

Planung regenerativer Wärmeerzeugungsanlagen für Bioabfallvergärungsanlagen ohne BHKW

Thomas Raussen, Nils Oldhafer

Zusammenfassung

Bioabfallbehandlungsanlagen werden sinnvollerweise im Außenbereich errichtet. Bei Bioabfallvergärungsanlagen sind dadurch die Nutzungsoptionen für die bei der Verstromung des Biogases entstehende Wärme in der Regel begrenzt. Sofern die Wärme nicht zur Erleichterung der Kompostierung fester Gärreste eingesetzt werden soll, bietet sich die Einspeisung des Biogases in Mikro- bzw. Erdgasnetze an. Dann allerdings, muss die für die Fermentation und gegebenenfalls weitere Anlagenkomponenten benötigte Wärme unabhängig von einem BHKW erzeugt werden.

Der vorliegende Beitrag beschreibt drei derzeit in der Umsetzung befindliche regenerative Wärmeversorgungskonzepte für Bioabfallbehandlungsanlagen über Deponiegas bzw. unterschiedliche Festbrennstoffnutzungen. Neben der wirtschaftlichen Wärmeerzeugung ist die Verwertung potenziell klimarelevanter Schwachgase ein wesentlicher Vorteil dieser Ansätze.

1 Hintergrund

Die Integration von Bioabfallvergärungsanlagen (als sogenannte „Vorschaltanlagen“) in bestehende Kompostierungsanlagen sowie der Neubau integrierter Bioabfallvergärungs- und Kompostierungsanlagen bestimmt derzeit die Aktivitäten im Bereich der Behandlung biologischer Abfälle in Deutschland. Derartige Anlagen werden im Außenbereich errichtet, wo die beim Betrieb von BHKW anfallende Wärme häufig nur zu geringen Anteilen genutzt werden kann. Alternativ dazu kann das Biogas nach Konditionierung bzw. Aufbreitung über eigene Mikrogasnetze oder Einspeisung in das Erdgasnetz zu geeigneten Standorten für die Kraft-Wärme-Kopplung transportiert werden. Dann fehlt allerdings in der Regel eine günstige Wärmequelle für die Versorgung der Bioabfallvergärungsanlage.

2 Standorte und effiziente Biogasnutzung

Im Außenbereich ist die ökologisch und ökonomisch wichtige Nutzung der produzierten Wärme auf die Beheizung der Fermenter und gegebenenfalls eines Betriebsge-

bäudes beschränkt. Eine weitere bei aktuellen Projekten zum Einsatz kommende Wärmenutzung ist unter 2.2 skizziert.

Abbildung 1 zeigt schematisch Nutzungsoptionen für Biogas. Das Standardverfahren ist die Nutzung des produzierten Biogases über ein BHKW zur Strom- und Wärmezeugung. Alternativ bietet die Verlegung einer Mikrogasleitung über einige hundert Meter bis wenige Kilometer zu einem geeigneten Wärmeabnehmer und der Betrieb des BHKW an diesem Standort eine interessante Alternative (vgl. [1]), die wirtschaftlich zu prüfen ist. Aktuell werden derartige Maßnahmen unter bestimmten Bedingungen durch Kredite und Tilgungszuschüsse der KfW gefördert.

Das Biogas aufzubereiten und nach Verdichtung (≥ 200 bar) über eine eigene Tankstelle (beispielsweise für die Abfallfahrzeugflotte) zu nutzen, wirkt grundsätzlich attraktiv, wird aber unter den gegebenen Rahmenbedingungen (Energiesteuerbefreiung des fossilen Brennstoffes Erdgas etc.) kaum umgesetzt [3]. Anstelle der eigenen Tankstelle ist die Einspeisung des aufbereiteten Biogases in das Erdgasnetz und die – bilanzielle – Entnahme an bestehenden Erdgastankstellen technisch deutlich einfacher und kostengünstiger.

