

Abschlussbericht WAMI: Wärme aus Mist

Wissenschaftliche Tätigkeit Nr. 101828



Impressum

Projektnehmer:in: HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Institut für biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere

Adresse: Austraße 10; 4600 Wels/Thalheim

Projektleiter:in: Werner Hagmüller

Projektmitarbeiter:innen: Markus Gallnböck; Nora Durec

Tel.: 0742/47011 470

E-Mail: nora.durec@raumberg-gumpenstein.at

Kooperationspartner:in: Fa. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG

M-TEC Energie. Innovativ GmbH

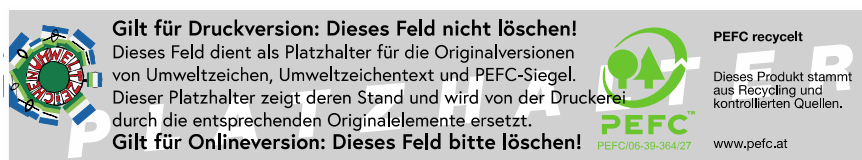
Karl Schick Ges.m.b.H.

Energiekreislauf GmbH

Finanzierungsstelle(n): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Projektlaufzeit: 01.06.2022 - 31.10.2023

Fotonachweis: HBLFA Raumberg-Gumpenstein/Sarah Massak-Bachbauer



Wien, 2022. Stand: 19. Dezember 2023

InhaltZusammenfassung	4
Abstract	5
1 Hintergrund.....	7
1.1 Wärme aus Mist.....	7
1.2 Energiekosten Ferkelproduktion	7
2 Material und Methoden	9
2.1 Abferkelstall und Ferkelnester.....	9
2.2 Aufbau des Mistreaktors	10
2.3 Testbetrieb.....	12
3 Ergebnisse	13
3.1 Mistreaktor: Kosten und Energieausbeute.....	13
3.1.1 Bau- und Investitionskosten	13
3.1.2 Energieausbeute	13
3.2 Versorgungslücke.....	14
3.3 Niedrige Grenztemperatur	14
3.4 Arbeitsaufwand.....	14
3.5 Optimierungsmöglichkeiten	15
3.5.1 Installation einer Wärmepumpe.....	15
3.5.2 Reduktion der Fließgeschwindigkeit zur Erhöhung der Wasseraustrittstemperatur.....	16
4 Diskussion und Schlussfolgerung.....	17
4.1 Energieausbeute	17
4.2 Kostenvergleich mit herkömmlichen Systemen	17
4.2.1 Hackschnitzelheizanlage	17
4.2.2 Infrarotheizung	18
4.2.3 Heizkosten.....	18
4.3 Fazit.....	19
Tabellenverzeichnis.....	21
Abbildungsverzeichnis.....	22
Literaturverzeichnis	23
Abkürzungen.....	24

Zusammenfassung

Beim Lagern von Festmist kommt es zur Selbsterwärmung des Miststapels. Aufgrund der mikrobiologischen Aktivität (thermophile Bakterien) steigt die Temperatur innerhalb des Miststapels auf um die 70° C an. Ziel des Projektes war die kontrollierte Nutzung der Abwärme aus dieser Heißrottephase. Dazu wurden Betonblöcke als Wärmetauscherelemente verwendet, die mit wasserführenden Heizungsrohren ausgestattet sind. Durch die Erhitzung des Betonkörpers wird das Wasser in den Heizungsrohren erwärmt, was zur Aufheizung eines Wasserspeichers führt. Nach Ermittlung des maximal möglichen Wärmeertrages wurde über die weitere Verwertung dieser Wärmemenge diskutiert. Da die Mistheizung einem Niedrigenergiesystem (ca. 30°C kontinuierliche Wärmelieferung) entspricht, könnte die Installation einer Sole/Wasser-Wärmepumpe zur Anhebung der angelieferten Wärme oder die Installation einer drehzahlgesteuerten Pumpe zur Reduktion der Flussgeschwindigkeit des Trägermediums sinnvoll sein. Im Zuge des Projektes MODAB (2016-2017) wurde am Standort Thalheim/Wels des Institutes für biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, gemeinsam mit einem modular aufgebauten Bio-Abferkelstall, eine Mistheizung errichtet. Ziel der hier beschriebenen wissenschaftlichen Tätigkeit war es herauszufinden in welchem Ausmaß die, während der Heißrottephase entstehende hohe Temperatur im Stallmist für die Beheizung der Ferkelnester genutzt werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass zum mindestens 10 % der benötigten Wärmeleistung über einen Mistreaktor gewonnen werden können.

