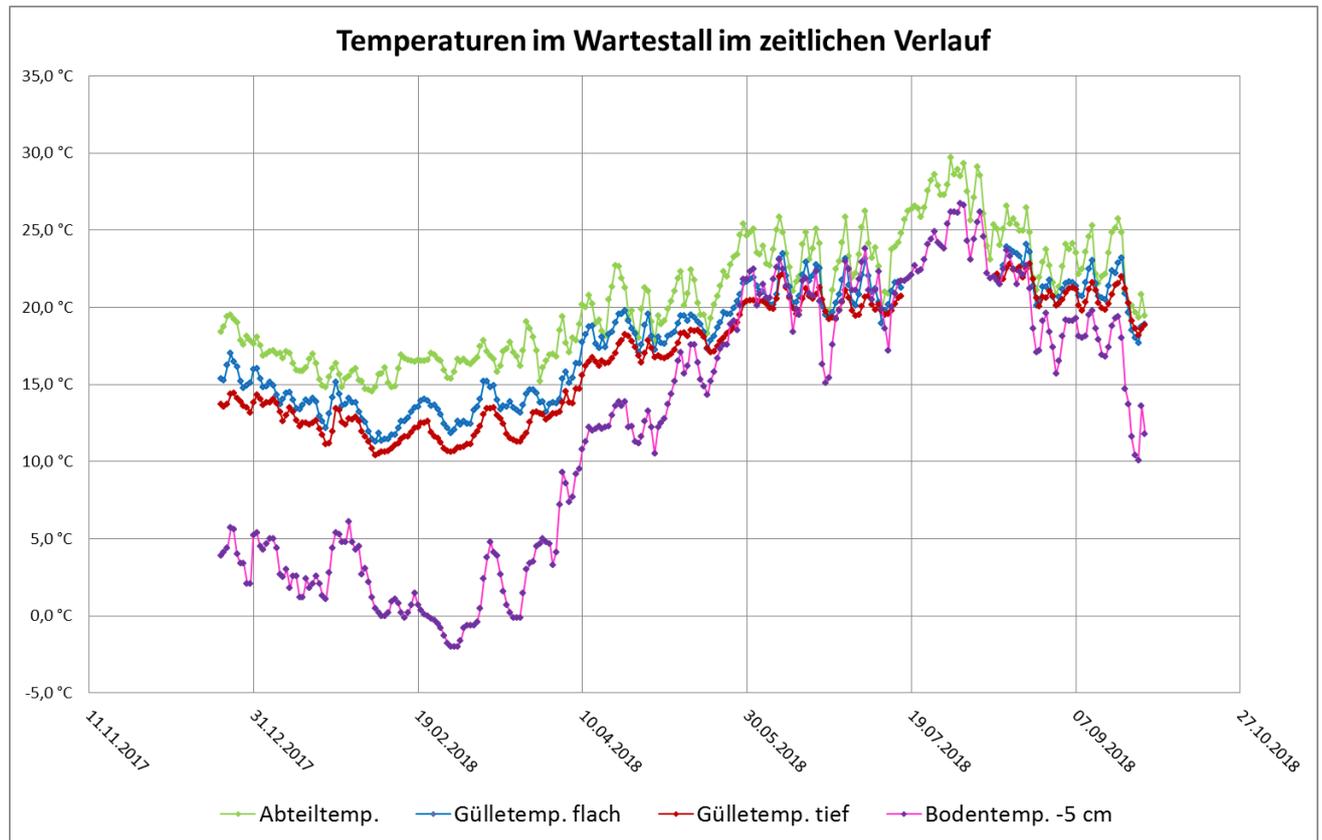


Abbildung 8: Temperaturverlauf im Wartestall, in der Gülle und in 5 cm Bodentiefe (Station Wurz) im Messzeitraum vom 21.12.2017 bis 07.09.2018

In beiden Abbildungen 11 und 12 sieht man an den Kurven deutlich, dass die Gülletemperatur stärker mit der Abteilstemperatur korreliert als mit der Bodentemperatur.

An den tieferen Messpunkten (5 cm über Grund) wurden die niedrigeren Temperaturen gemessen als an den Flacheren (20 cm über Grund). Da die Gülle von unten gekühlt wird, entspricht das der Erwartung.

Die Temperaturdifferenz zwischen den beiden unterschiedlich tiefen Messpunkten in der Gülle liegt im Wartestall bei knapp einem K und ist damit deutlich geringer als in der Ferkelaufzucht (3,1 K), wo wegen der höheren Temperatur mehr Wärmeenergie aus der Luft in die Gülle zurück übertragen wird.

3.2 Wärmeertrag

Abbildung 9 zeigt die Abnahme des täglichen Wärmeertrages mit zunehmenden Außentemperaturen. Während im Winter bis zu 2.400 kWh täglich gewonnen wurden, ging die Wärmeherzeugung auf nahe Null im Sommer zurück. Da die Protokollierung einmal wöchentlich erfolgte, wurden die Tagesmittelwerte immer für eine Woche berechnet.

