

**Universität
Rostock**



Traditio et Innovatio

**Steigerung der Gesamteffizienz von Biogasanlagen durch
thermische Optimierung**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr. Ing.)
an der
Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

eingereicht am

von

Dipl. Ing. Thomas Knauer
Deezbüll Deich 73 | Niebüll

Deezbüll, 2016

Verteidigung am 02.05.2017

Thesen

- 1. Die jahreszeitlichen Schwankungen des Prozesswärmebedarfs sind hauptsächlich auf die Temperaturen der Substrate zurückzuführen.**
Im direkten Vergleich des Wärmebedarfes von Fermenter und Nachgärer wurden die extremen Schwankungen nur im Fermenter festgestellt. Eine Bestimmung der erforderlichen Wärme für die Substraterwärmung spiegelte im Jahresverlauf genau die Größenordnung der Schwankungen im Fermenter wieder
- 2. Die Erweiterung der Dämmung auf die ungedämmten Anlagenteile speziell in den Bereichen der BHKW-Einhausung und der Feststoffeinbringung kann den Wärmeexport wesentlich steigern.**
Allein eine Untersuchung der Wärmeabgabe der Kühlwasserleitungen im BHKW-Raum zeigten einen Verlust von 0,66 - 0,94% der FWL durch die Kühlwasserleitungen. Hierzu kommen Wärmeverluste in den Bereichen der Wärmeverteilung und der Prozesswärme. In Summe die Anlagenteile einer zusätzlichen Dämmung zu unterziehen, erweist sich als wirtschaftlich sinnvoll. Eine Dämmung des Einbringsystems verhindert die Auskühlung der Silage, folglich wird sich der erforderliche Prozesswärmebedarf proportional vermindern.
- 3. Die Wärme im Restgärssubstrat eignet sich für die Vorwärmung der flüssigen Substrate vor dem Fermentereintritt.** Eine energetische Bilanzierung im Jahresverlauf ergab bei den untersuchten Biogasanlagen einen thermischen Überhang in Abhängigkeit der Mischungsverhältnisse der festen zu den flüssigen Substraten von 36 - 54% des Restgärssubstrates gegenüber der zugeführten Gülle.
- 4. Der Wärmestrom, der mit dem Biogasstrom aus dem Prozess der Fermentation abgeführt wird, ist für eine thermische Optimierung weniger geeignet.** Unabhängig von der Jahreszeit konnte der Wärmeinhalt des Biogasmassenstromes auf den gemessenen Biogasanlagen nur als sehr gering beurteilt werden, da die bewerteten

Anlagen alle mit Tragluftdächern ausgerüstet sind, in denen schon ein größerer Wärmeanteil an die Tragluft und Umgebung abgeführt wird.

- 5. Die Wärmeabgabe des Kühlwasserstroms ist durch eine höhere Nutzung der Abgaswärme realisierbar.** Durch die Verwendung korrosionsbeständiger Werkstoffe für den Abgaswärmetauscher können die Temperaturen der Abgase weit unter den Taupunkt von Schwefel- bzw. Schwefeliger Säure abgesenkt werden. Da hierdurch Temperaturen erreicht werden, die auch die Kondensationsenthalpie der Abgase nutzen kann, ist für das Biogas dann der Brennwert zu verwenden.
- 6. Die zweite Gemischkühlstufe kann in die Substratvorwärmung, Prozesswärmeversorgung oder in eine aktive Dämmung eingebunden werden.** Das Temperaturniveau des Kühlwassers der zweiten Gemischkühlstufe liegt bei einer mesophilen Fermentation immer oberhalb der Temperatur im Gärprozess. Da diese Wärme kontinuierlich vom BHKW abgegeben wird, reduziert eine Einbindung in den Biogasprozess den Wärmebedarf äquivalent zu dem des höherwertigen Kühlwassers des BHKWs. Am Beispiel der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Biogasanlagen ergaben sich kalkulierte Reduzierungen von 23,5 - 28,2%.
- 7. Die Nutzung der Strahlung und Konvektion des BHKW für die Vorwärmung der Substrate mindert den Prozesswärmebedarf.** Die Temperatur am Austritt des Lüfterkanals des BHKW-Raumes ist über das Jahr direkt abhängig von der Außentemperatur, liegt jedoch im gesamten Jahresverlauf immer oberhalb der Gülletemperatur in der Vorgrube. Eine Vorwärmung der Gülle ist durch eine direkte Zuführung der warmen Luft über eine Kanalzuführung auf die Behälteroberfläche zu erreichen. Eine höhere Ausbeute aus der BHKW-Konvektion und Strahlungswärme ist über einen Mediumwechsel von Luft zu Wasser mit einer Temperaturregelung mittels Regelung der Lüfterdrehzahl zu erreichen.