Abstract

When solid manure is stored, the manure pile heats up itself. Due to microbiological activity (thermophilic bacteria), the temperature inside the manure pile rises up to around 70° C. The aim of the project was the controlled use of the heat from this hot rotting phase. For this purpose, concrete blocks were used as heat exchanger elements, which are equipped with heating pipes. By heating the concrete body, the water in the heating pipes is heated, which leads to the heating of a water reservoir. After determining the maximum possible heat yield, the further utilisation of this heat were discussed. Since the manure heating system corresponds to a low-energy system (approx. 30°C continuous heat supply), the installation of a brine/water heat pump to increase the heat supplied or a speed-controlled pump to reduce the flow-rate of the carrier medium could make sense. In 2016, the MODAB project was implemented to design and construct optimized outer shell and pen design for organic farrowing accommodation. Additionally, structures to generate thermal energy out of the farmyard manures waste heat were designed. The overall objective of this scientific activity was to find out to what extent the heat released during rotting of farmyard manure can be used to run the heating of piglet nests. The results show, that at least 10 % of the necessary thermal energy can be obtained from the farmyard manure.



Abbildung 1: Im Jahr 2016 erbauter Modularer Abferkelstall mit integriertem Mistreaktor zur Beheizung der Ferkelnester.

1 Hintergrund

Besonders in der biologischen Schweinehaltung, sind Außenklimaställe keine Seltenheit. Auch in der Ferkelerzeugung haben sich verschiedene energiesparende Abferkelsysteme etabliert. Entscheidend bei solchen Systemen ist, sowohl den niedrigen Temperaturansprüchen der Sau als auch dem hohen Wärmebedürfnis der Ferkel gerecht zu werden. Um sowohl der Sau als auch den Ferkeln entsprechende Klimazonen bereitzustellen, ist ein unbeheizter Stall mit beheiztem Ferkelnest (ca. 36°C im Liegebereich) gängige Praxis. Um gerade in Zeiten der hohen Energiepreise, das Beheizen der Ferkelnester kostenreduziert und umweltschonend zu ermöglichen, wurde die Nutzbarkeit der Abwärme von hofeigenem Stallmist überprüft.

1.1 Wärme aus Mist

Bei der Lagerung von Stallmist wird Hitze frei. Der Prozess lässt sich durch den Abbau von Nährstoffen durch Mikroorganismen erklären. Während der sogenannten Heißrotte, entstehen Höchsttemperaturen um die 70°C (kompost&biogas Verband, 2022). Diese Intensivphase dauert in etwa 14 Tage, danach sind die Nährstoffe im Mist durch das Mikrobiom „verbraucht“ und es wird keine Hitze mehr freigesetzt. Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Tätigkeit beschäftigten wir uns damit, die Energie in Form dieser hohen Temperaturen aus dem Mist nutzbar zu machen.

1.2 Energiekosten Ferkelproduktion

Nimmt man die entstehenden Energiekosten der Ferkelproduktion unter die Lupe, so machen diese etwa 7 % anteilig zu den Gesamtkosten aus (Heidenreich, 2013). Obwohl dieser Prozentsatz auf den ersten Blick eher gering scheint, ist besonders in Zeiten der steigenden Energiekosten auf eine effiziente Energieversorgung zu achten. So stieg allein der Strompreis von September 2022 bis September 2023 um rund 39 %, der Gaspreis sogar um 50 % an (Biomasseverband, 2023). Um diese steigenden Kosten nachhaltig zu reduzieren, wurde versucht aus Abwärme aus Stallmist nutzbare Wärmeenergie zu lukrieren um damit die Beheizung von Ferkelnestern zu ermöglichen.

