

Eine Biogasanlage im Dampfkochtopf

Lucius Schneeberge

Der vorliegende Artikel ist eine Zusammenfassung einer Maturarbeit an einem schweizerischen Gymnasium. Er erläutert die Bedeutung von „Biogas“ als alternative Energiequelle und geht auf den Bau einer kleinen Biogasanlage ein, deren Funktion mit TI/Vernier-Sensoren überwacht wird.

1. Entstehung von Biogas durch Vergärung

Unter Vergärung versteht man den Abbau von organischen Stoffen durch Mikroorganismen in Abwesenheit von Sauerstoff, also unter anaeroben Bedingungen. Mehrere Bakteriengruppen, welche eng zusammenarbeiten, verwandeln organische Stoffe in Biogas. Biogas besteht zu etwa 45 bis 70 Prozent aus brennbarem Methan (CH_4) und zu rund 25 bis 55 Prozent aus Kohlendioxid (CO_2) sowie einem geringen Anteil Wasserdampf und verschiedenen Restgasen (Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak).

2. Nutzung von Biogas

Methan ist der hauptsächlich wertgebende Anteil des Biogases. Biogas wird daher in den allermeisten Fällen einem Aufbereitungsverfahren unterzogen, wobei das Methan weitgehend vom Kohlendioxid und von den anderen Begleitstoffen abgetrennt wird. So kann das neu entstandene Gas genutzt und je nach Reinheitsgrad sogar ins öffentliche Erdgasnetz eingespeist werden. Biogas kann dann wie Erdgas, zum Kochen, zum Autofahren, im Blockheizkraftwerk zum Erzeugen von elektrischer Energie und für vieles mehr eingesetzt werden.

3. Funktionsweise einer landwirtschaftlichen Biogasanlage

Seit Mitte August 2005 steht auf dem Bauernhof der Familie Wyss in Ittigen (Agglomerationsgemeinde von Bern) eine Biogasanlage in Betrieb. Gülle, Mist und weitere organische Reststoffe werden hier zur Gewinnung von Biogas in einer abgedeckten Vorgrube vermischt und anschliessend in einen sog. Fermenter gepumpt, in welchem das Güllegemisch während rund 30 Tagen vergoren wird. Der in dieser Biogasanlage eingesetzte Betonfermenter wird auf 35°C bis 40°C geheizt und bietet mesophilen Methanbakterien, die durch biologischen Abbau des Güllegemischs Methangas erzeugen, ideale Verhältnisse. Das entstandene Biogas wird unter einer über dem Fermenter angebrachten elastischen, gasdichten Folienhaube aufgefangen und gespeichert. Im Blockheiz-Kraftwerk wird aus dem anfallenden Biogas elektrische Energie (Ökostrom) und Wärme erzeugt. Die Wärme wird vor allem für die Beheizung des Fermenters verwendet. Ein Teil der elektrischen Energie und der Wärme deckt daneben den Eigenbedarf des Bauernhofs; der verbleibende Rest an elektrischer Energie wird ins öffentliche Elektonetz eingespeist.



Figur 1: Landwirtschaftliche Biogasanlage der Familie Wyss

Legende Figur 1:

1. Nachvergärer (2. Stufe)
2. Technikraum: Hier wird mit einem Dieselmotor und einem Generator aus Biogas elektrische Energie erzeugt.
3. Fermenter
4. Unter dieser Kunststofffolie wird das Biogas aufgefangen