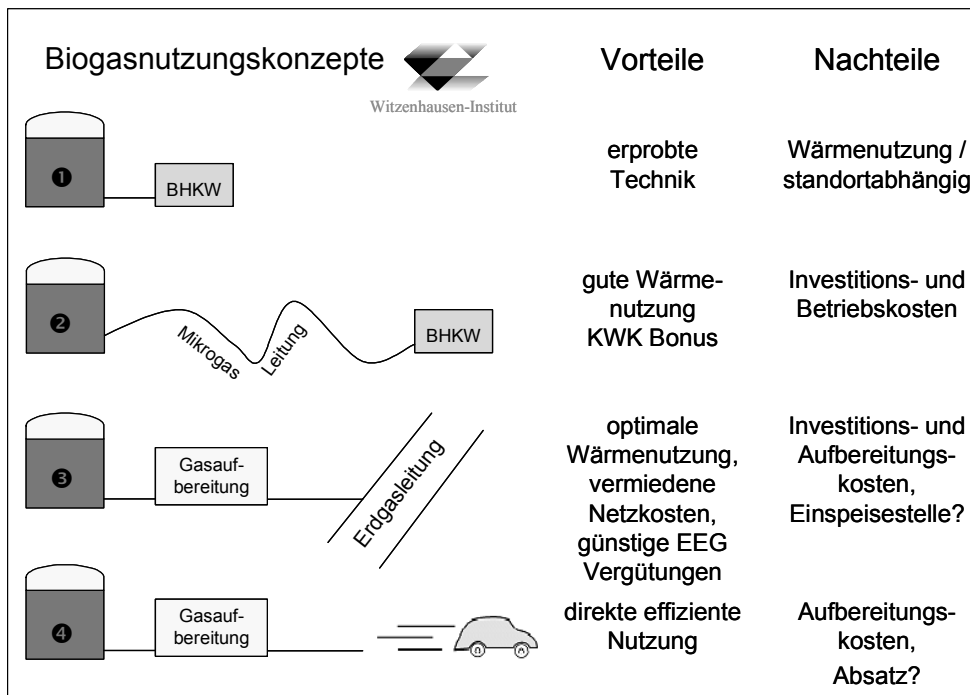


Abb. 1: Übersicht zu Biogasnutzungskonzepten

Grundsätzlich großes Interesse besteht hingegen an „Biomethan“ oder „Bioerdgas“, das nach Aufbereitung ins Erdgasnetz eingespeist wird und zur KWK-Nutzung oder als Biokraftstoff bzw. als (teil)regenerative Wärmequelle genutzt wird. Voraussetzung ist neben einer ausreichenden Biogasmenge (≥ 500 Nm³/h Rohbiogas bzw. ~ 40.000 Mg/a Bioabfall) für den wirtschaftlichen Betrieb der Biogasaufbereitungs- und Einspeiseanlagen eine aufnahmefähige Erdgasleitung in maximal einigen Kilometer Entfernung. Die rechtlichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für die Einspeisung und Nut-

zung von aufbereitetem Biogas haben sich durch das 2009 novellierte EEG sowie die Novelle der Gasnetzzugangs- und der Gasnetzentgeltverordnung deutlich verbessert.

Wird das Biogas nicht mehr vor Ort verstromt, fehlt allerdings eine Wärmequelle für die Vergärungsanlage und insbesondere die Fermentation. Die Erzeugung der Wärme muss in der Regel regenerativ erfolgen (vgl. 2.1). Bei ausreichender Biogasproduktion kann in diesen Fällen der Betrieb eines (kleineren) BHKW am Standort der Vergärungsanlage sinnvoll sein, um die Wärmeversorgung der Vergärungsanlage sicherzustellen. Weiter fortgeschritten ist dieser Ansatz unter anderem beim sogenannten „Zevener Modell“ des Anlagenherstellers MT-Energie. Hierbei handelt es sich um eine Biogasanlage kombiniert mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) und einer Biogaseinspeiseanlage. Das BHKW mit einer elektrischen Leistung von ca. 400 kW liefert genügend Wärme, um die Fermentation und die Biogasaufbereitung zu versorgen. Letztere erfolgt über eine drucklose Aminwäsche mit einem entsprechenden Wärmebedarf. Ähnliche Kombinationen werden auch von anderen Anbietern von Vergärungsanlagen und unter Einsatz anderer Biogasaufbereitungsverfahren angeboten.

2.1 Rechtliche Hintergründe insbesondere EEG

An die Wärmeversorgung einer Bioabfallvergärungsanlage werden rechtlich keine besonderen Anforderungen gestellt. Da allerdings der aus dem Biogas erzeugte Strom nahezu immer in das Stromnetz eingespeist und nach dem EEG (2009) vergütet wird, ergeben sich dort Anforderungen. Diese sind insbesondere in der Anlage 3 (KWK-Bonus) und dort unter Punkt IV (3) in der sogenannten Negativliste definiert. Demnach wird der wirtschaftlich bedeutsame „KWK-Bonus“ von 3 Cent/kWh_{el} nicht bezahlt für „...Wärmenutzung aus Biomasseanlagen, die fossile Brennstoffe, beispielsweise für den Wärmeeigenbedarf, einsetzen“. Demnach ist die regenerative Wärmeerzeugung bzw. die Nutzung von Abwärme aus der Verstromung des Biogases wichtige Voraussetzung für eine wirtschaftlich optimierte Biogasnutzung nach dem EEG. Es ist nicht zu erwarten, dass die zum Jahr 2012 anstehende Novellierung des EEG in diesem Bereich zu Änderungen führen wird.