2 Material und Methoden

2.1 Abferkelstall und Ferkelnester

Stallhülle und Buchtenelemente der Bio-Abferkelstallung wurden im Zuge des Projektes MODAB (2016-2017) geplant und errichtet. Alle Informationen zur Entstehung können unter folgender Adresse abgerufen werden: https://nature-line.com/fileadmin/user_upload/Abferkeln/WelCon/Modullstallbau_fu_r_Bioschweine_ANSICHT.PDF. Die zu den insgesamt sieben Abferkelbuchten gehörigen Ferkelnester haben jeweils eine Höhe von 0,6 m, eine Länge von 1,4 m und eine Breite von 0,8 m. Daraus ergibt sich eine Bodenfläche von jeweils 1,12 m². Sämtliche Berechnungen und Messungen im Zuge des Projektes WAMI beziehen sich auf die Beheizung dieser sieben Ferkelnester. Wie im oben angeführten Artikel beschrieben können als Baukostenrichtwert pro Abferkelbucht etwa 9 000 € kalkuliert werden.



Abbildung 2: Innere Buchtstruktur mit Ferkelnestern im Modularen Abferkelstall

2.2 Aufbau des Mistreaktors

Um die Hitze aus dem Mist nutzbar zu machen, braucht es entsprechende Infrastruktur, ein Leitungssystem mit Pumpe, sowie ein entsprechendes Leit- und Speichermedium. Bei der Planung des Leitungssystems war zu beachten, dass nicht nur dessen absolute Effizienz, sondern auch die praktische Umsetzbarkeit des Be- und Entladens eine wichtige Rolle spielt. Wird zum Beispiel die Leitung ohne weitere Verbauungselemente unter einem Misthaufen platziert, wäre die Wärmeeffizienz aufgrund des engen Kontaktes zwischen Misthaufen und Leitmedium hoch. Ein solches System ist aber praktisch kaum sinnvoll da es an der für Be- und Entladung notwendigen Stabilität mangelt. Um das System also auch arbeitswirtschaftlich nutzbar zu machen, wurden stabile Mistreaktormodule geplant und umgesetzt. Als Leitmedium wurde Wasser verwendet.



Abbildung 3: Reaktorblöcke aus Beton

Fußbodenheizungsrohre wurden in Beton eingegossen und in 4 Einzelreaktorblöcken im Abstand von 130 cm nebeneinander angeordnet. Durch die dadurch gegebene physikalische Stabilität und den Abstand zwischen den Reaktorblöcken wird ein effizientes Be- und Entladen mit dem Hoftrac ermöglicht. Im Inneren der Reaktorblöcke befördern Wasserleitungen das erhitzte Wasser vom Reaktorblock zum Ferkelnest wo die Abhitze zum Beheizen genutzt und entladen wird. Im Anschluss fließt das abgekühlte Wasser kontinuierlich zurück zum Reaktorblock.



Abbildung 4: Wasserleitungen von bzw. zu Mistreaktor und Ferkelnest.