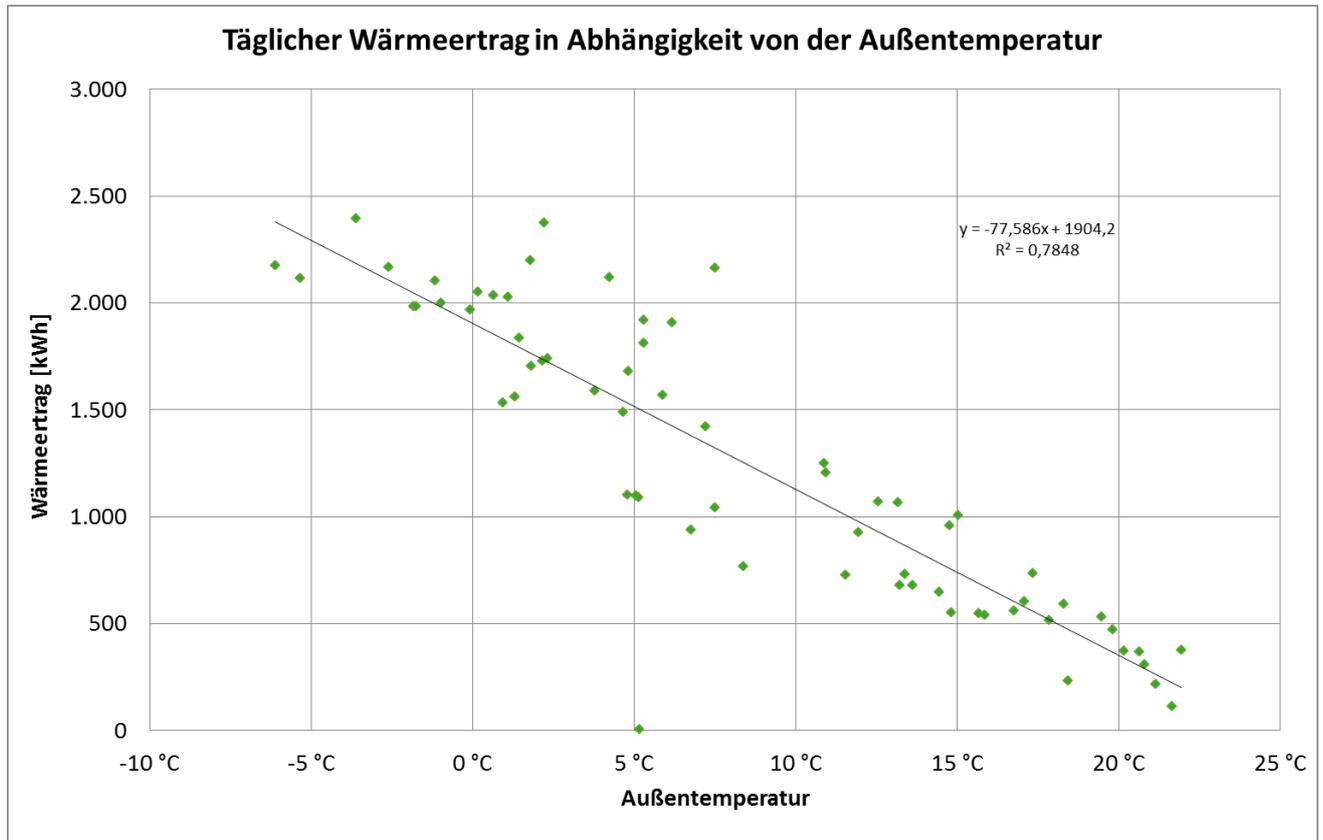


Abbildung 9: Täglicher Wärmeertrag in kWh in Abhängigkeit von der Außentemperatur in 2 m Höhe (Station Wurzen) im Messzeitraum von 28.11.2016 bis 18.6.2018

Einen erwartungsgemäß ähnlichen Verlauf zeigt die Darstellung der Laufzeiten beider Wärmepumpen in Abbildung 10. Ein Maximalwert von 48 Betriebsstunden ergibt sich daraus, dass beide Pumpen 24 Stunden durchweg in Betrieb waren. Da die Zählerstände nur einmal wöchentlich protokolliert und daraus mittlere Tageswerte berechnet wurden bedeutet ein Wert von 48 Betriebsstunden je Tag demnach, dass beide Pumpen über eine ganze Woche ohne Unterbrechung in Betrieb waren.

