

Biogas

Eine Ergänzung im Energiemix der Erneuerbaren Energieträger

Als Biogas wird im allgemeinen ein Gemisch aus den Hauptkomponenten Methan und Kohlenstoffdioxid bezeichnet, welches in speziellen Biogasanlagen produziert wird. Gleichwertige Gase, die aber als Nebenprodukte entstehen wie Deponiegas in Mülldeponie oder Klärgas in Kläranlage werden manchmal (vor allem dann, wenn diese weiterverarbeitet werden) auch unter diesem Begriff zusammengefasst.

Chemisch gesehen ist Biogas identisch mit Faulgas, welches bei der anaeroben (sauerstofffreien) Vergärung von organischem Material entsteht. Obwohl auch andere Gase (beispielsweise Wasserstoff) biologischen Ursprungs sind, werden diese nicht als Biogas bezeichnet. Der wertgebende Anteil, der energetisch genutzt wird, ist das Methan.

Daneben enthält es je nach Ausgangsbedingungen geringe Mengen an Wasserdampf, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Wasserstoff (H₂), Stickstoff (Distickstoff N₂) und Spuren von niederen Fettsäuren und Alkoholen.

Als Ausgangsstoffe für die technische Produktion von Biogas eignen sich:

- vergärbare, biomassehaltige Reststoffe wie Klärschlamm, Bioabfall oder Speisereste
- Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist)
- bisher nicht genutzte Pflanzen bzw. Pflanzenteile (zB Zwischenfrüchte und Klee gras im Biolandbau)
- gezielt angebaute Energiepflanzen (Nachwachsende Rohstoffe).

Dabei stellt die Landwirtschaft mit den drei letztgenannten Möglichkeiten das größte Potenzial für die Produktion von Biogas. Bis auf die letzte Möglichkeit handelt es sich dabei um kostenlose Ausgangsstoffe (abgesehen von Transport- und sonstigen Nebenkosten).

Die in der Literatur zu findenden Angaben zur Zusammensetzung von Biogas sind sehr unterschiedlich. Generell gilt, dass die Gaszusammensetzung von diversen Parametern, wie Substrat-

zusammensetzung und Betriebsweise des Faulbehälters, abhängen.

Herstellung

Biogas aus Energiepflanzen Analog zur Verwendung von Holz in Biomasseheizkraftwerken werden vermehrt Pflanzen gezielt zur Verfaulung in Biogasanlagen, dh zur Produktion von Biogas angebaut. Dies können im Prinzip alle ackerbaulich genutzten Früchte oder Gras sein.

Zur groben Abschätzung der Nutzung für die Leistungserzeugung bei durchschnittlichem Wirkungsgrad:

1 ha Mais = ca. 2 kW elektr. Dauerleistung - 1 ha sonstiges Getreide = ca. 1,5 kW - 1 ha Gras = ca. 1 kW - Gülle von 1 Kuh = ca. 0,15 kW

Mikrobielle Prozesse Die Biogaserzeugung findet in einer Biogasanlage statt. In dem gesteuerten Prozess der Biogasbildung sind verschiedene Arten von anaeroben Mikroorganismen beteiligt, deren Mengenverhältnis zueinander durch Ausgangsstoffe, pH-Wert, Temperatur- und Faulungsverlauf beeinflusst wird.

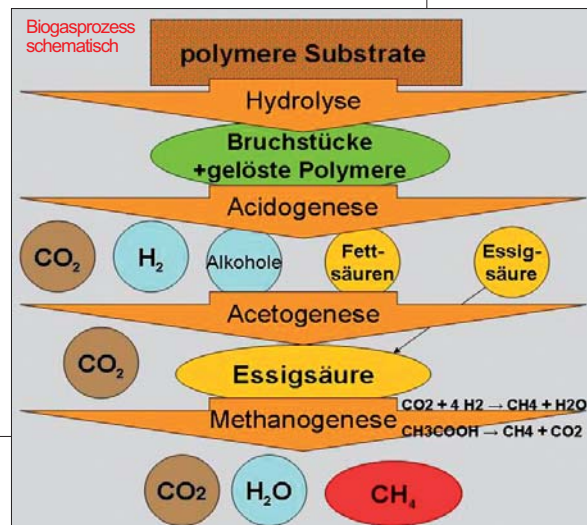
Aufgrund der Anpassungsfähigkeit dieser Mikroorganismen an die Prozessbedingungen können nahezu alle organischen Stoffe durch Verfaulen abgebaut werden. Lediglich höhere Holzanteile können durch das mikrobiologisch schwer zersetzbare Lignin schlecht verwertet werden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Methanbildung ist ein Wasseranteil im Ausgangssubstrat von mindestens 50 %.

