

BIOGASAUFBEREITUNG MIT MEMBRANTECHNOLOGIE

ERFAHRUNGSBERICHT DER BIOWERK-ANLAGE IN PRATTELN

Auf der Biowerk-Anlage in Pratteln (BL) wird das produzierte Biogas aus der Biomassevergärung in das örtliche Erdgasnetz eingespeist. Um die gesetzlichen Vorgaben zur Einspeisung zu erfüllen, muss das Biogas aufbereitet werden. Hierzu ist Anfang 2013 eine Biogasaufbereitungsanlage mit Membrantechnologie in Betrieb genommen worden. Nach der Auswertung der Betriebsdaten Ende 2013 konnte ein erstes Fazit gezogen werden.

Mike Keller, Biowerk Nordwestschweiz AG

RÉSUMÉ

TRAITEMENT DU BIOGAZ AVEC LA TECHNOLOGIE MEMBRANAIRE RAPPORT D'EXPÉRIENCE DE L'INSTALLATION BIOWERK À PRATTELN

Le traitement du biogaz avec le procédé membranaire pour injecter du biométhane dans le réseau de gaz naturel est une technologie efficace et fiable.

Depuis début 2013, une installation de traitement du biogaz cette technologie est en service sur l'installation Biowerk à Pratteln. Un premier bilan a été dressé fin 2013. Les expériences en matière d'exploitation ont montré que la technologie membranaire permettait de séparer le biogaz brut dans ses composants principaux (CO_2 et CH_4) et d'injecter le CH_4 dans le réseau de gaz naturel avec une pureté supérieure à 96% – alors que les émanations de CH_4 dans le gaz de rejet sont inférieures à 1%. Le traitement du biogaz utilisant la technologie membranaire respecte donc les exigences légales.

Dans le cas de l'installation Biowerk de Pratteln, l'évaluation du procédé a permis de montrer que la technologie membranaire était la solution la plus rentable. La comparaison avec les premières valeurs d'exploitation réalisées sur place renforce cet état de fait, même si certaines optimisations seront encore nécessaires en 2014.

AUSGANGSLAGE

Die Biowerk-Anlage Pratteln verwertet jährlich ca. 20 000 Jahrestonnen biogene Reststoffe aus der kommunalen Getrenntsammlung, der Landschaftspflege, der Nahrungsmittelindustrie sowie der Gastronomie. Die angelieferten Materialien werden auf Platz sortiert und mechanisch aufbereitet. Während Grobholz direkt der thermischen Verwertung zugeführt wird, gelangen die restlichen Fraktionen entweder in die Vergärung und anschließende Kompostierung (strukturarme Fraktion) oder direkt in die Kompostierung (struktureiche Fraktion). In einem einstufigen, thermophilen Gärprozess mittels Pfropfenstromreaktor erfolgt die Verstoffwechslung. Dabei entsteht ein Biogas, welches aus den Hauptbestandteilen Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) besteht. Zur gesetzeskonformen Einspeisung dieses Biogases ins Erdgasnetz gibt es in der Schweiz Vorschriften (Box 1), die eine Gasaufbereitung bzw. Gasaufkonzentration bedingen. Hierzu kommen sog. Biogasaufbereitungsanlagen mit unterschiedlichen Verfahrenstechniken zum Einsatz. Diese Anlagen haben die Aufgabe, aus dem Biogas das CH_4 abzutrennen und dem Erdgasnetz zuzuführen.

Die Biowerk-Anlage Pratteln (Fig. 1) war 2006 eine der ersten Biogasanlagen, die ihr produziertes Biogas aufbereitet ins örtliche Erdgasnetz einspeiste. Zum Einsatz kam eine organisch-

* Kontakt: mike.keller@bio-power.ch

physikalische Wäsche mit einem Genosorb als Regenerierungswaschmittel der Firma *Sterling Fluid Systems*. Nach verschiedenen Anfahrtschwierigkeiten gelang es, abgetrenntes CH₄ einzuspeisen. Doch der Wirkungsgrad lag lediglich bei etwa 50%. Nahezu die Hälfte der CH₄-Konzentration des Rohbiogases ging über den Abgasstrom verloren. Der Anlagenlieferant ertüchtigte die Anlage daraufhin über zwei Jahre hinweg. Trotz umfangreicher Optimierungsoptimierungen sowie des Einbaus einer Abgas-Nachverbrennung und Wärmerückgewinnung als Eigenversorgung erreichte die Anlage nur einen auf das CH₄ bezogenen Wirkungsgrad von max. 76%.