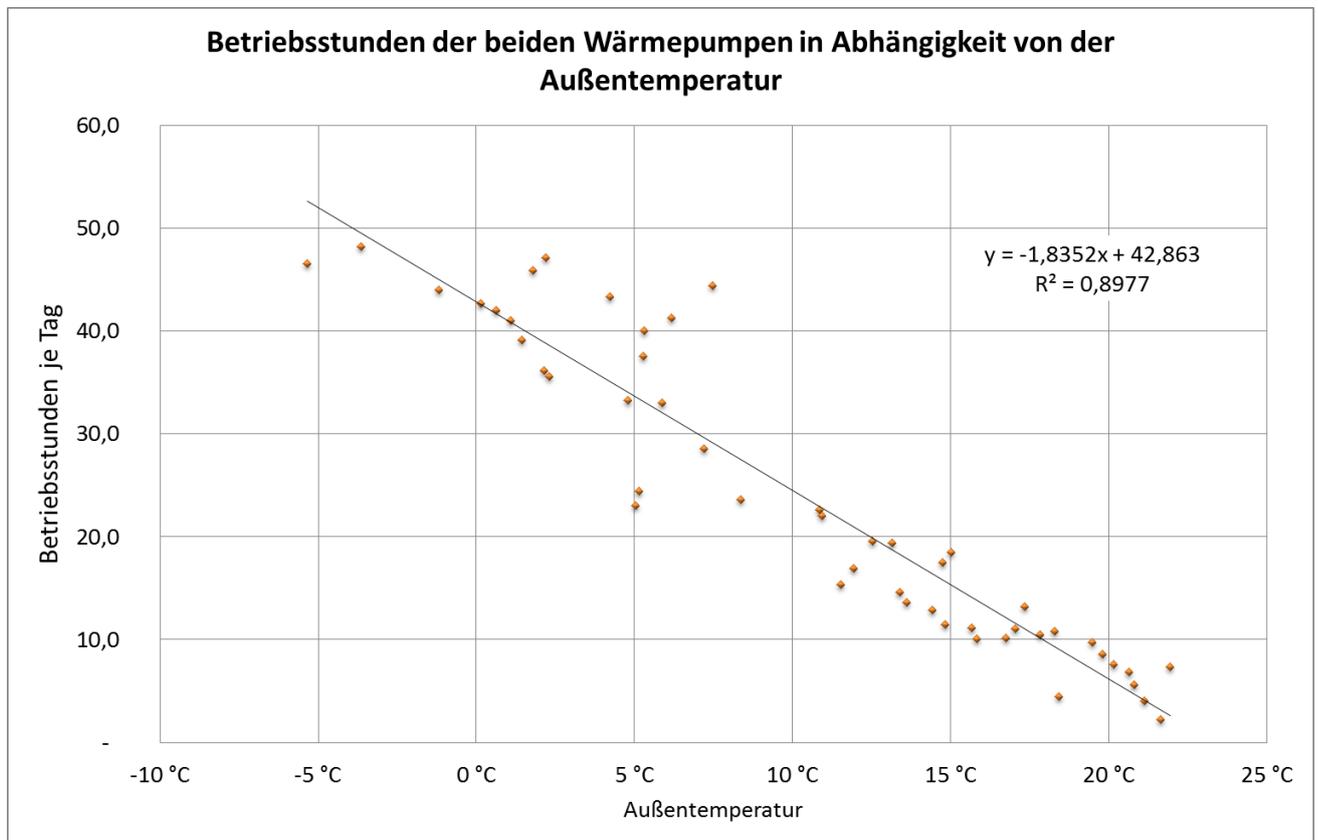


Abbildung 10: tägliche Betriebsstunden der beiden Wärmepumpen in Abhängigkeit von der Außentemperatur in 2 m Höhe (Station Wurzten) im Messzeitraum von 28.11.2016 bis 18.06.2018

Abbildung 11 zeigt, dass zwischen Stromeinsatz und Wärmeertrag ein nahezu linearer Zusammenhang besteht.