Man unterscheidet nach dem heutigen Erkenntnisstand vier parallel bzw. nacheinander ablaufende und ineinandergreifende biochemische Einzelprozesse, die den anaeroben Abbau biogener Stoffe ermöglichen:

- Während der Hydrolyse werden die Biopolymere in monomere Grundbausteine oder andere lösliche Abbauprodukte zerlegt. Fette werden in Fettsäuren, Kohlenhydrate, wie z. B.

Polysaccharide, in Mono- oder Oligosaccharide und Proteine, in Peptide bzw. Aminosäuren zerlegt. Diese Reaktionen werden durch fakultativ anaerobe Mikroorganismen katalysiert, wobei diese die Edukte mittels ausgeschiedener Exoenzyme hydrolysieren. Dieser Reaktionsschritt ist aufgrund der Komplexität des Ausgangsmaterials geschwindigkeitsbestimmend.

- Im Rahmen der Acidogenese (Fermentation) - die zeitgleich zur Hydrolyse stattfindet - werden die monomeren Interdukte einerseits in niedere Fett-/Carbonsäuren, wie zB Butter-, Propion- und Essigsäure, andererseits in niedere Alkohole, wie zB Ethanol, umgesetzt. Bei diesem Umsetzungsschritt gewinnen die fakultativ anaeroben Mikroorganismen erstmals Energie. Bei dieser Umsetzung werden bereits bis zu 20 % des Gesamtanteils an Essigsäure gebildet.
- Während der Acetogenese werden die niederen Fett- und Karbonsäuren sowie die niederen Alkohole durch acetogene Mikroorganismen zu Essigsäure (Anion Acetat) umgesetzt.
- In der letzten, obligat anaerob ablaufenden Phase - der Methanogenese - wird die Essigsäure durch entsprechend acetoklastische Methanbildner nach Gleichung 1 in Methan umgewandelt. Etwa 30 % des Methans entstehen nach Gleichung 2 aus Wasserstoff und CO₂. →



Zurück bleibt ein Gemisch aus schwer abbaubarem organischem Material, beispielsweise Lignin und anorganischen Stoffen wie zum Beispiel Sand oder anderen mineralischen Stoffen, der sogenannte Gärrest. Er kann als Dünger verwendet werden, da er noch alle Spurenelemente und zusätzlich noch fast den gesamten Stickstoff des Substrates in bioverfügbarer Form (NH_4^+ bei neutralem pH) enthält.

Reinigung und Aufbereitung

Verunreinigungen durch Schwefelwasserstoff und Ammoniak wirken sich negativ auf die Nutzung von Biogas aus. Es ist daher fast immer notwendig, eine Reinigung und Aufbereitung vorzunehmen. Im Wesentlichen sind das vier Verfahrensschritte.

Entschwefelung Dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Gegebenenfalls sind mehrere Stufen nötig wie Grob- bzw. Feinentschwefelung.

- Reinigung nach der Gasproduktion durch Entschwefelungsfilter: Hier wird das Gas durch eisenhaltiges Filtermaterial (Raseneisenstein, Stahlwolle) geleitet. Das Filtermaterial muss ausgetauscht oder durch Erhitzen regeneriert werden, wenn es gesättigt ist.
- Reinigung im Gasraum durch Zugabe von Sauerstoff: Das H_2S (Schwefelwasserstoff) wird in elementaren Schwefel umgewandelt. Der Schwefel lagert sich im Gasraum ab. Dies ist bisher die gängigste und billigste Methode, hat aber den Nachteil, dass elementarer Schwefel in der Anlage akkumuliert. Das Verfahren kann nur eine begrenzte Menge von Schwefelwasserstoff neutralisieren. Außerdem ist dieses Verfahren nur möglich, wenn das Biogas vor Ort in einem BHKW oder Brenner verwendet wird. Bei Aufreinigung auf Erdgasqualität sind vor allem die zusätzlichen Stickstoffanteile sowie freie Sauerstoffanteile problematisch, da es zu Qualitätseinschränkungen im aufbereiteten Biomethan führt. Eventuell können dadurch vorgegebene maximale Grenzwerte im aufbereiteten Gas nicht oder nur noch mit erhöhtem Aufwand eingehalten werden. Andererseits bleibt der elementare

Schwefel als Dünger in der Substratausbringung pflanzenverfügbar und kann als Schwefeldünger bilanziert werden.