Für eine Biogasanlage stellt der Energieverkauf einen massgebenden Ertragsteil dar. Für die Biopower-Anlage Pratteln entging durch den sehr schlechten Wirkungsgrad der Gasaufbereitungsanlage ein Viertel der möglichen Erträge aus dem Verkauf des ins Erdgasnetz eingespeisten Biomethangases. Der jährliche Verlust lag bei ca. 150 000.- Franken. Es drängte sich auf, die Gasaufbereitungsanlage durch eine wirtschaftlichere Lösung zu ersetzen. Mittlerweile gab es auf dem Markt verschiedene Gasaufbereitungsverfahren und entsprechende Erfahrungsberichte. So wurde beschlossen, in einem ersten Schritt das für die Biopower-Anlage Pratteln geeignetste Verfahren zu evaluieren und anschliessend eine Ausschreibung vorzunehmen.

VERFAHRENSWAHL

Für die Verfahrensevaluation wurden zuerst die auf dem Markt verfügbaren und im realen Einsatz befindlichen Systeme erhoben.

AUFBEREITUNGSVERFAHREN FÜR BIOGAS

PSA-Verfahren

Die *Pressure Swing Adsorption* (Druckwechselverfahren) ist ein physikalisches Verfahren zur Trennung von Gasgemischen unter Druck mittels Adsorption.

- keine Chemikalien notwendig
- keine Prozesswärme zur Regeneration notwendig

DWW-Verfahren

Die Druckwasserwäsche ist ein kontinuierliches Absorptionsverfahren mit Wasserzirkulation

- keine Chemikalien notwendig

- keine Prozesswärme zur Regeneration notwendig

OPW-Verfahren

Die organisch-physikalische Wäsche basiert auf der Druckwasserwäsche. Anstelle von Wasser wird aber eine Waschflüssigkeit (Genosorb, Selexol u.ä.) eingesetzt.

- Regenerierungswaschmittel muss erwärmt werden
- geringe Waschmittelverluste

Aminwäscheverfahren

Bie diesem drucklosen Verfahren wird ein chemisches Waschmittel (MEA oder DEA) eingesetzt.

- minimalster Methanschlupf über das Off-Gas¹
- benötigt Chemikalien u. Prozesswärme

Membranverfahren

Aufgrund der unterschiedlichen Permeationsraten kann unter einem bestimmten Druck die Abtrennung an einer Membran vorgenommen werden.

- keine Chemikalien notwendig
- geringer Methanschlupf über Off-Gas
- keine Prozesswärme zur Regeneration notwendig

ENTSCHEID FÄLLT AUF MEMBRANVERFAHREN

Anschliessend wurden Referenzen eingeholt und Referenzanlagen begutachtet.

¹ Off-Gas: Abgeführtes Abgas der Anlage über Dach an die Atmosphäre

BIOGASEINSPEISUNG INS ERDGASNETZ

Massgebliche gesetzliche Grundlagen in der Schweiz

- SVGW-Richtlinien G1, G7 und G13 für die Einspeisung von Biogas ins Erdgasverteilnetz
- SVGW-Richtlinien G209 für die technische Abnahme, Zulassung und Betriebsaufsicht von Anlagen zur Einspeisung von Biogas
- SVGW-Merkblatt G10002 für Planung, Erstellung, Betrieb und Instandhaltung von Gasinstallationen in Biogasanlagen
- Clearingstelle Biogas, Manual
- SUVA-Merkblatt 66055 «Ist Ihre Biogasanlage sicher?»

Hauptanforderungen

- Off-Gas-Methangrenzwert: ≤ 2,5% (neu seit 1.1.2014)
- Biomethananforderungen:
 - Methan (CH₄): ≥ 96 Vol.-%
 - Kohlendioxide (CO₂): ≤ 6 Vol.-%
 - Sauerstoff (O₂): ≤ 0,5 %
 - Schwefelwasserstoff (H₂S): ≤ 5 mg/Nm³
 - Ammoniak NH₃: ≤ 20 mg/Nm³
 - Halogenverbindungen: ≤ 1 mg Cl/Nm³
- Feuchte: Wassertaupunkt -8°C bei 5 bar (max. Betriebsdruck an der Einspeisestelle)

Box 1



Fig. 1 Biopower-Anlage Pratteln (Kombinierte Vergärungs- und Kompostierungsanlage mit Biogasaufbereitung ins Erdgasnetz)