Ein weiterer Bezug auf den Einsatz von Wärme im Zusammenhang mit Vergärungsanlagen findet sich an gleicher Stelle unter Punkt III, der sogenannten Positivliste. Unter Punkt 7 wird dort „... die Nutzung als Prozesswärme zur Aufbereitung von Gärresten zum Zweck der Düngemittelherstellung“ als Wärmenutzung, die zum Bezug des KWK-Bonus berechtigt, definiert. Dieser Umstand ist wirtschaftlich für integrierte Bioabfallvergärungs- und Kompostierungsanlagen nutzbar (siehe 2.2).

2.2 Wärmenutzung von BHKW auf Bioabfallvergärungsanlagen

Die höheren Anforderungen an die Kompostierung fester Gärreste aus integrierten Bioabfallvergärungsanlagen im Vergleich zur direkten Kompostierung wurde bereits umfassend dargestellt [4]. Wesentliche Faktoren sind dabei der geringere Trockensubstanzgehalt und der teilweise bereits erfolgte Abbau der organischen Substanz. Insofern ist der Einsatz der bei der Verstromung im BHKW anfallenden Wärme für die Kompostierung fester Gärreste, und hier insbesondere für die rasche Erreichung der für die Hygienisierung notwendigen Temperaturen, sinnvoll. Abbildung 2 stellt diesen Zusammenhang schematisch dar.

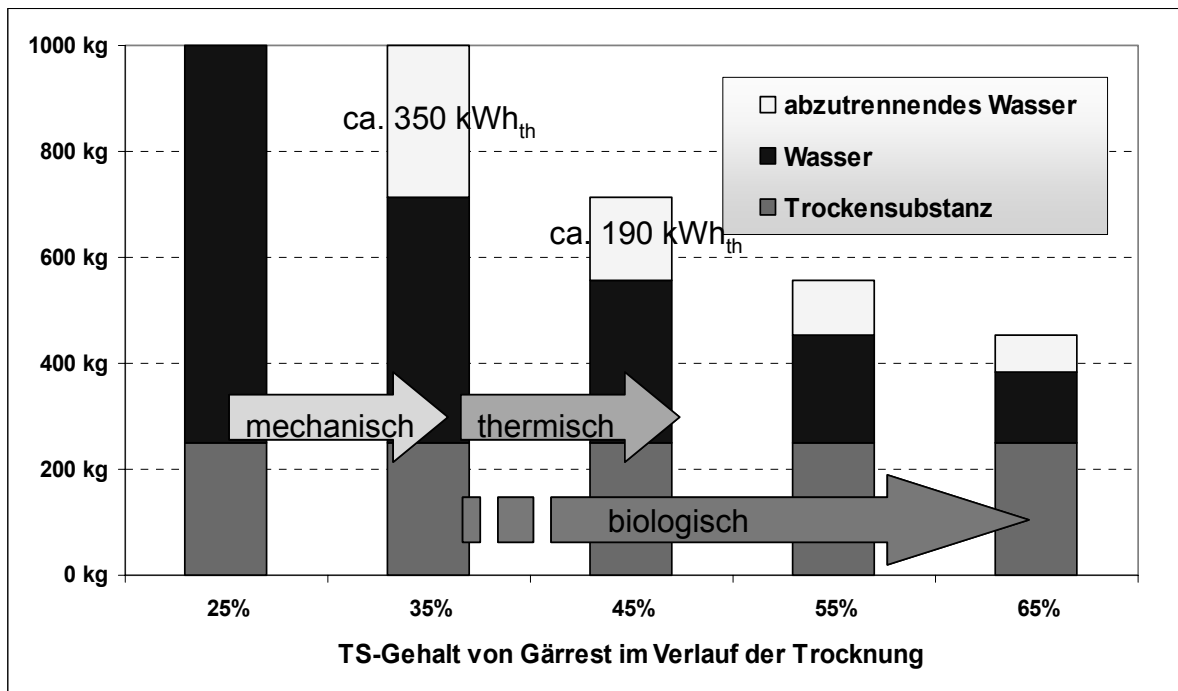


Abb. 2: Darstellung des nicht-linearen Zusammenhangs zwischen TS-Gehalt des Gärrests und abzutrennender Wassermenge zur Erreichung eines um jeweils 10 % höheren TS-Gehalts (Quelle: [4])

Aus der Vergärung von 1 Mg Bioabfall lassen sich – durchschnittlich abgeschätzt – 100 Nm³ Biogas mit 55 % Methan gewinnen. Bei der Verstromung in einem BHKW mit 45 % thermischem Wirkungsgrad entstehen dabei knapp 250 kWh_{th}. Ausgehend davon, dass etwa 30 % dieser Wärme für die Fermentation benötigt werden, verbleiben etwa 175 kWh_{th} für den Einsatz in der Kompostierung (meist als Intensivrotte). Abbildung 2 zeigt, dass damit die biologischen Prozesse ergänzt und insbesondere die sichere Hygienisierung initiiert werden kann, die Kompostierung aber weiterhin integraler Bestandteil der Gärrestbehandlung bleibt.