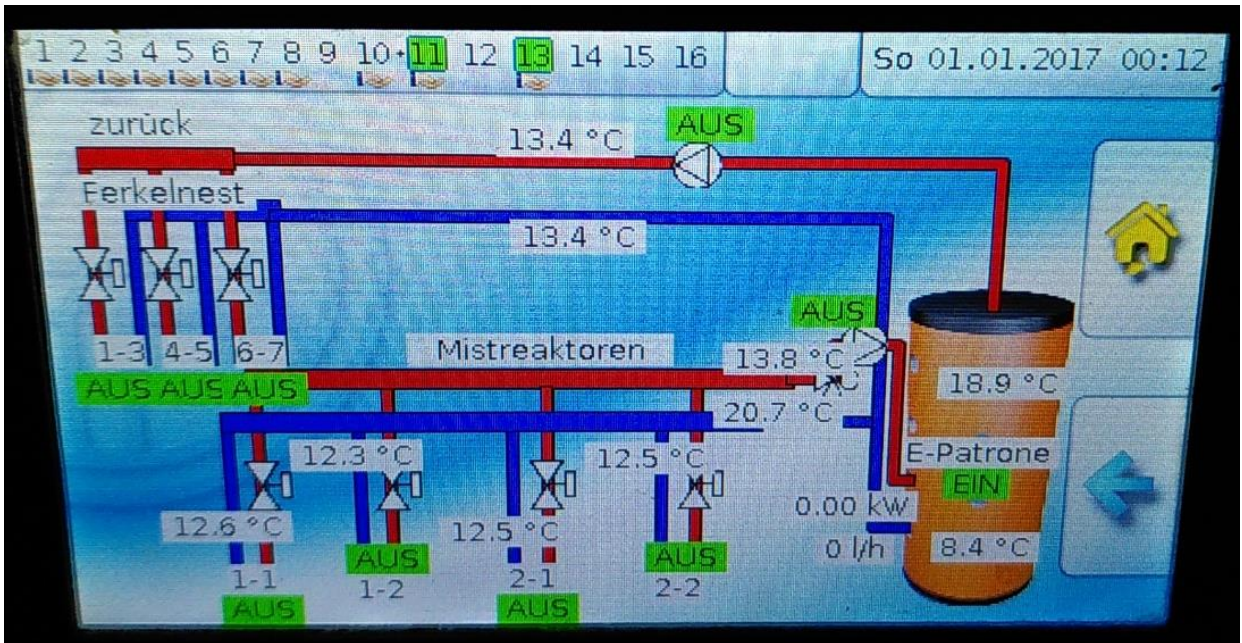


Abbildung 5: Digitale Anzeige mit Bedienfeld zur Steuerung der einzelnen Reaktorblöcke

2.3 Testbetrieb

Von Dezember 2022 bis Juni 2023 wurden drei komplette Be- und Entladungsdurchläufe zur Energiegewinnung durchgeführt und die totale Menge an generierter Wärmeenergie verzeichnet. Der erste und dritte Durchlauf dauerte jeweils 34 Tage (Start 28.12.2022 und 28.4.2023), der zweite Durchlauf war mit 31 Tagen (Start 28.2.2023) etwas kürzer. Außerdem musste während des zweiten Durchgangs die Energiegewinnungsphase für zwei Wochen unterbrochen werden bis ein Schaden an den Leitungsrohren, verursacht durch Schadnager, behoben war. Da die effektiv nutzbare Hitzephase etwa 14 Tage dauert und der Misthaufen danach wieder abkühlt, wurde im Projekt versucht die entstehende Versorgungslücke durch die kontinuierliche Be- und Entladung der Reaktoren zu schließen. Durch die Trennung der einzelnen Reaktorblöcke können diese einzeln und voneinander unabhängig genutzt werden (Abbildung 5). Zum Beispiel ist Block 1 aktiv kann bereits Block 2 beladen werden. Ist die Heißrotte über Block 1 abgeschlossen und der Mist kühlt langsam ab, wird die Pumpe in Block 2 aktiviert und ein kontinuierlicher Wärmetransport zum Ferkelnest sichergestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Mistreaktor: Kosten und Energieausbeute