Installation Biopower à Pratteln (installation combinée de compostage et de fermentation avec traitement avant injection dans le réseau de gaz naturel)

Kriterium	Druckwasserwäsche	Aminwäsche	Membran
Verfügbarkeit	Ja	Ja	Ja
Durchsatzmenge	150–300 Nm ³ /h	125–250 Nm ³ /h	105–230 Nm ³ /h
Investitionskosten	€ 1 200 000 bis € 1 485 000	€ 910 000 bis € 1 350 100	€ 996 000 bis € 1 050 000
Wirtschaftlichkeit CHF/kWh Biomethan	CHF 0.038 bis 0.040	CHF 0.041 bis 0.043	CHF 0.045 bis 0.048
CH ₄ -Verlust	< 3% – < 2%	< 0,1%	< 2,5% – < 1%
Strombedarf		ca. 0,11 kWh/Nm ³ Biomethan	ca. 0,45 kWh/Nm ³ Biomethan
Wärmebedarf		0,6 kWh/Nm ³ Biomethan	kein Wärmebedarf

Tab. 1 Gegenüberstellung der angebotenen Verfahren
Comparison des procédés proposés

Um neben der technischen auch eine kaufmännische Gegenüberstellung vorzunehmen, zeigte sich, dass dies ohne Herstellerangaben schwierig ist. Weiter ergaben die Markterhebungen auch, dass die Biopower-Anlage Pratteln mit ihrer Rohbiogasproduktion von ca. 200 Nm³/h im europäischen Vergleich eine eher kleine Biogasanlage ist, für die nur ein Kreis weniger Anbieter Biogasaufbereitungsanlagen herstellen. So wurde beschlossen, für die gesuchte neue Gas-aufbereitung je zwei Angebote für ein Druckwasserwäsche-, Aminwäsche- und Membranverfahren einzuholen. Von den Offertstellern wurde verlangt, auch die spezifischen Kenn- und Verbrauchswerte zur Aufbereitung einer Betriebskostenrechnung im Angebot auszuweisen. Angefragt wurde eine Anlage mit 210 Nm³/h Rohbiogas. Da die alte Gas-aufbereitungsanlage bereits über eine Aktivkohlenfilteranlage verfügte, wurde vorgegeben, diese Einrichtung in die neue Anlage zu integrieren und nicht neu zu liefern. Bei der Gegenüberstellung der Angebote bzw. der angebotenen Verfahren konnten für den Anwendungsfall der Biopower-Anlage Pratteln die in *Tabelle 1* aufgeführten Erkenntnisse gewonnen werden.

Die Angaben in der Tabelle stammen aus den erhaltenen Angeboten und sind spezifisch für die Aufgabenstellung durch die Anbieter berechnet. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind der Verkaufserlös des Biomethans (CHF 0.075/kWh) dem Kapitaldienst und den Betriebskosten gegenübergestellt worden (*Box 2*).

Für die Biopower-Anlage Pratteln wurde letztlich eine Biogasaufbereitungsanlage nach dem Membranverfahren bestellt. Ausschlaggebend für die Entscheidung waren folgende Aspekte:

- Mit dem Membranverfahren wurde das beste Wirtschaftlichkeitsergebnis

ausgewiesen. Die Differenz zwischen dem Membranverfahren und der Aminwäsche ist auf den objektspezifischen Umstand zurückzuführen, dass die für die Aminwäsche benötigte Wärme extra erzeugt und die anfallende Abwärme aus dem Gas-aufbereitungsverfahren auf der Gesamtanlage nicht genutzt werden kann.

- Bei der Ausschreibung wurde der in der Schweiz damals gesetzlich vorgegebene max. zulässige Methanschlupf von 5% in die Atmosphäre als Mindestanforderung vorgegeben. Das haben alle Anbieter sichergestellt. Bei der Aminwäsche ist der minimalste Methanschlupf zu erreichen. Beim Membranverfahren besteht die Möglichkeit, den Methanschlupf durch Modifikation der Steuerung weiter zu reduzieren.
- Die Technik des Membranverfahrens

ist sehr einfach und die Anlage kann weitgehend selbst gewartet werden.