Neben den technisch/biologischen Vorteilen des Wärmeeinsatzes in der Gärrestbehandlung bietet der zuvor (unter 2.1) beschriebene KWK-Bonus für diese Nutzung auch den erforderlichen wirtschaftlichen Anreiz.

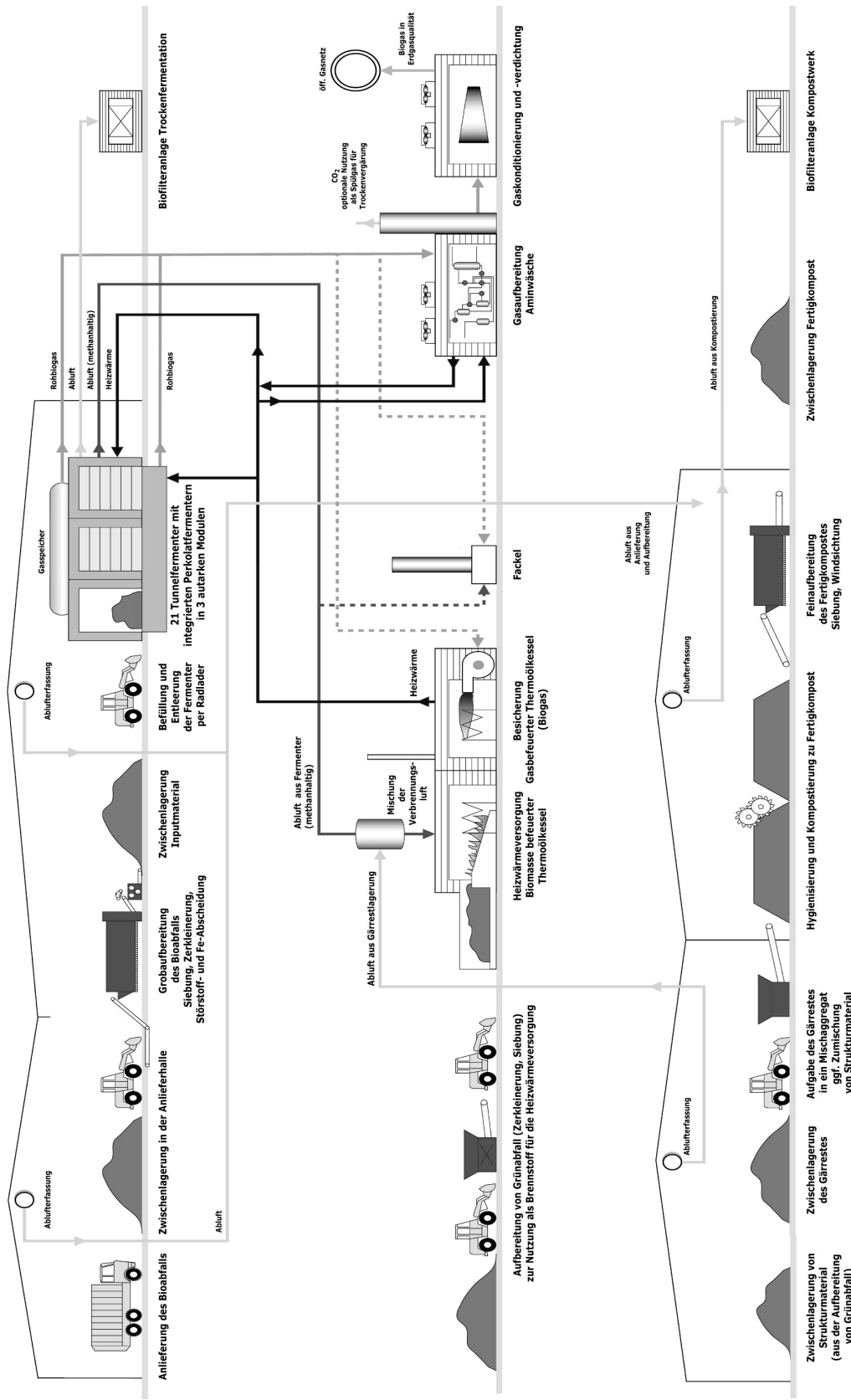
Allerdings wird dadurch noch keine externe Wärmenutzung mit Vergütung der Wärme möglich. Diese erschließt sich erst über die im Außenbereich häufig schwierig zu realisierenden Nahwärmenetze bzw. die häufiger zur Anwendung kommende Einspeisung des Biogases in Mikro- bzw. Erdgasnetze. Dann allerdings wird eine von der Verstromung des Biogases unabhängige regenerative Wärmeerzeugung am Standort der Vergärungsanlage notwendig.