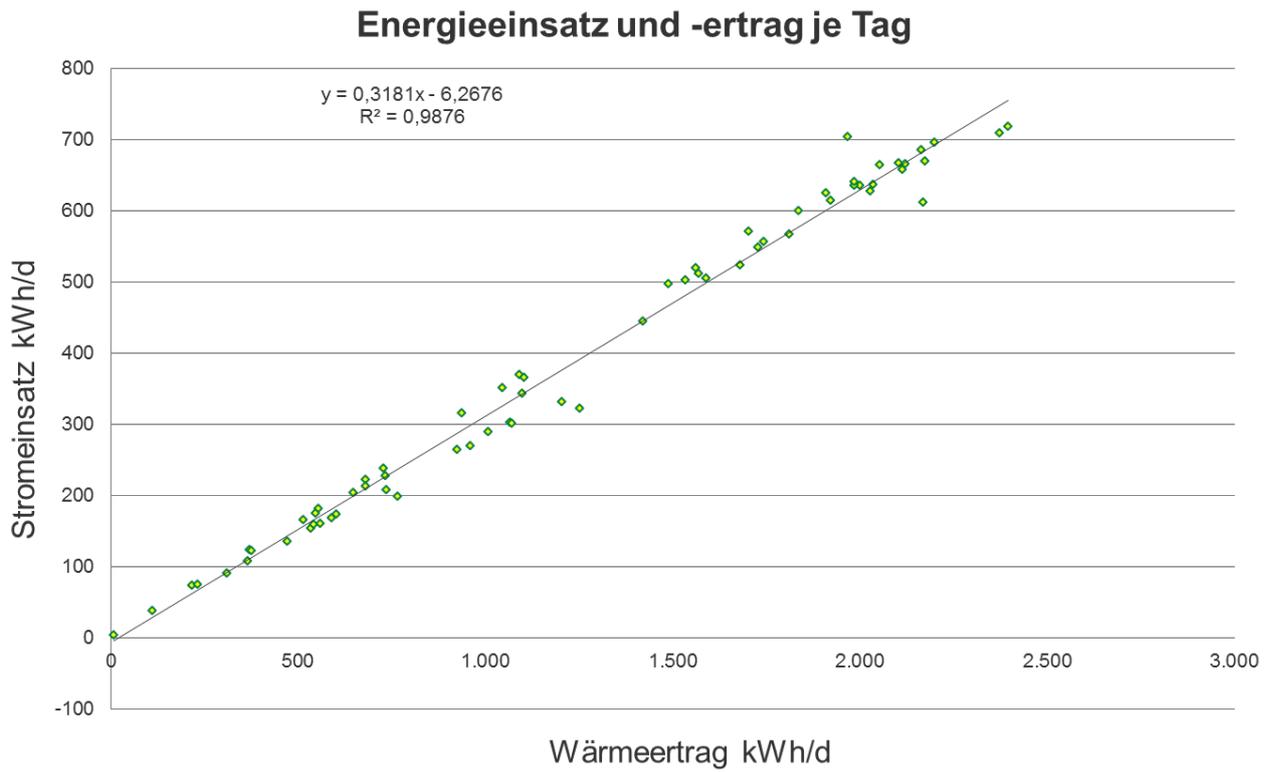


Abbildung 11: Wärmeertrag und Stromverbrauch je Tag in kWh im Messzeitraum 05.12.2016 bis 18.06.2018

Maßgeblich für die Effizienz der WRG aus der Gülle ist die Leistungszahl COP (vergleiche Absatz 2.1). Sie ist in Abhängigkeit von der Außentemperatur in Abbildung 12 dargestellt.

Die ermittelte Leistungszahl der Wärmerückgewinnungsanlage in der SZA Bortewitz liegt im Mittel bei 3,2, d.h. 3,2 kWh Wärmeenergie werden mit dem Einsatz von einer kWh Strom gewonnen. Die Werte liegen fast ausschließlich zwischen knapp unter 3,0 und etwas über 3,5.

Abbildung 12 zeigt auch einen Wert mit 2,0 und zwei Werte mit fast 3,9. Diese Ausreißer können nicht erklärt werden. Möglicherweise sind sie auf Fehler bei der manuellen Protokollierung zurückzuführen.

Ein Zusammenhang der Leistungszahl mit der Außentemperatur oder der Gülletemperatur konnte anhand der vorliegenden Messreihe nicht nachgewiesen werden.