- Die Aminwäsche bot im vorliegenden Fall das geringste Risiko. Die Technik ist europaweit seit Jahren im Einsatz und alle Referenzabfragen bestätigten den zuverlässigen Betrieb und den sehr tiefen Methanschlupf. Auch die Druckwasserwäsche ist vielerorts im Einsatz; aber meistens für bedeutend grössere Gasdurchsätze. Das Membranverfahren ist dagegen noch jung und zum Zeitpunkt der Evaluation gab es nur zwei Anlagen in Betrieb.
- Die Firma *Eisenmann Anlagenbau GmbH & Co. KG* aus Holzgerlingen (D) – dort hatte die Biopower Nordwestschweiz AG bereits die mechanische Ausrüstung für zwei Vergärungsanlagen bestellt – hatte frisch eine Lizenz für den Bau von Membran-Biogasreinigungsanlagen nach dem *Evonik*-Verfahren erworben. Sie war daher interessiert, im Markt eine erste Anlage zu platzieren. In den Verhandlungsgesprächen konnten deshalb ein Sonderpreis für den Anlagenkauf und spezielle Vertragskonditionen zur Absicherung des Auftraggebers ausgehandelt werden.

PROJEKTREALISIERUNG

Nach der Vertragsunterzeichnung ging die Planung und Anlagenherstellung zügig voran. Der Testlauf im Werk dauerte etwas länger als erwartet, da noch verschiedene Punkte nachgebessert und



Fig. 2 Biogasaufbereitungsanlage nach dem Membranverfahren der Firma Eisenmann auf der Biopower-Anlage in Pratteln
Installation de traitement du biogaz selon le procédé membranaire de la société Eisenmann sur l'installation Biopower de Pratteln



Fig. 3 Membranhohlfasern
Membrane à fibres creuses



Fig. 4 Membranmodul
Membrane modulaire

(Quelle: Evonik)

BIOMETHANMARKT SCHWEIZ

In der Schweiz gibt es für die Verstromung von Biogas eine eidgenössische Regelung der Einspeisevergütung (sog. Kostendeckende Einspeisevergütungen). Für die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz gibt es hingegen nur den freien Markt mit Angebot und Nachfrage. Hauptabnehmer des aufbereiteten Biogases (Biomethan) sind die regionalen Gasversorger. Diese haben sich schweizweit bereit erklärt, ein Gasmix mit min. 10% Biomethananteil anzubieten. Verschiedene Gasversorger bieten ihren Kunden mittlerweile sogar schon ein «Biomethanprodukt» an.

Der Abnahmepreis für Biomethan aus Biogasanlagen liegt in der Schweiz derzeit pro Zertifikat bei ca. 6.5–8.5 Rp. pro kWh. Hierzu kommt der Gasproduktionspreis von ca. 3–4 Rp. pro kWh.

Zur Förderung der Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz hat der Verband der Schweizerischen Gasindustrie VSG ein Förderprogramm eingerichtet. Investitionen in neue Anlagen sowie die Einspeisung und der Transport im Netz werden mit finanziellen Beiträgen unterstützt.

Gemäss dem Schweizerischen Mineralölsteuergesetz sind Steuererleichterungen für Treibstoffe aus erneuerbarer Energie vorgesehen. Biogas ist von der Steuer befreit, sofern die ökologischen und sozialen Mindestanforderungen gemäss MinöStV erfüllt sind.

optimiert werden mussten. Zur Anlageninspektion im Werk wurde auch der SVGW eingeladen. So konnten die bei der Anlagenabnahme dann relevanten Punkte bereits vorab miteinander begutachtet werden. Auch mit der SUVA sind im Rahmen der Ausführungsplanung intensive Gespräche bezüglich der Arbeitssicherheit und der Betriebssicherheit geführt worden (Fig. 2).

Mitte Januar 2013 erfolgten dann der Anlagenantransport auf Platz, die Ausserbetriebnahme der alten Gasaufbereitungsanlage sowie die Installation der neuen Anlage. Ende Januar 2013 konnte die neue Membran-Gasaufbereitungsanlage angefahren werden.

MEMBRANVERFAHREN

Die «Membran» kann in der vorliegenden Anwendung als dünne Haut, welche die Funktion eines Filters hat, verstanden werden. Zur Gastrennung stellt man Röhrchen mit einer dünnen, permeierenden Wandung her. Rein optisch erinnern diese Membranen an feine, hohle Roh-Spaghetti (Fig. 3). Die Membranen werden, je nach Hersteller, aus unter-

schiedlichen Hochleistungskunststoffen hergestellt. Die zur Biogasauftrennung eingesetzten Membranen arbeiten nach dem Prinzip der selektiven Permeation durch die Oberfläche. Tausende solcher Membranen werden zu Büscheln in ein Rohr eingebaut, was dann als sog. Membranmodul bezeichnet wird (Fig. 4).