3.1.1 Bau- und Investitionskosten

Die Betonelemente mit integriertem Leitungssystem wurden von der Firma Oberndorfer (4623 Gunkskirchen) konzipiert und umgesetzt. Steuerungselemente und Leitungssystem außerhalb der Reaktorblöcke wurden im Vorfeld von der Firma M-TECH (4052 Ansfelden) konzipiert. In weiteren Adaptionsschritten wurde ein Experte für effiziente Energienutzung und Energieproduktion hinzugezogen sowie einige Modifikationen an den Steuerungselementen von der Installationsfirma SCHICK (4600 Thalheim/Wels) durchgeführt bevor der Mistreaktor erstmals im Winter 2022 in Betrieb genommen wurde. Nach Auskunft der ausführenden Firmen kann unter Berücksichtigung der aktuellen Preisgestaltung (Oktober 2023) beim Neubau eines Mistreaktors in der selben Größenordnung mit Investitionskosten von etwa 9 200 € gerechnet werden. Zusätzlich sind Installationskosten für die Verlegung des Wärmeleitsystems und Materialkosten in der Höhe von etwa 4000 € zu kalkulieren.

3.1.2 Energieausbeute

Die Menge an Wärmeenergie (ausgedrückt in Megawatt) die während der drei Durchläufe generiert werden konnte findet sich in Tabelle 1. Beim zweiten Durchgang ist zu berücksichtigen, dass hier die Energiegewinnungsphase für zwei Wochen unterbrochen werden musste um einen Schaden an den Leitungsrohren zu beheben.

Tabelle 1: Wärmeenergie und -leistung während der drei Energiegewinnungsdurchläufe.

Durchgang	Zeitraum Reaktor in Betrieb	Stunden in Betrieb	Wärmeenergie (Megawatt)	Wärmeleistung (Kilowattstunden)
1	28.12.2022-31.01.2023	840	0,209 MW	0,25kWh
2	28.02.2023-30.03.2023	384	0,126 MW	0,33kWh
3	28.04.2023-01.06.2023	840	0,206 MW	0,25kWh

3.2 Versorgungslücke

Wie unter Punkt 2.3 bereits erwähnt dauert die effektiv nutzbare Hitzephase etwa 14 Tage, danach ist die Heißrotte abgeschlossen und der Misthaufen kühlt ab. Durch diese natürliche Absenkung der Temperaturen im Inneren des Misthaufens entsteht eine Versorgungslücke. Nach dem Ende der Heißrotte müsste also der Mistreaktor komplett entladen und mit neuem Mist bedeckt werden. Um den Betrieb aufrechtzuerhalten, würde man dafür eine große Menge Mist benötigen, die je nach Bestandszahlen nicht immer vorhanden ist. Dazu kommt die Zeit, die für das komplette Be- und Entladen des Reaktors benötigt wird, sowie die Dauer vom Zeitpunkt des Beladens bis zum Erreichen der Heißrotte. Im Projekt wurde wie beschrieben versucht, die entstehende Versorgungslücke durch die kontinuierliche Be- und Entladung des Reaktors zu schließen.

3.3 Niedrige Grenztemperatur

Durch die hohen Temperaturen im Misthaufen, die während der Heißrotte entstehen, kann das Trägermedium (Wasser) über eine kurze Zeit auf rund 40°C aufgeheizt werden. Befindet sich das Kreislaufsystem im Dauerbetrieb, kühlt das Medium jedoch rasch ab. Schuld daran ist die Trägheit des Trägermediums: das Wasser nimmt die nötige Temperatur nicht schnell genug auf, um eine kontinuierliche Beheizung des Ferkelnestes auf die notwendigen 35°C zu gewährleisten. Über die Dauer der drei Durchläufe konnten jedoch Grenztemperaturen von 25-30°C über Tage hinweg gehalten werden, was als Grundbasis für die Beheizung der Ferkelnester genutzt werden kann.

Als Optimierungsmöglichkeiten um die entstehende Temperaturdifferenz (ΔT ca. 15°C) zu überbrücken kommen die ergänzende Installation einer Wärmepumpe und die Reduktion der Fließgeschwindigkeit infrage.