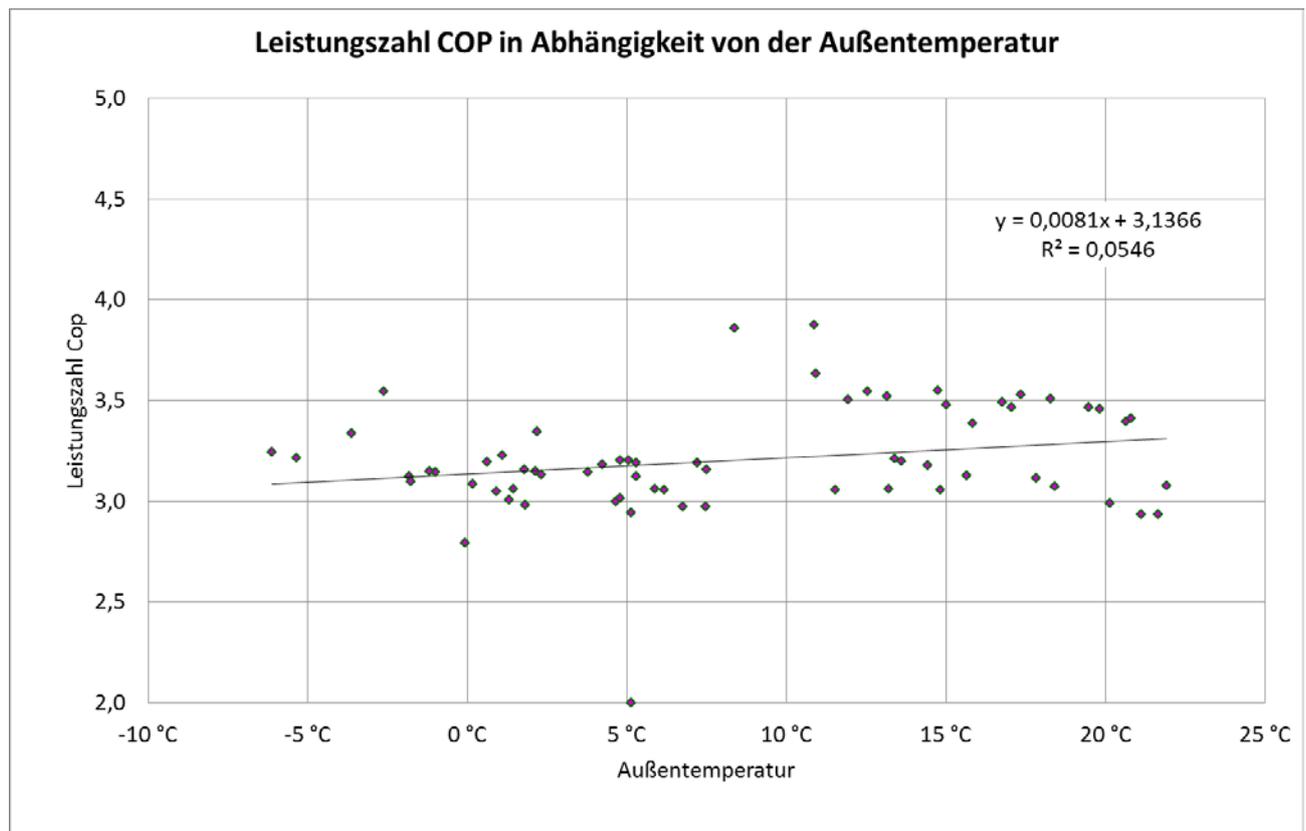


Abbildung 12: kWh Wärmeertrag je kWh Stromeinsatz in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Messzeitraum 05.12.2016 bis 18.06.2018

Anhand des täglichen Stromverbrauchs der einzelnen Wärmepumpen (Abbildung 13) erkennt man, dass in 2017 zunächst nur Wärmepumpe 1 aktiv war, in 2018 hingegen überwiegend Pumpe 2. Im Winter 2017/18 liefen beide Pumpen.