Gase haben unterschiedliche Löslichkeiten und Molekulargrößen. Je höher die Löslichkeit und je geringer die Molekulargröße sind, desto schneller durchdringen sie die Membran. Das Rohbiogas wird unter Druck von – je nach Hersteller – 8 bis 16 bar in das Membranmodul eingebracht. Anhand der Partialdruckdifferenz zwischen der Innenseite und der Aussen-seite des Membranröhrchens erfolgt die Trennung der Rohgaskomponenten Methan CH_4 und Kohlendioxid CO_2 . Je grösser diese Differenz ist, desto besser erfolgt die Permeation. Beim Biogas permeiert CO_2 sehr gut durch die Membran, während das CH_4 nicht durchdringt (Fig. 5). Bei der Konzipierung einer Biogasaufbereitungsanlage nach dem Membranverfahren sind neben der Durchflussmenge die Rohbiogaszusammensetzung (Anteil CO_2) sowie der minimale CH_4 -Anteil im

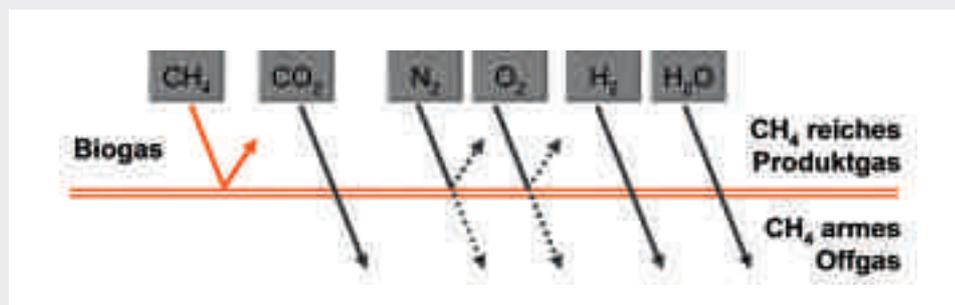


Fig. 5 Prinzip der permeierenden Wirkung von Membranhohlfasern
Principe de l'effet diffusant des membranes à fibres creuses

(Quelle: Eisenmann)

Biomethan und der maximale «Schlupf» von CH₄ im Off-Gas-Strom die massgebenden Parameter. Anhand der Konzentrations- und Volumenangaben werden die Anzahl Reinigungsstufen sowie die Anzahl Membranmodule berechnet. Dem Membranverfahren vorgelagert ist immer eine Rohbiogaskühlung und -trocknung sowie eine Entschwefelung (i.d.R. ein Aktivkohlenfilter zur H₂S-Eliminierung), die bei den meisten Anlagenbauern Bestandteil des Anlagenlieferumfangs sind. Die Entschwefelung ist zum Schutz der nachgeschalteten Membrane sowie zur Erreichung der Einspeisebedingungen von Biomethan ins Erdgasnetz notwendig.

ERSTE BETRIEBSERFAHRUNGEN

Die neue Membran-Biogasaufbereitungsanlage wurde Ende Januar 2013 angefahren. Innert Tagen konnte bereits die gesamte Rohbiogasmenge aufbereitet werden. Bis zum kontinuierlichen Betrieb dauerte es dann noch ein paar weitere Tage, da noch verschiedene Parameter in der Anlagensteuerung optimiert werden mussten. Die Monate März und April 2013 lief die Anlage kontinuierlich mit der vollen Rohgasmenge und beinahe permanent mit der geforderten Reingasqualität. Der Anlagenbauer war regelmässig auf Platz und optimierte den Steuerungsprozess weiter. Dann Ende April fiel kontinuierlich die CH₄-Konzentration im Biomethan ab. Bei einer labormässigen Begutachtung der Membrane wurde festgestellt, dass diese mit einem feinen Film überzogen waren. Weitergehende Untersuchungen ergaben, dass der vorgeschaltete H₂S-Filter vorzeitig erschöpft war und sich dadurch organische Bestandteile des Rohbiogases auf die Membrane ablagern konnten. Durch diesen organischen Film auf den Membranen wurde deren Filterfähigkeit beeinträchtigt, was zur Reduktion der CH₄-Konzentration im Biomethan führte.

Die Biopower-Anlage in Pratteln verarbeitet u.a. beträchtliche Mengen an Obst, Fetten, Ölen und auch an Grüngut. Saisonal bedingt werden unterschiedliche Mengen an Zitrusfrüchten und frischem Strauch-/Baumschnitt vergärt. Diese Produkte bilden beim Gärprozess im Biogas sog. Terpene. Diese Terpene gehören chemisch betrachtet zu den Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen, deren Moleküle als Terpenoide bezeichnet werden. Diese leiten sich vom Isopren-Molekül ab.