- Ein verbessertes Verfahren ist die Zugabe von Luft oder eines anderen Oxidationsmittels direkt in die Reaktorflüssigkeit (Linde-Patent). Es läuft der selbe Prozess wie bei der Gasraumentschwefelung ab.
- Laugenwäsche: Das Biogas wird in einer Füllkörperkolonne im Gegenstrom mit Lauge gewaschen. Die Lauge muss anschließend entsorgt werden. Die Laugenwäsche reichert auch CO_2 im Biogas ab.
- Biologische Entschwefelung: Ähnlich der Laugenwäsche, die Lauge wird in einem zweiten Aerobreaktor zur Hälfte regeneriert. Es entsteht ein im Vergleich zur Laugenwäsche reduzierter, schwefelfreier Abwasserstrom und ein Elementarschwefelschlamm. (Paques-Patent)
- Die Zugabe von Eisen-ionen: Bei hohen Proteinanteilen im Ausgangssubstrat können die Schwefelwasserstoffkonzentrationen schon 20.000 ppm übersteigen. Hier ist jeder Filter überfordert. Die Zugabe von Eisenionen hilft die Bildung von Schwefelwasserstoff im Faulbehälter wegen der hohen Affinität zum Eisen zu verhindern. Das Eisen verbindet sich mit Schwefel zu unlöslichen Eisensulfid (FeS). Das Eisensulfid verbleibt als Feststoff in der Gülle.
- Irreversible Adsorption an Aktivkohle: Die Aktivkohle wird teilweise iodiert, um die Beladungsfähigkeit zu erhöhen. Dieses Verfahren eignet sich nur bei sehr geringen H_2S -Konzentrationen, zB als Endreinigung.
- Rückführung von teilweise entschwefeltem Biogas in die Reaktorflüssigkeit. Dadurch wird das Ausstreuen des noch in der Flüssigkeit gelösten H_2S verbessert.

Zu beachten ist hier die Hemmwirkung des in der Gülle gelösten Schwefelwasserstoffes auf die Methanbildung. Wird nur auf die Entschwefelung des Gases geachtet und die Entschwefelung der Reaktorflüssigkeit vernachlässigt, geht die Methanbildung durch Vergiftung der Methan erzeugenden Bakterien bis auf Null zurück. Diese Prob-

leme treten jedoch nur in Abfallvergärungsanlagen mit hohen Proteinfrachten oder bei stark schwefelhaltigen Pflanzenteilen (Raps) auf und kann durch die Mischung der zu vergärenden Substrate beeinflusst werden.

Verdichtung Die Verdichtung von Biogas ist meist dann notwendig, wenn Biogas, nach dessen Aufbereitung, in das Erdgasnetz eingespeist werden soll. Vor allem aber für die Nutzung als Treibstoff ist eine starke Komprimierung auf über 200 bar notwendig, um ausreichende Energiedichten zu erhalten. Solch hohe Drücke sind nur mit einer mehrstufigen Verdichtung realisierbar.

Trocknung Biogas wird durch die Kühlung des Gases im Erdreich oder durch Kompressorkälte entfeuchtet. Die Unterschreitung der Taupunkttemperatur des Wasserdampfes lässt das Wasser kondensieren (von der gasförmigen in die flüssige Phase übergehen). Dann kann das Wasser in Tiefpunkten der meist erdverlegten Biogasleitung gesammelt und abgeleitet werden. Bei einer Kühlung durch Kältemaschinen fällt das Wasser im Biogas an den Kälteregeistern aus und kann dort gesammelt und abgeleitet werden.

CO_2 -Abtrennung Die Aufbereitung des Biogases umfasst neben den bereits geschilderten Verfahren zur Entschwefelung und zur Reduzierung des Ammoniak-Anteils vor allem die Reduzierung des CO_2 - und O_2 -Anteils. Die derzeit gängigen Verfahren der Methananreicherung durch CO_2 -Abtrennung sind Gaswäschen wie zB die Druckwasserwäsche (Absorptionsverfahren mit Wasser oder speziellen Waschmitteln) und die Druckwechsel-Adsorption (Adsorptionsverfahren an Aktivkohle).

Bereits in den 1980er Jahren wurden in zwei Klärwerken in Deutschland eine Trennung des CO_2 im Klärgas durch Absorptionsmittel wie zB Monoethanolaminlösung (Aminwäsche) über Jahre erfolgreich betrieben, um sie dann ins Erdgasnetz einzuspeisen. Daneben sind weitere Verfahren wie eine kryogene Gastrennung (mittels tiefen Temperaturen) oder eine Gastrennung durch eine Membran in der Entwicklung für eine allgemeine Anwendung im Biogasbereich. www.wikipedia.com