3 Wärmeerzeugung über Biobrennstoffe

Die einfachste Möglichkeit zur regenerativen Wärmeerzeugung bei Bioabfallvergärungsanlagen ohne eigenes BHKW, besteht in der Nutzung eines Teilstroms des Biogases über einen Gasheizkessel mit entsprechendem Brenner. Allerdings ist durch das EEG und die an diesen Standorten erfolgten Investitionen in Mikrogasleitungen oder Einspeiseanlagen die Neigung in der Regel groß, das gesamte Biogas einer Verstromung zuzuführen. Dies gilt im Rahmen des EEG (2009) insbesondere deshalb, weil der Technologiebonus bei Bioabfallvergärungsanlagen in Verbindung mit der Kompostierung der festen Gärreste unabhängig von der Gasaufbereitung und Einspeisung bei der Stromvergütung eingepreist wird. Daher kommen für Bioabfallvergärungsanlagen eher andere regenerative Wärmequellen in Betracht. Aus unseren derzeitigen Planungen und Umsetzungen sollen die nachfolgenden drei Praxisbeispiele die Vielfalt und z. T. Komplexität dieser Lösungen verdeutlichen.

3.1 Einsatz eines Thermoölkessels für holzige Anteile des Grünabfalls

Die Integration einer Bioabfallvergärungsanlage im Batchbetrieb für 60.000 Mg/a Input pro Jahr in eine bestehende Kompostierungsanlage in Verbindung mit der Errichtung einer Biogasaufbereitung mit nicht unerheblichem Wärmebedarf (Aminwäsche) ist die planerische Aufgabe für die Wärmeversorgung des Standorts. Aus dem ebenfalls am Standort behandelten Grünabfall sollen die holzigen Anteile gewonnen und zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Abbildung 3 zeigt in einem Blockfließbild die wesentlichen Komponenten der Anlage.



© Umwelttechnik & Ingenieurbüro GmbH, 2011

Abb. 3: Blockfließbild der Anlage mit Fokus auf die Wärmeerzeugung und -verteilung

Die Wärmeversorgung erfolgt mittels eines Biomassekessels, der Thermoöl auf eine Vorlauftemperatur von 175 °C im Mittel erwärmt. Der Rücklauf des Thermoöls liegt zwischen 150 °C und 170 °C, im Durchschnitt jedoch bei 160 °C. Der Biomassekessel weist eine thermische Leistung von 900 kW auf und besitzt eine Verfügbarkeit von 7.500 h/a. Die Beschickung erfolgt über einen Schubboden und entsprechende Förderaggregate. Als Brennstoff dienen Holzhackschnitzel aus Landschaftspflegematerial. Ein Biogaskessel, der mit entschwefeltem Biogas betrieben wird, ist als vollständige Redundanz zum Biomassekessel vorgesehen. Mittels dieses Kessels kann ebenfalls 175 °C heißes Thermoöl bereitgestellt werden. Über das Thermoöl wird sowohl die Aminwäsche direkt auf dem notwendigen Temperaturniveau versorgt als auch über einen Wärmetauscher ein wasserbasiertes Nahwärmenetz für Fermenter, Betriebsgebäude etc. betrieben. Darüber hinaus ist die Rückkühlung des Amins in die Wärmeversorgung des Nahwärmenetzes integriert.

In regelmäßigen Abständen fällt aus den An- und Abfahrvorgängen der Trockenfermentation Schwachgas (Methangehalt < 20 %) an. Dieses wird in einen statischen Mischer geleitet und dort mit Luft gemischt. Anschließend wird dieses Gemisch der Verbrennung im Biomassekessel zugeführt. Das Gasgemisch muss dabei so erzeugt werden, dass die zulässigen Methankonzentrationen im Feuerraum des Kessels unbedingt eingehalten werden. Sollte der Biomassekessel nicht funktionstüchtig sein, muss anfallendes Schwachgas aus den An- und Abfahrvorgängen der Fermenter über eine Fackel entsorgt werden. Eine Verbrennung von Schwachgas im Biogaskessel ist ausgeschlossen.

3.2 Wärmeerzeugung über einen Heißwasserkessel

Bei dem hier zugrunde liegenden Praxisbeispiel handelt es sich um einen Biogaspark zur kombinierten Behandlung von Speise- und Lebensmittelabfällen mit kommunalen Bioabfällen, der an anderer Stelle in diesem Tagungsband ausführlich beschrieben wird [5]. Das gesamte erzeugte Biogas dieser integrierten Anlage wird mit einer Druckwechseladsorptionsanlage (DWA) auf Erdgasqualität aufbereitet und in das Ergasnetz eingespeist. Eine geringe Menge an Wärme (< 100 kW) steht als Abwärme der DWA zur Verfügung, genügt aber bei Weitem nicht zur Wärmeversorgung des gesamten Biogasparcs, der in den Wintermonaten mit etwas über 1 MW veranschlagt wurde (siehe Abbildung 4).