Terpene sind flüchtig, haben eine geringe Wasserlöslichkeit und sind geruchsneutral bis geruchsintensiv. Sie kommen u. a. vor als sekundäre Pflanzenstoffe, im Vitamin A, Beta-Carotin, K-Vitamine und Cholesterin und Steroide. Terpene werden u. a. eingesetzt bei Insektiziden und Pestiziden. Um die Terpene aus dem Biogasaufbereitungsprozess zu halten, ist eine vorgängige Abscheidung der Terpene aus dem Rohbiogas notwendig. Dies wurde mit einem zusätzlichen Aktivkohlenfilter umgesetzt, der nun als Vorstufe der Entschwefelung eingebaut ist. Während zur Entschwefelung eine speziell dotierte Aktivkohle zum Einsatz kommt, wird zur Terpenenelimination eine konventionelle Aktivkohle verwendet. Nach der Regeneration der Membranmodule und der Installation eines zusätzlichen Terpenenabscheiders lief die gesamte Biogasaufbereitungsanlage bis Ende 2013 kontinuierlich und zuverlässig. Die Betriebsdaten vom Jahr 2013 sind nun ausgewertet worden. Hierzu können folgende Aussagen gemacht werden:

JAHRESDURCHSATZ

Bedingt durch die Ausserbetriebnahme der alten Anlage und den Einbau samt Anfahren der neuen Anlage Anfang des Jahres und die Problemlösung mit den Terpenen im Mai konnte die Anlage die produzierte Rohgasmenge nicht vollständig verarbeiten. Die Biopower-Anlage produzierte im Jahr 2013 die Menge von 1 450 383 Nm³ Rohbiogas mit einem mittleren CH₄-Gehalt von 57,86% (min. 45,13%/max. 62,25%), was einem Energieinhalt von 8 518 099 kWh/a entspricht. Ins Erdgasnetz wurden 8 097 372 kWh/a Biomethan mit einem mittleren CH₄-Gehalt von 96,21% eingespeist. Dies entspricht schon im ersten Betriebsjahr einer ausserordentlich guten Verfügbarkeit von 95%.

Nach dem Einbau des Terpenefilters Anfang August konnte bis Ende 2013 von dem produzierten Rohbiogas über 99% ins Erdgasnetz eingespeist werden. In diesen fünf Monaten produzierte die Biopower-Vergärungsanlage 3 658 784 kWh Rohbiogas und davon sind 3 629 880 kWh Biomethan ins Erdgasnetz eingespeist worden.

METHAN-BILANZIERUNG

Gemäss Werkvertrag wurde vom Anlagenbauer garantiert:

- CH₄-Gehalt im Off-Gas von <1%

- CH₄-Konzentration von 96% im Biomethan

Die Auswertung der Betriebsdaten bringt folgende Erkenntnisse:

- CH₄-Gehalt im Rohbiogas in einer Bandbreite von 45,13% und 62,25% und im Jahresdurchschnitt bei 57,86%
- Der CH₄-Gehalt im Off-Gas lag im Jahresdurchschnitt bei 0,79%. Der seit dem 1. Januar 2014 in der Schweiz geltende Grenzwert von ≤ 2,5% CH₄ im Off-Gas wurde über die elf Betriebsmonate im 2013 lediglich an fünf Tagen im Monat Mai überschritten und steht in direktem Zusammenhang mit der Terpenen-Thematik.
- Die CH₄-Konzentration im Biomethan lag im Jahresdurchschnitt bei 96,21%. Der tiefste gemessene Wert lag bei 93,44% (steht in direktem Zusammenhang mit der Terpenen-Thematik) und der höchste Wert lag bei 98,18%.

STROMVERBRAUCH

Von Anfang August bis Ende des Jahres produzierte die Biopower-Vergärungsanlage 629 414 Nm³ Rohbiogas und speiste deren 383 603 Nm³ Biomethan ins Erdgasnetz ein. Der Stromverbrauch lag in den fünf Monaten bei 246 550 kWh. Somit verbrauchte die Biogasaufbereitungsanlage 0,39 kWh/Nm³ Rohbiogas und 0,64 kWh/Nm³ Biomethan. Der Energiebedarf umfasst dabei sowohl die Rohbiogaskühlung von 55°C auf 5°C als auch die gesamte Peripherie der Gasaufbereitungsanlage.