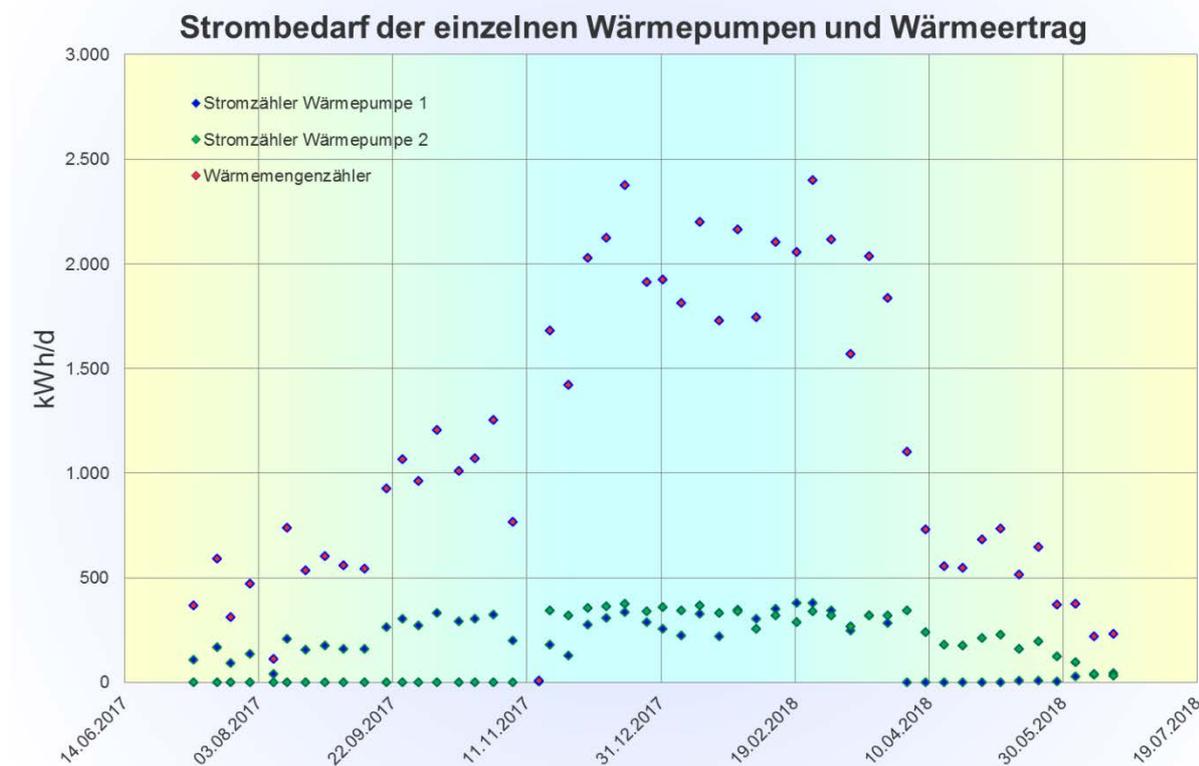


Abbildung 13: Strombedarf der einzelnen Wärmepumpen und Wärmeertrag im Messzeitraum vom 10.07.2017 bis 18.06.2018

Dass eine Wärmepumpe die Funktion des „Master“ und die andere die des „Slave“ übernimmt, ist grundsätzlich so vorgesehen. Ergänzend zum Protokoll wurde vom Anlagenbetreiber berichtet, dass zeitweise eine Wärmepumpe still stand und stattdessen die Gastherme aktiv war. Als Ursache wurde eine suboptimale Einstellung der Steuerung vermutet. Ein zügiger Service fand nicht statt. Ursache dafür war, dass die Firma Klimadan im Versuchszeitraum keinen ortsnahen Service anbieten konnte.

Infolgedessen wurde Flüssiggas zum Heizen eingesetzt, obwohl das Potential der WRG nicht ausgeschöpft war. Mit der vorliegenden Versuchsanstellung konnte die Menge messtechnisch nicht quantifiziert werden. Da die Anlage so konzipiert ist, dass im störungsfreien Normalbetrieb der komplette Wärmebedarf durch die WRG abgedeckt werden kann, wurde in der ökonomischen Bewertung davon ausgegangen, dass die verbrauchte Flüssiggasmenge vollständig substituiert werden könnte.

4 Ökonomische Bewertung

Um eine ökonomische Bewertung der WRG vornehmen zu können war es erforderlich, zunächst für einen definierten Zeitraum den Energieertrag und den -aufwand zu ermitteln. Da jahreszeitlich bedingte Schwankungen in der Laufleistung der Anlage aufgetreten waren wurde es als sinnvoll erachtet, ein ganzes Kalenderjahr zu betrachten. Das entspricht im Weiteren auch der buchhalterischen Praxis des Betriebes.

Tabelle 1 zeigt die Bilanzierung der Energieströme. 369.803 kWh gewonnener Wärme stehen 115.184 kWh aufgewendeter Elektroenergie gegenüber.

Tabelle 1: Energieerzeugung und -verbrauch im Messzeitraum 2.1.2017 bis 1.1.2018

	Stromverbrauch Wärmepumpe 1 kWh	Stromverbrauch Wärmepumpe 2 kWh	Wärmeerzeugung kWh
Zählerstand 02.01.2017	19.729	15.220	93.750
Zählerstand 01.01.2018	87.583	62.235	462.540
kWh 364 Tage	67.854	47.015	368.790
kWh je Tag	186	129	1.013
kWh pro Jahr	68.040	47.144	369.803
kWh Wärme je kWh Strom	3,21		

Die konventionelle Alternative zur WRG wäre eine Flüssiggasheizung, welche zusätzlich als „Reserveanlage“ im Betrieb auch tatsächlich vorhanden ist. Deshalb wurde zum Zweck der Bewertung unterstellt, dass durch die WRG der Verbrauch von Flüssiggas vermieden wird.

Für die monetäre Bewertung der Energieströme wurden die betriebsindividuellen Kosten für Energie aus unterschiedlichen Energieträgern ermittelt. In Tabelle 2 sind alle Flüssiggaszukäufe mit Menge und Preis seit Inbetriebnahme der Anlage aufgeführt. Ein Liter Flüssiggas hat einen Heizwert von 6,57 kWh (VdLWK, 2009). Daraus abgeleitet kostet die kWh Wärme aus Flüssiggas durchschnittlich 8,0 Ct.

Tabelle 2: Flüssiggaszukauf SZA Bortewitz seit Inbetriebnahme

	Gaszukauf l	Rechnungsbe- trag (netto) EUR	Literpreis EUR/l	Heizwert Hi* kWh/l	Energiepreis Ct/kWh
2016	2.153	1.077	0,50	6,57	7,6
2017	12.246	6.436	0,53	6,57	8,0
2018	12.433	6.502	0,52	6,57	8,0
Mittelwert			0,52	6,57	8,0

*VdLWK (2009)

Der durchschnittliche Strompreis für 2017 betrug laut Auskunft aus der betrieblichen Buchhaltung 19 Ct/kWh. Der Ersatz von Flüssiggas durch die Wärmerückgewinnung ergibt somit einen Überschuss von 7.515 EUR (Tabelle 3), der für die Deckung der Unterhaltungsaufwendungen und die Amortisation der Investition verfügbar ist.

Tabelle 3: Kalkulation der jährlichen Einsparung

	kWh/a	EUR/kWh	EUR netto
Stromeinsatz IST	115.185	0,19	21.885 €
ersetztes Flüssiggas	369.803	0,08	29.400 €
Einsparung Energiekosten			7.515 €

Der Einsatz von 115 MWh Strom erzeugt 370 MWh Wärme, die alternativ durch die Verbrennung von Flüssiggas erzeugt werden müssten. Rechnerisch wäre damit eine Einsparung von ca. 32 t CO₂ verbunden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Kalkulation der CO₂ - Ersparnis

	kWh/a	CO₂-Äquivalente	kg CO₂
Stromeinsatz IST	115.185	0,474*	54.597
ersetztes Flüssiggas	369.803	0,234**	86.534
Einsparung CO₂			31.936

* UBA (2019), ** LfU Brandenburg (2018)

Tabelle 5 zeigt die Kalkulation der Abschreibung und des Unterhaltungsaufwandes auf Basis der Anschaffungskosten in Höhe von 67.300 EUR für 2 Wärmepumpen und insgesamt 6,6 km einbetonierter Kühlschläuche. Die Kosten wurden beim Hauptauftragnehmer Firma Danbauer (2019) abgefragt. Ein Einzelausweis der Komponenten war nicht möglich, da die Wärmerückgewinnungsanlage Bestandteil eines Paketangebotes war.

In den ersten Betriebsjahren bis zum Abschluss der Untersuchungen erfolgten keine kostenpflichtigen Unterhaltungsmaßnahmen. Für die Kostenschätzung künftig notwendiger Wartungsmaßnahmen wurde deshalb ein Pauschalbetrag angesetzt. Für Maschinen und Geräte sind 5 % üblich. Da hier jedoch ein Teil der Investition auf die in Beton gegossenen Leitungen entfällt, wurden nur 3 % angesetzt.

Ähnlich verhält es sich mit den Abschreibungen, für deren Kalkulation eine Nutzungsdauer von 15 Jahren festgelegt wurde. Es ist nicht vorherzusagen, wie lange die Anlage tatsächlich in Betrieb sein wird.

Tabelle 5: Weitere Kosten

Anschaffungskosten IST			67.300 €
<i>(2 Wärmepumpen a 48 KW Heizleistung, 6,6 km einbetonierte Kühlschläuche)</i>			
Abschreibung	15	Jahre	4.487 €
Unterhaltung	3,0	Prozent	2.019 €
Jährliche Kosten			6.506 €

Nach Abzug der kalkulierten Kosten vom Überschuss aus der Energiebilanzierung bleibt also rein rechnerisch ein **jährlicher Überschuss von 1.009 EUR**.

Der gegenwärtige Flüssiggaseinsatz im Wert von ca. 6.000 EUR pro Jahr kann als Potential für eine Effizienzsteigerung betrachtet werden. Wenn es durch eine Optimierung der Einstellungen gelingt, den Flüssiggasverbrauch durch den Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage vollständig zu ersetzen, verbessert sich das Ergebnis überschlagsweise wie folgt:

$$\begin{aligned}
 &6.000 \text{ EUR Flüssiggaseinkauf} \quad / \quad 0,08 \text{ Ct/kWh} \quad = \quad 75.000 \text{ kWh} \\
 &75.000 \text{ kWh (Flüssiggas)} \quad / \quad \text{COP } 3,21 \quad = \quad 23.364 \text{ kWh (Strom)} \\
 &23.364 \text{ kWh (Strom)} \quad \times \quad 0,19 \text{ Ct/kWh} \quad = \quad 4.439 \text{ EUR}
 \end{aligned}$$

Das finanzielle **Einsparpotential beträgt demnach 1.561 EUR**.

Weitere Synergieeffekte werden vom Hersteller beworben (KLIMADAN; 2018):

- vermindert schlechten Geruch von Gülle
- bis zu 30 % reduzierte Ammoniakemission
- höherer Düngerwert in der Gülle
- unabhängig von fossilen Brennstoffen wie Gas und Öl
- erneuerbare umweltfreundliche Energie

Diese Effekte wurden im Rahmen des Vorhabens nicht untersucht und können deshalb auch nicht in die Bewertung einbezogen werden. Wenn jedoch die Güllekühlung im Rahmen von Genehmigungsverfahren als emissionsminderte Maßnahme anerkannt würde und dadurch auf den Bau einer Abluftreinigungsanlage verzichtet werden könnte, wäre das finanziell überproportional bedeutsam!

5 Fazit

Mit den Thermia-Wärmetauschern wurden in der Schweinezuchtanlage Bortewitz mit dem Einsatz einer kWh Strom 3,2 kWh Wärme aus der Gülle gewonnen. In einem Jahr werden 370 MWh Wärme aus Gas durch 115 MWh Strom ersetzt. Rechnerisch wurde dafür eine Verminderung der CO₂-Emissionen in Höhe von 32 t ermittelt.