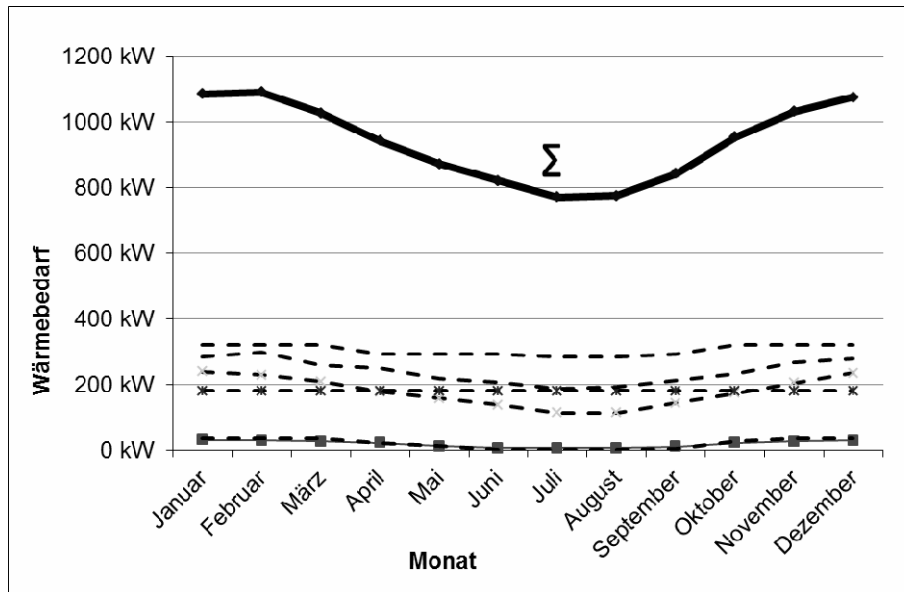


Abb. 4: Grobabschätzung des Wärmebedarfs der einzelnen Komponenten des Biogaswerks sowie Summenkurve (oben) im Jahresverlauf

Um diesen Wärmebedarf, der auch aufgrund von Pasteurisierungs- und Hygienisierungsanlagen für die Bioabfallbehandlung entsteht, über ein BHKW abzudecken, müsste etwa die Hälfte des erzeugten Biogases über ein BHKW mit knapp 1 MW_{el} genutzt werden. Dadurch würde die Biogasmenge für den Hauptzweck der Anlage, die Aufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz, zu gering. Daher wurde eine Heizkesselanlage auf Basis von Holzhackschnitzeln konzipiert.

Deren Auslegung erlaubt die Mitverbrennung des Schwachgasstroms aus der Biogasaufbereitung. Bei der Aufbereitung des Biogases fallen, je nach Menge und Qualität bis zu $410 \text{ Nm}^3/\text{h}$ Schwachgas mit $< 3 \%$ Methan an. Aus diesem „Abfallgas“, das ansonsten über eine separate aufwendige Nachverbrennung klimaneutral zu behandeln wäre, können über dieses Konzept noch etwa $100 \text{ kW}_{\text{th}}$ gewonnen werden.

Zum Einsatz kommen zwei Biomasseheizkessel, in denen naturbelassene Holzhackschnitzel eingesetzt werden können, mit unterschiedlicher Feuerungsleistung, um so die großen Schwankungen im Heizwärmebedarf abzudecken und außerdem eine für die zentralen Funktionen der Anlage notwendige Redundanz zu schaffen. Der kleinere Biomasseheizkessel hat eine Feuerungsleistung von 440 kW ; der größere Biomasseheizkessel weist eine Feuerungsleistung von 650 kW auf. Beide Biomasseheizkessel werden über das gleiche Zuführsystem versorgt, welches aus einem Schubboden und Eintragsschnecken besteht. Zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte ist jeder Biomasseheizkessel mit einem Zyklon für die Abluftreinigung ausgestattet.