STÖRUNGSMELDUNGEN

Im Jahr 2013 sind über die Anlagensteuerung 36 Störmeldungen abgesendet worden. Bei rund zwei Dritteln der Störmeldungen konnte die Störung quitiert und die Anlage innert Stunden wieder angefahren werden. Ein Drittel der Störmeldungen bedingte das Eingreifen in die Hardware und damit einen Betriebsunterbruch.

AKTIVKOHLESTANDZEIT

Bei der Anlagenplanung und der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde in Rücksprache mit dem Anlagenbauer von etwa zwei Aktivkohlenwechseln pro Jahr ausgegangen. Die Rohbiogasentschwefelung besteht aus zwei Aktivkohlenbehältern mit je 3 m³ Nutzvolumen. Die beiden Behälter werden parallel betrieben. Aufgrund der geschilderten Terpenen-

Thematik erfolgte nach drei Monaten Anlagenbetrieb der erste und nach sechs Monaten, mit der Inbetriebnahme des Terpenefilters im August 2013 der zweite Aktivkohlenwechsel. Zukünftig ist mit ein bis zwei Aktivkohlewechsell pro Jahr für die Rohbiogaseschwefelungsanlage zu rechnen.

Aufgrund des sehr hohen Anteils an organischen Komponenten im Rohbiogas von ca. 500 mg/Nm³ ist beim Terpenefilter mit 3 m³ Nutzvolumen ein Wechsel etwa alle zwei Monate erforderlich. Derzeit laufen Versuche, ob die entnommene Aktivkohle reaktiviert und wieder verwendet werden kann. Diese Lösung würde zu einer Kosteneinsparung von gegen 60% pro Filtermediumwechsel führen.

LEBENSDAUER MEMBRANMODULE

Die Membranmodule sind mittlerweile elf Monate im Einsatz und erfüllen ihre Funktion. Über die Standzeit der Membranmodule kann zu diesem Zeitpunkt keine Aussage getroffen werden.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist daher das Zeitfenster August bis Dezember 2013 (also fünf Monate) auf ein ganzes Jahr hochgerechnet worden. Die hochgerechneten Betriebszahlen sind

dann der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Offertstellers aus dem Offertvergleich gegenübergestellt worden (Tab. 2).

Bereich	Werte 2013 Eisenmann Membran		Offertvergleich 2012 Eisenmann Membran	
	Aufwand	Ertrag	Aufwand	Ertrag
Eingespeiste Biomethanmenge in kWh	9 758 860		8 854 202	
Kapitaldienst				
Abschreibung und Zins	95 690		90 500	
Betriebskosten				
Personalkosten	21 620		15 000	
Allg. Material- und Servicekosten	10 138		43 200	
Aktivkohle-Ersatz für H ₂ S-Elimination	18 900		24 320	
Aktivkohle-Ersatz für Terpene-Elimination	32 000		0	
Ersatz Membranmodule	22 856		22 856	
Stromverbrauch	65 534		38 112	
Infrastruktur [E-Mail-/Internetanschluss]	298		300	
Versicherungen	826		3967	
Gebühren und allg. Abgaben	5000		5000	
Betriebsertrag				
Biomethanverkauf		731 915		664 065
Summen	272 862	731 915	243 255	664 065
Gewinn	459 053		420 810	
Ertrag pro eingespeistem Biomethan in CHF/kWh	0.047		0.048	

Tab. 2 Gegenüberstellungen der hochgerechneten Betriebszahlen mit den prognostizierten des Offertstellers
Comparaisons des données d'exploitation extrapolées avec celles prévues par le soumissionnaire

BIOPOWER-ANLAGE PRATTELN

Verfahren

In der Biopower-Anlage in Pratteln kommt ein Gesamtverfahren zur Anwendung, welches die Vergärung und die Kompostierung in einer Anlage vereint. Dabei werden die angelieferten organischen Reststoffe nach «vergärbar» bzw. «kompostierbar» getrennt. Während das vergärbare Material mit einer Kompogas-Vergärungstechnik «verstoffwechselt» und dabei Biogas gewonnen wird, gelangt das kompostierbare Material direkt in die Rottehalle. Dort wird es dann mit dem vergorenen Material wieder vermischt und nach dem Leureko-Verfahren kompostiert. Das fertige Kompost-Kultur-Substrat KKS gelangt als Recycling-Qualitätsprodukt zur Verwertung zurück in den Naturkreislauf (Gartenbau und Landschaftspflege, Pflanzenzucht und Landwirtschaft). Das bei der Vergärung gewonnene Biogas wird aufbereitet und in das Erdgasnetz gespeist bzw. der Erdgastankstelle bei der Autobahnraststätte zugeführt.