4. Die Modell-Biogasanlage

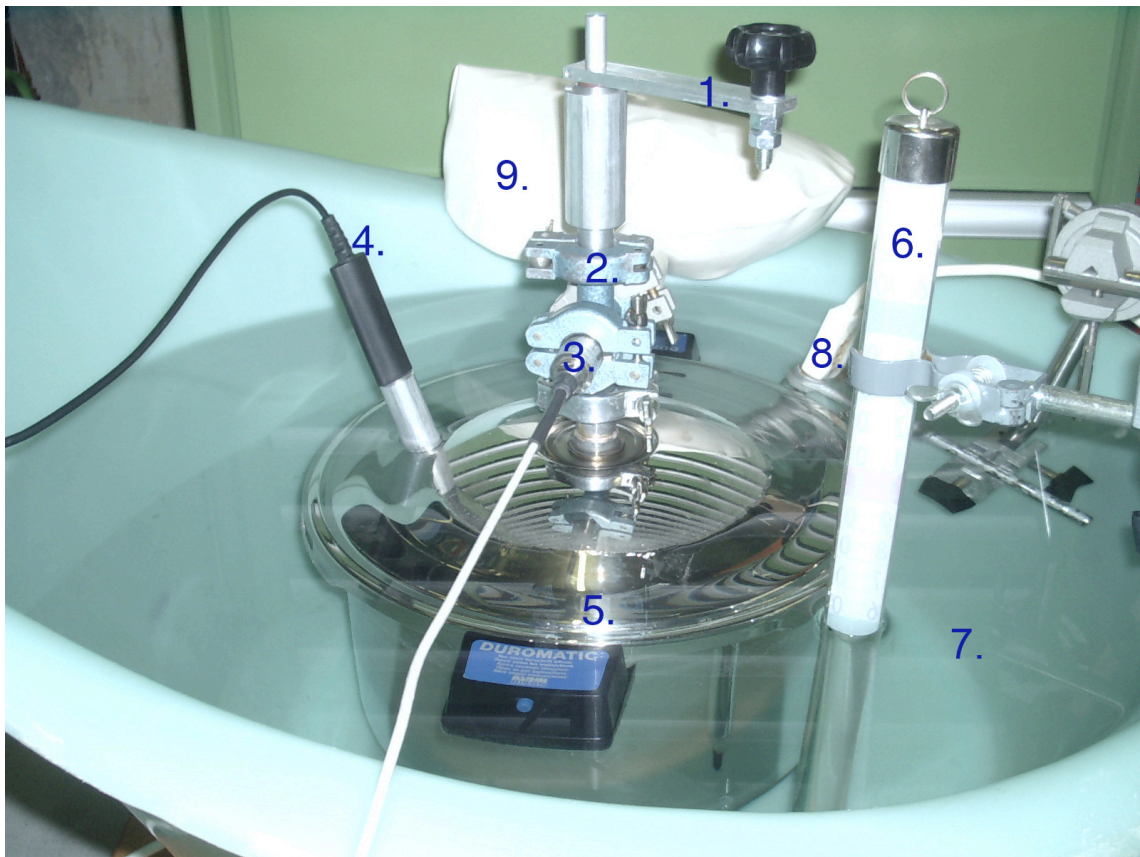
4.1 Zielsetzung

Das Ziel des praktischen Teils meiner Maturaarbeit bestand darin, selber eine Modell-Biogasanlage zu konstruieren. Das mit der Anlagem hergestellte Biogas soll dabei für weitere Untersuchungszwecke aufgefangen werden können.

4.2 Vorbereitungen

Da eine Vergärung nur unter Luftabschluss möglich ist, muss ein gasdichtes Gefäss eingesetzt werden. Der Einfachheit halber entschieden wir uns für einen gewöhnlichen Dampfkochtopf und wählten das grösste Duromatic-Modell (12 Liter) der Firma Kuhn in Rikon (Schweiz) aus. Das Überdruckventil dieses Topfs wurde entfernt und durch einen Leybold-Kleinflansch NW 16 ersetzt. Mithilfe weiterer Kleinflansch-Vakuumkomponenten wurden ein grosser Gummiballon zum Auffangen des entstehenden Biogases, ein Drucksensor und ein Rührer gasdicht mit dem Topf verbunden (siehe Figuren 2 und 3).