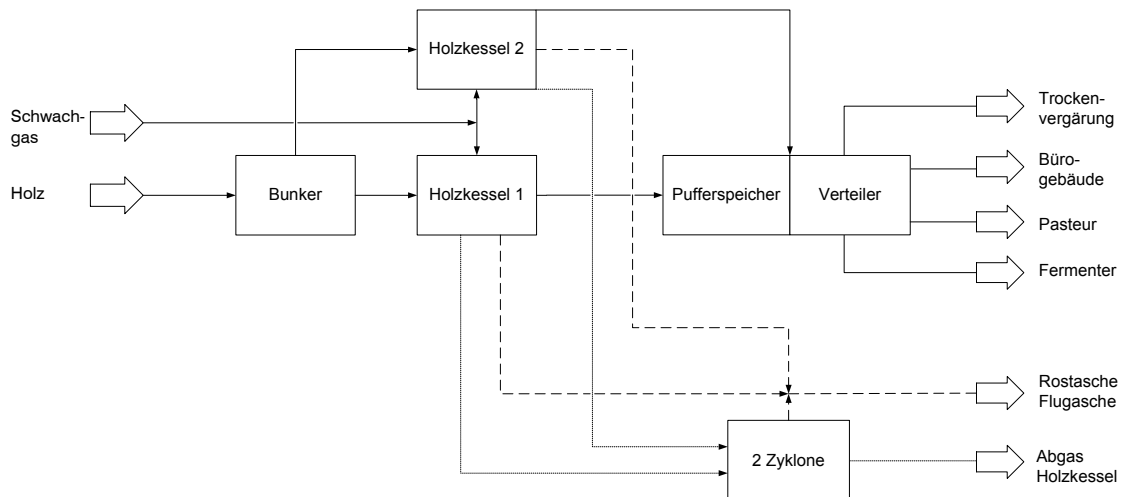


Abb. 5: Blockfließbild der Heizzentrale mit Schwachgasverbrennung

In der Gesamtanlage stehen damit Abwärme aus der Biogas-Verdichteranlage und Wärme aus der Verbrennung von Schwachgas und vor allem Holz hackschnitzeln zur Verfügung. Neben einer wirtschaftlichen und klimaneutralen Wärmeversorgung wird über diesen integrierten Verbund auch eine wirtschaftliche und wärmeerzeugungsorientierte Verwertung des ansonsten klimaschädlichen Schwachgases möglich.

4 Wärmeezeugung über Deponiegas

Im folgenden Praxisbeispiel, dem Neubau einer integrierten Bioabfallvergärungs- und Kompostierungsanlage auf einem Deponiestandort, wird das erzeugte Biogas ähnlich wie in [1] über eine Mikrogasleitung in eine Ortschaft geleitet und dort verstromt werden. Dadurch kann die entstehende Wärme effizient zur Beheizung öffentlicher Gebäude und eines Schwimmbades verwendet werden. Die Mikrogasleitung besteht bereits, da bisher Deponiegas zu diesem Zweck eingesetzt wurde. Allerdings sind die Deponiegasmengen rückläufig und reichen dort für einen wirtschaftlichen Betrieb nicht mehr aus.

Zunächst war die gemeinsame Nutzung von Biogas aus der Bioabfallvergärung und Deponiegas über die Verstromung am Ende der Mikrogasleitung favorisiert worden. Technische sowie EEG-Detailfragen führten jedoch zu der Entscheidung nur das Biogas in die Mikrogasleitung einzuspeisen und das Deponiegas als regenerative Wärmequelle für die integrierte Bioabfallvergärungs- und Kompostierungsanlage zu nutzen.

Eine aktualisierte Deponiegasprognose geht von einem raschen Rückgang der Deponiegasmenge von derzeit etwas über $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ und einer gleichzeitigen Abnahme des Methangehalts von derzeit über 45 % aus (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6 zeigt den prognostizierten Rückgang des Energiegehalts des Deponiegases (Menge und Methangehalt) sowie die daraus über eine KWK-Anlage zu erzie-

lende Wärmeleistung über die kommenden Jahre. Als KWK-Aggregat ist aus folgenden Gründen eine Mikrogasturbinenanlage vorgesehen:

- geeignet für Leistungsschwankungen von 30 % bis 100 %
- geeignet für Methangehalte bis etwa 35 %
- wartungsarm
- ein leicht zu regelnder Wärmetauscher ohne Bedarf für Notkühler
- Strom wird nach dem EEG mit Technologiebonus vergütet