Die flüssige, strukturarme Biomasse wird (je nach Art und Rahmenbedingungen) zwischen +70°C und 133°C in einem Autoklav («Dampfkochtopf») aufgekocht. Mit diesem speziellen Verfahren können einerseits eine Hygienisierung bzw. Sterilisation von Spezialabfällen sowie andererseits eine Zellzerstörung zur optimalen Verstoffwechsellung und maximalen

Biogasgewinnung in der nachfolgenden Vergärung sichergestellt werden.

Kennzahlen

Input ca. 20 000 t/a Grün- und Bioabfälle aus Haushaltungen, der Landschaftspflege, der Lebensmittel- und Genussmittelindustrie sowie der Gastronomie
vergärbare Jahresmenge ca. 16 000 t/a

Produktion ca. 1,7 Mio. Nm³/a Biomethan
ca. 8000 t/a Kompost-Kultur-Substrate
ca. 7000 t/a Flüssignährstoff
ca. 1000 t/a Material zur thermischen Verwertung

Anlage Inbetriebnahme: April 2006
Investitionsbetrag: 11,5 Mio. Franken

Eigentümerin Biopower Nordwestschweiz AG, Liestal

Betreiberin Verwertungsanlage: Leureko AG, Laufenburg
Gasaufbereitungsanlage:
Biopower Nordwestschweiz AG

Erkenntnisse aus dem Wirtschaftlichkeitsvergleich

- Der Kapitaldienst fällt höher aus, da bei der Projektumsetzung noch bauliche Anpassungen notwendig waren, die zum Zeitpunkt des Offertvergleichs noch nicht vorlagen.
- Der Personalaufwand fällt höher als angenommen aus. Es ist davon auszugehen, dass der Betreuungsaufwand im Jahr 2014 deutlich geringer ausfällt.
- Die separate Terpenenabscheidung und der alle zwei bis drei Monate notwendige Aktivkohlewechsel für die Terpenenabscheidung waren zum Zeitpunkt des Offertvergleichs im Angebot des Offertstellers nicht enthalten. Diese Betriebskosten nehmen einen markanten Einfluss auf das Betriebsergebnis. Derzeit werden

Lösungsansätze zur Optimierung der Terpenenabscheidung vom Anlagenbauer erarbeitet.

- Der Stromverbrauch ist effektiv deutlich höher ausgefallen als im Angebot des Offertstellers ausgewiesen. In den Abklärungen zur Ergründung der signifikanten Abweichung musste festgestellt werden, dass der Offertsteller in seinem Angebot beim Stromverbrauch die Rohgastrocknung nicht mit eingerechnet hatte. Es sollen im 2014 an der Anlage noch Modifikationen erfolgen, die den Stromverbrauch reduzieren werden.

FAZIT

Die Biogasaufbereitungsanlage nach dem Membranverfahren von der Firma Eisenmann hat in punkto Zuverlässig-

keit und Verfügbarkeit voll überzeugt. Beim Vergleich des effektiven Ertrags pro kWh eingespeisten Biomethans mit dem ermittelten Wert im Verfahrens- und Offertvergleich erzielt die Membrananlage von *Eisenmann* das beste Ergebnis. Der CH₄-Gehalt von mindestens 96% im Biomethan wurde im Jahresdurchschnitt eingehalten. Der CH₄-Gehalt im Off-Gas lag im Jahresdurchschnitt deutlich unter 1%. Die Betriebskosten fallen aufgrund des höher als ursprünglich angenommenen Stromverbrauchs und der zusätzlich erforderlichen Terpenenabscheidung höher aus als prognostiziert. Die Biogasaufbereitungsanlage zeigt jedoch Optimierungspotenzial bei der Reingasqualität und dem Stromverbrauch. Dies wird im laufenden Jahr angegangen.



Gas- und Wasserversorgung

Umfangreiches Sortiment und modernste Logistik. Rohre, Formteile, Armaturen und Hydranten, Rohrverbindungen und Problemlösungen – wann immer es um Materialien

für die Gas- und Wasserversorgung geht, bei Debrunner Acifer sind Sie an der richtigen Quelle.

Überall in Ihrer Nähe.

Debrunner Acifer

klöckner & co multi metal distribution

www.d-a.ch