3.4 Arbeitsaufwand

Das kontinuierliche Be- und Entladen des Mistreaktors stellt einen zusätzlichen Arbeitsaufwand dar. Nach Rückmeldung des beteiligten Stallpersonals muss bei einer

täglichen Mistmenge von etwa 1000 kg und täglichem Entmistungsintervall (Bezugsbasis 45 Muttersauen) pro Tag mindestens eine Stunde Arbeitszeit kalkuliert werden. Für die komplette Entladung des Mistreaktors nach einem vollständigen Energiegewinnungsdurchlauf während dem die einzelnen Reaktorblöcke nicht abgeräumt werden, ist mit einem Arbeitsaufwand von etwa drei Stunden zu rechnen.



Abbildung 6: Komplette Entladung des Mistreaktors nach vollendetem Energiegewinnungsdurchlauf.

3.5 Optimierungsmöglichkeiten

3.5.1 Installation einer Wärmepumpe

Eine Möglichkeit zur Ergänzung des Energiebezugs aus dem Stallmist ist die Installation einer Wärmepumpe, z.B. einer Erd- oder Sole/Wasser Wärmepumpe. Eine solche Pumpe nutzt die thermische Energie der Erde, bündelt diese über Kollektoren oder eine Sonde und wandelt die so genannte Erdwärme in nutzbare Energie zum Heizen oder Warmwasseraufbereitung um. Als Trägermedium wird eine Flüssigkeit (Sole) in die Tiefe gepumpt und dort erwärmt. Die aufgenommene Energie wird dann einem Kältemittel zugeführt, welches aufgrund seines geringen Siedepunktes verdampft und mithilfe der

Wärmepumpe weiter erhitzt wird, bis die gewünschte Hitze ans entsprechende Heizsystem abgegeben wird (Vaillant, 2023). Möchte man die Temperaturdifferenz von 15°C mithilfe einer Erwärmepumpe überbrücken, müssen zusätzliche Investitionskosten kalkuliert werden. Aktuell ist für eine handelsübliche Erwärmepumpe mit Anschaffungskosten von 9 000 – 11 000 € plus 5 000 – 6 000 € für die notwendigen Sonden bzw. Kollektoren zu kalkulieren. Dazu kommen Kosten für die notwendige Bohrung für die etwa 60 € pro Meter angenommen werden können (co2online, 2023). Insgesamt sind also Investitionskosten von rund 26 000 € zu erwarten, die sich nach Auskunft eines Energieberaters nach etwa fünf Jahren amortisieren würden. Eine solche Ergänzung kann als äußerst energieeffiziente und ressourcenschonende Heizmöglichkeit gesehen werden.

3.5.2 Reduktion der Fließgeschwindigkeit zur Erhöhung der Wasseraustrittstemperatur

Für diese Variante müsste eine drehzahlgesteuerte Pumpe eingebaut werden um den Wasserdruck auf einen bestimmten Sollwert zu drosseln (Grundfos, 2020). Da hier keine Energie für die zusätzliche Pumpleistung berechnet werden muss, wäre die Effizienzsteigerung sogar noch höher als durch die Installation einer Wärmepumpe. Die deutlich niedrigeren Investitionskosten von etwa 500 € zuzüglich Montage und Systemadaptierung würden sich nach Auskunft eines Energieberaters nach etwa einem Jahr amortisieren.

4 Diskussion und Schlussfolgerung

4.1 Energieausbeute

Lässt man den unvollständigen zweiten Durchgang außer Acht, lassen die Ergebnisse der drei Energiegewinnungsdurchläufe auf eine gesamte Energiemenge von rund 0,2 MW pro Durchgang schließen. Wenn man also optimistisch mit kontinuierlicher und lückenloser Be- und Entladung des Mistreaktors rechnet, ergäbe dies eine totale Energieleistung von 2190 kWh oder 2,19 MWh pro Jahr. Die gesamte benötigte Wärmeleistung von 24 MWh könnte also nur zu knapp 10 % aus der Abwärme gewonnen werden.