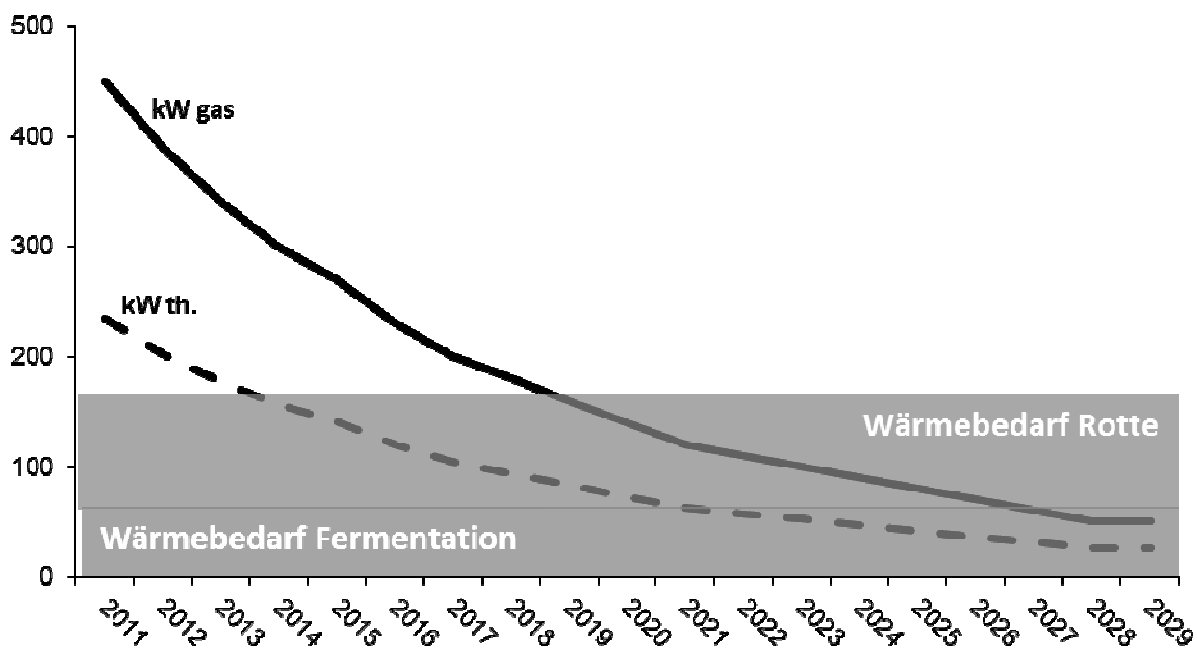


Abb. 6: Deponiegasprognose (in kW_{gas}) und über Mikrogasturbinen (mit 52 % thermischem Wirkungsgrad) erzielbare Wärmeleistung im Vergleich zum Wärmebedarf der Fermentation und der Rotte der integrierten Bioabfallvergärungs- und Kompostierungsanlage

Abbildung 6 zeigt, dass die vorgesehene 130-kW_{el}-Mikrogasturbinenanlage (bestehend aus zwei baugleichen Turbinen) mit 230 kW_{th} und einem Primärenergiebedarf von 450 kW bereits nach gut zwei Jahren den Wärmebedarf der Bioabfallbehandlungsanlage nicht mehr abdecken könnte.

Geplant wird nun der Einsatz eines 200-kW_{th}-Gaskessels, dessen Brenner speziell für den Einsatz – gereinigten – Deponiegases geeignet ist. Mit dieser Lösung kann für etwa die ersten zehn Jahre ausreichend regenerative Wärme bereitgestellt werden. Danach ist eine Ergänzung mit Biogas oder einer anderen regenerativen Wärmequelle, z. B. Holzpellets, erforderlich.

Gemeinsam mit dem Gaskessel könnte in den ersten sechs Jahren nach der vorgestellten Deponiegasprognose noch eine Mikrogasturbinenanlage mit 65 kW_{el} und

115 kW_{th} betrieben werden. Die Wirtschaftlichkeit dieser Ergänzung um eine KWK-Anlage ist von den Rahmenbedingungen abhängig.

5 Fazit

Die Einspeisung konditioniertem bzw. aufbereitetem Biogases aus integrierten Bioabfallvergärungs- und Kompostierungsanlagen in Mikrogas- bzw. Erdgasnetze ist wegen der Lage der Bioabfallbehandlungsanlagen im Außenbereich oftmals sinnvoll. Für die regenerative Wärmebereitstellung müssen auf diesen Standorten integrierte Wärmekonzepte entwickelt werden. Die vorgestellten Praxisbeispiele zeigen, dass neben einer wirtschaftlichen Wärmebereitstellung auch die Mitnutzung klimarelevanter Schwachgase einen ökologisch und ökonomisch wesentlichen Zusatzgewinn darstellt. Die Entwicklung dieser Konzepte ist in hohem Maße von den Rahmenbedingungen der Standorte abhängig.

6 Literatur

- [1] Bratek, S. (2010): Trockenvergärung von Bioabfällen mit angeschlossener Mikrogasleitung. In: K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung V. Stofflich – energetisch. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel, S. 431–444.
- [2] Bug, A. (2010): Biothan Fulda – Umsetzung der Nassvergärung von Lebensmittelabfällen und Speiseresten. In: K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung V. Stofflich – energetisch. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel, S. 427–431.
- [3] Raussen, T., M. Kern (2007): Standortsuche für Bioenergieprojekte. In: K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung II. Stofflich – energetisch. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel, S. 383–406.
- [4] Raussen, T., A. Lootsma und M. Kern (2010): Verwertung von Gärresten aus Bioabfall: Rahmenbedingungen und Technik der Aufbereitung. In: K. Wiemer, M. Kern, T. Raussen (Hrsg.): Praxis der Verwertung von Biomasse aus Abfällen. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel, S. 129–143.
- [5] Unterberg, L. (2011): Kombinationsanlagen zur Behandlung von Speise- und Lebensmittelabfällen mit kommunalen Bioabfällen. In: K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung VI. Stofflich – energetisch. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel, im Druck.