Verallgemeinerungswürdige Aussagen zum jährlichen Unterhaltungsaufwand und zur Nutzungsdauer der Güllekühlung konnten aus den Untersuchungen nicht abgeleitet werden, da alle bisherigen Wartungen der Garantie unterlagen. In der ökonomischen Betrachtung konnten deshalb nur Annahmen getroffen werden. Als Nachteil hat sich erwiesen, dass die Firma Klimadan bisher keinen Servicepartner in Deutschland hat (Stand: November 2018), was kurzfristige Wartungs- und Serviceleistungen erschwerte.

Die Wirtschaftlichkeit der Anlage wird maßgeblich durch die Preise für Strom und Brennstoffe bestimmt. Je günstiger der Strom im Verhältnis zum Flüssiggas ist, desto besser schneidet die Anlage ab. Vorbehaltlich der Richtigkeit der getroffenen Annahmen für Unterhaltung und Nutzungsdauer erreicht die WRG unter gegenwärtigen Preisverhältnissen finanziell einen kleinen Überschuss von etwa 1.000 EUR.

Die Wärmerückgewinnungsanlage ist so dimensioniert, dass alle Bereiche der Schweinezuchtanlage unter normalen Einsatzbedingungen ausreichend mit Wärme versorgt werden können. Im Untersuchungszeitraum wurde zusätzlich Flüssiggas im Wert von etwa 6.000 EUR pro Jahr zu Heizzwecken eingesetzt. Dieser Flüssiggaszukauf war auf suboptimale Einstellungen zurückzuführen. Wird die Wärme aus der Verbrennung des Flüssiggases ersetzt durch die WRG, kann sich der Überschuss um etwa 1.500 EUR erhöhen.

Auf Grund der Tatsache, dass die Wärmerückgewinnung ein wirtschaftlich positives Ergebnis liefert, kann das Verfahren der Güllekühlung für Stallneubauten empfohlen werden. Ein nachträglicher Einbau von Kühlleitungen in den Betonboden bestehender Ställe hingegen wird im Regelfall nicht mit vertretbarem Aufwand möglich sein. Hier empfiehlt sich eine Einzelfallprüfung.

Neben der Erzeugung von Wärme werden seitens des Herstellers positive Effekte in Bezug auf die Auswirkungen der Güllekühlung auf die NH₃-Emissionen beworben, die ebenfalls einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage haben könnten. Diese waren jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen.

Literaturverzeichnis

DANBAUER (2019): persönliche Mitteilung zu Herstellungskosten, email vom 23.4.2019

KLIMADAN (o.J.): Firmenprospekt „Gülle Kühlung“

KLIMADAN (2018) Firmenvideo „Slurry cooling“ (dt. „Gülle Kühlung“), online-Ressource unter:
<https://www.youtube.com/watch?v=IMyh5vJdy-o> (letzter Zugriff: 12.9.219)

KLIMA-INNOVATIV (o.J.): Jahresarbeitszahlen, online-Ressource unter:
<http://www.jahresarbeitszahlen.info/index.php/jahresarbeitszahl/cop-und-jaz> (letzter Zugriff: 09.07.2019)

LfU Brandenburg (2018): CO₂ - Emissionsfaktoren nach Energieträgern, online-Ressource unter:
<https://lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.523833.de> (letzter Zugriff: 6.9.2019)

LFULG SACHSEN (O.J.): Agrarmeteorologisches Messnetz Sachsen – Wetterdaten Station Wurzen, Online Ressource unter: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/Wetter09/asp/inhalt.asp?seite=twerte> (letzter Zugriff: 10.7.2019)

UBA (2019): „CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde Strom sinken weiter“, online-Ressource unter:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-sinken> (letzter Zugriff: 6.9.2019)

VdLWK (2009): Energieeffizienzverbesserung in der Landwirtschaft. Verband der Landwirtschaftskammern e.V., Online-Ressource unter:
<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/technik/pdf/energieeffizienzverbesserung.pdf>
(letzter Zugriff: 21.6.2019)

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: +49 351 2612-0

Telefax: +49 351 2612-1099

E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de

www.smul.sachsen.de/lfulg

Das LfULG ist eine nachgeordnete Behörde des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft.

Autor und Redaktion:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

René Pommer

Abteilung 7 „Landwirtschaft“

Referat 74 „Tierhaltung“

Am Park 3, 04886 Köllitsch

Telefon: +49 34222 46-2210

Telefax: +49 34222 46-2099

E-Mail: rene.pommer@smul.sachsen.de

Fotos:

Titelbild und Abbildung 6 - Ingenieurbüro Honsa GbR

Redaktionsschluss:

07.10.2019

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

*Täglich für
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de