Mit dem verwendeten Trägermedium Wasser konnten Grenztemperaturen von 25-30 °C konstant erreicht werden. Zwar lässt sich die Optimaltemperatur für Ferkel am besten an ihrem Liegeverhalten ablesen, in der Praxis wird im Ferkelnest aber eine Temperatur von um die 36 °C gefordert, was höher ist als die mit dem Mistreaktor erreichten Grenztemperaturen. Gemeinsam mit dem oben begrenzten Beitrag des Mistreaktors zur Ferkelnestheizung ergibt sich die Schlussfolgerung, dass ein Mistreaktor einen Beitrag zur Beheizung der Ferkelnester leisten kann, zusätzlich aber ein weiteres Heizsystem wie z.B. eine Infrarotheizung oder eine Wärmepumpe benötigt wird.

Eine kostengünstige Optimierungsmöglichkeit besteht in der Reduktion der Fließgeschwindigkeit des Trägermediums Wasser, wodurch die Wärmeaufnahme aus dem Mist erhöht und die Leistung des Mistreaktors erhöht werden könnte. Diese Option könnte in einem weiteren Versuch geprüft werden.

4.2 Kostenvergleich mit herkömmlichen Systemen

4.2.1 Hackschnitzelheizanlage

Besonders in landwirtschaftlich genutzten Gebäuden erfreut sich die Hackschnitzelheizung aufgrund ihrer Effizienz und geringer Heizkosten großer Beliebtheit und kann deshalb als gängiges Heizsystem zur Berechnung herangezogen werden. Als Brennstoff werden Holzreste genutzt, die im besten Fall aus der Region bezogen werden können. Nach aktuellen Presiangaben einer österreichischen Firma, die sich auf die Realisierung

effizienter und erneuerbarer Energiesysteme spezialisiert hat, belaufen sich die Investitionskosten für eine neue Hackschnitzelheizanlage auf 25.000-50.000 € (kwb, 2023). Dazu kann mit jährlichen Kosten von im Schnitt 500 € (inklusive Wartung und Rauchfangkehrerkosten) berechnet werden. Verglichen mit den Investitionskosten der Mistreaktoranlage, sind hier höhere Kosten zu kalkulieren. Die Verlegung der Heizungsrohre ist allerdings nicht in die hier angeführten Investitionskosten miteingerechnet.

4.2.2 Infrarotheizung

Nach Angaben der Firma Schauer-Agrotronic müssen für die Beheizung der Ferkelnester mittels Infrarotheizplatten Investitionskosten von etwa 4000 € kalkuliert werden (Stand Oktober 2023). Diese Kosten beinhalten die Anschaffung von sieben Strahlungsheizplatten 1230x390MM 260W zu je 460 € sowie ein Regelgerät um jedes Ferkelnest individuell ansteuern zu können. Montage und Zubehör sind in die Investitionskosten bereits miteinkalkuliert.

4.2.3 Heizkosten

Zusätzlich zu Investitions- und Wartungskosten, spielt auch der Preis des Energieträgers eine Rolle. Hier sind Strom mit etwa 35 Cent, gefolgt von Erdgas mit 18 Cent und Heizöl mit rund 13 Cent pro Kilowattstunde wesentlich teurer als erneuerbare Energieträger (Stand September 2023, Biomasseverband, 2023). Beim Betreiben einer Infrarotheizung in jedem der insgesamt sieben Ferkelnester, wäre mit einem Energiebedarf von 16 MW pro Jahr zu rechnen. Dieser Energieaufwand wäre unter Berücksichtigung der aktuellen Strompreise mit rund 5 600 € jährlich zu kalkulieren, wenn von einem Dauerbetrieb (24 Stunden an 365 Tagen) ausgegangen wird. Dagegen werden für Pellets rund 8,4 Cent und für Brennholz 7,4 Cent pro kWh beanschlagt. Der Preis für Waldhackgut liegt aktuell bei 3,8 Cent pro kWh (Biomasseverband, 2023) und ist somit der günstigste erhältliche Energieträger. Für die Beheizung von sieben Ferkelnestern liegt die benötigte Wärmeleistung bei etwa 2,8 kW, somit wäre für die Beheizung der Nester über ein Warmwassersystem eine Gesamtleistung von 24.283 kWh (24 MWh) pro Jahr notwendig. Möchte man diesen über eine Hackschnitzelanlage beziehen, müsste man unter Berücksichtigung der aktuellen Energieträgerkosten in etwa 900 € pro Jahr an Heizkosten kalkulieren. Zusätzlich zu den Kosten die im Jahr für Wartung etc. anfallen, ergeben sich jährliche Kosten von 1 500 €.