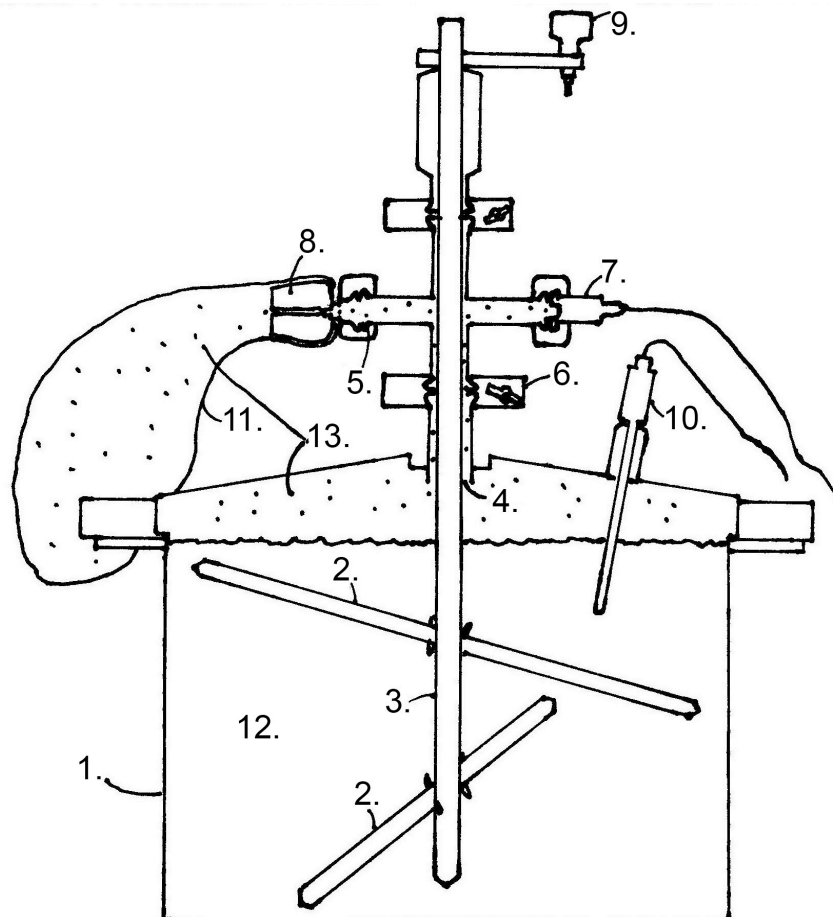
4.3 Aufbau der Modell-Biogasanlage



Figur 2: Modell-Biogasanlage in Funktion

Legende Figur2:

1. Rührer
2. Leybold-Kleinflanschkomponenten: Kreuzstück, Spannzangen, Zentrier- und O-Ringe
3. TI/Vernier-Drucksensor
4. TI/Vernier-Tempersensor
5. Dampfkochtopf Duromatic
6. Thermometer für Wasserbad mit Halterung
7. Wasserbad ca. 50°C
8. Tauchsieder
9. Gummiballon



Figur 3: Schnitt durch die Modell-Biogasanlage

Legende Figur3:

1. Duromatic Dampfkochtopf, 12 Liter Inhalt, Art. Nr. 3266
2. Rührstäbe, angewinkelt und um 90 Grad versetzt (Material: Anticorodal)
3. Metallstab (Material: Anticorodal)
4. Hohlraum für Gasdurchlass
5. Kleinflanschanschluss (KF)
6. Kleinflansch-Spannring
7. Manometer (Drucksensor Vernier/Texas Instruments)
8. Laborpfropfen
9. Drehkurbel
10. Temperaturmesssonde Vernier/Texas Instruments
11. Gummiballon
12. Gärsubstrat
13. Biogas

4.4 Betrieb der Modell-Biogasanlage

Man füllt den Topf mit Gülle, welcher frisch geschnittenes Gras zugefügt wird (organisches Substrat, 12) und erhitzt ihn in einem Wasserbad auf ca. 40°C, der idealen Vergärungstemperatur für die hier eingesetzten Methanbakterien aus der Ittiger Biogasanlage. Um zu verhindern, dass sich an der Oberfläche der Gärmasse eine Schwimmdecke bildet, muss der Inhalt ab und zu gerührt werden (Rührwerk, 9). Das entstandene Gas steigt in Form kleiner Blasen aus der Gärmasse an die Oberfläche auf, wo diese zerplatzen. Das Gas gelangt durch den Hohlraum bei (4) weiter nach oben zum KF-Kreuz-Verbindungsstück, wo es in den Ballon (11) gelangt. Der Ballon dient dabei auch als Überdruckventil: Bei allzu hohem Druck löst er sich vom Pfropfen oder zerplatzt. Mit dem Manometer (TI/Vernier-Sonde, 7) wird der Gasdruck gemessen. Mit der Temperaturmesssonde (10) und einem TI-84⁺-Grafikrechner kann die Innentemperatur des Topfes gemessen werden. Gelegentlich durchmischte ich die Gärmasse mit der Rührvorrichtung. Nach drei Stunden Laufzeit war der Ballon mit Biogas angefüllt.

4.5 Untersuchung des produzierten Biogases

Um nachzuweisen, dass sich im produzierten Biogas auch wirklich ein brennbares Gas, wahrscheinlich Methan, befindet, fackelt man das Gas am besten ab. Dies funktioniert jedoch nur, wenn der Methangehalt hinreichend hoch ist, denn Kohlendioxid ist im Gegensatz zu Methan kein brennbares Gas. Mit einem Kolbenprober sog ich 100 Milliliter Gas aus dem Gummiballon ab. Nach dem Entzünden verbrannte es in einer gut sichtbaren, bläulichen Flamme.

Wenn die Masse m , das Volumen V , die absolute Temperatur T und der Druck p einer bestimmten Gasmenge bekannt sind, können die Massen- oder Volumenanteile der Gaskomponenten CH_4 und CO_2 mithilfe der Zustandsgleichung idealer Gase bestimmt werden. Diese Berechnung erfolgt unter der (idealisierenden) Annahme, dass das Gasgemisch aus nur zwei Komponenten (Gasen) besteht.

Messwerte:

$p = 96800 \text{ Pa}$, $m = 1.079 \text{ g}$, $V = 1 \text{ Liter}$ und $T = 295.4 \text{ K}$ (entspricht 22.2°C)

Die molaren Massen betragen $M_1 = 44 \text{ g/mol}$ für CO_2 und $M_2 = 16 \text{ g/mol}$ für CH_4 .

Mithilfe der Zustandsgleichung idealer Gase

und der Beziehung für die Gesamtgasmasse können die Massenanteile zu $m_1 = 0.704 \text{ g}$ für CO_2 und zu $m_2 = 0.375 \text{ g}$ für CH_4 bestimmt werden.

Für die Volumenanteile ergeben sich daraus (Methan, CH_4) und (Kohlendioxid, CO_2), was den Erwartungen entspricht.

5. Ergebnis und Ausblick

Mit meiner Arbeit konnte ich zeigen, dass qualitativ gutes Biogas in einer einfachen experimentellen Anlage hergestellt werden kann. Voraussetzung ist allerdings, dass das Gärsubstrat nicht selber hergestellt werden muss, sondern aus einer bestehenden Biogasanlage bezogen werden kann. Die Produktion guter Biomasse erfordert viel Erfahrung und ist eine Aufgabe für biotechnologisch erfahrene Spezialisten.

Durch „Abfackeln“ konnte nachgewiesen werden, dass beim Gärprozess zumindest ein brennbares Gas entsteht; mit Hilfe einer Abschätzung konnten die Volumenanteile von Methan und Kohlendioxid bestimmt werden.

Unbefriedigend ist dabei, dass die Gassorten nur indirekt nachgewiesen werden konnten.

Um hier Gewissheit zu erhalten, müsste das Gas chemisch analysiert oder mit gasspezifischen Sensoren für Methan bzw. Kohlendioxid untersucht werden.

6. Dank

Ich bedanke mich herzlich bei Herrn Kammer (Physik) und bei Frau Meier (Biologie) für die Betreuung meiner Arbeit. Ein spezieller Dank geht auch an Herrn Peter Salvisberg, welcher den technischen Umbau vom Dampfkochtopf in die Modell-Biogasanlage leistete. Herrn Peter Wyss (Ittigen) danke ich für die Einführung in die Biogastechnik, Herrn Hanspeter Brühlmann (Kuhn Rikon AG) für die Hilfe bei der Lösung von Abdichtungsproblemen.

7. Bildnachweis

Figur 1: www.gasgeben.ch

Figuren 2 und 3: Lucius Schneeberger

8. Quellenverzeichnis

A.Wellinger et al., Biogas Handbuch, Grundlagen-Planung-Betrieb landwirtschaftlicher Biogasanlagen, Wirz Verlag, Aarau (1991), S.4

Peter-John Meynell, Biogasanlagen, die Gewinnung von Methan, Udo Pfriemer Verlag, München (1980), S.12

Heinz Schulz, Biogas-Praxis, Grundlagen-Planung-Anlagenbau-Beispiele, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg i. Br. (1996), S.8

www.gasgeben.ch

www.biogas.ch

Autor:

Lucius Schneeberger, Schüler des Gymnasium Köniz-Lerbermatt, CH-3098 Köniz

luci.s.@gmx.ch