4.3 Fazit

Wer in die Installation eines Mistreaktors investieren will, sollte bei der Planung möglichst darauf achten ein Gesamtkonzept von kooperierenden Firmen planen und umsetzen zu lassen. Im Fall des Mistreaktors am Standort Wels Thalheim waren im Zuge der Bautätigkeit mehrere Firmen und Experten beteiligt. Im Rahmen von projektbezogenen Arbeiten ist dies oft unvermeidlich und durchaus sinnvoll, für die Planung und Umsetzung in der landwirtschaftlichen Praxis ist dies aber nicht empfehlenswert. Hat man sich für eine Variante entschieden, sollten die entsprechenden Firmen im besten Fall gleichzeitig und transparent mit der Planung beauftragt werden. Auf diese Weise kann man vermeiden, dass im Nachhinein Adaptionen oder Umbaulösungen nötig werden und ermöglicht zusätzlich eine unkomplizierte Kommunikation mit den beteiligten Firmen bzw. Personen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Generierte Wärmeenergie während der drei Energiegewinnungsdurchläufe. ... 13

Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Wärmeenergie und -leistung während der drei
Energiegewinnungsdurchläufe..... 13

Tabelle 1: Wärmeenergie und -leistung während der drei
Energiegewinnungsdurchläufe..... 13

Tabelle 1: Wärmeenergie und -leistung während der drei
Energiegewinnungsdurchläufe..... 13

Tabelle 1: Wärmeenergie und -leistung während der drei
Energiegewinnungsdurchläufe..... 13

Tabelle 1: Wärmeenergie und -leistung während der drei
Energiegewinnungsdurchläufe..... 13

Tabelle 1: Wärmeenergie und -leistung während der drei
Energiegewinnungsdurchläufe..... 13

Literaturverzeichnis

Berkel, Manuel: Wärmepumpen-Vergleich: Heizen mit Luft, Wasser oder Erdwärme? 2023. <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/waermepumpe/>

Biomasseverband: Energieträgervergleich; September 2023. <https://www.biomasseverband.at/energietraegervergleich/>

Grundfos: Fachartikel: Konstantdruck 2020. <https://www.grundfos.com/at/learn/research-and-insights/constant-pressure>

Heidenreich, Thomas: Energiebedarf und Einsparungspotential in der Schweinehaltung. Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2013, 73 – 74. ISBN: 978-3-902559-94-4

Kompost & Biogas-Verband: Kompostentstehung/Prozess 2016, <https://www.kompost-biogas.info/kompost/kompostentstehungprozesskompostentstehungprozess/>

KWB Energiesysteme GmbH: Hackschnitzelheizungen und Hackgutkessel 2023, <https://www.kwb.net/de-at/produkte/holzheizungen/hackschnitzelheizungen/>

Vaillant: Funktionsweise einer Erdwärmepumpe 2023, <https://www.vaillant.at/privatanwender/tipps-und-wissen/heiztechnologien/waermepumpen/erdwaermepumpe/>

Abkürzungen

€	Euro
%	Prozent
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
°C	Grad Celsius
usw.	und so weiter
cm	Zentimeter
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden

