

Wie kann der Faulungsprozess zuverlässig gesteuert werden?

Steffen Wiegand

AWITE Bioenergie GmbH
Langenbach

Beim anaeroben Abbau organischer Masse entsteht bekanntlich Biogas, welches aus 50-70 % Methan, 30-50 % Kohlendioxid sowie Spuren von beispielsweise Schwefelwasserstoff, Wasserstoff und Ammoniak besteht. Die Zusammensetzung des Biogases ist sowohl abhängig von den Substraten wie auch vom Prozesszustand.

Die theoretische Gaszusammensetzung kann anhand des Einsatzmaterials überschlägig nach der Formel von Buswell bestimmt werden. In der Praxis gibt es hierzu jedoch mehr oder minder starke Abweichungen.

Über die regelmäßige und zeitnahe Bestimmung der Gaszusammensetzung und die Schwankungen in der Zusammensetzung kann man somit zum Einen Rückschlüsse auf die Vitalität der Mikroflora ziehen und den Prozess entsprechend regeln. Zum Anderen kann die Gasnachbereitung hinsichtlich der anwendungsspezifischen Anforderungen optimiert werden. An den beiden im folgenden aufgeführten Beispielen sollen die Möglichkeiten angedeutet werden, die sich anhand der Kenntnis der Biogaszusammensetzung ergeben.

Anwendungsbeispiel 1: Mikrobiologische Entschwefelung

Die Nutzungsmöglichkeiten für Biogas haben sich in den letzten Jahren über die einfache Verbrennung bis hin zu hoch sensiblen Anwendungen wie die Brennstoffzelle oder die Einspeisung in ein Erdgasnetz entwickelt. Damit wurden auch die Anforderungen an die Biogasqualität und deren Überwachung erhöht. Für die Verwertung des Biogases ist in jedem Fall neben dem über den Methangehalt definierten Energiegehalt das Spurengas Schwefelwasserstoff (H_2S) von Interesse.

Beispielsweise lassen sich Korrosionserscheinungen durch Bildung von Schwefelsäure bzw. schwefliger Säure, eine schnellere Versäuerung des Motoröls oder mikrobiologische Hemmungen des Abbauprozesses auf einen überhöhten H_2S -Gehalt zurückführen. Für Brennstoffzellen ist Schwefelwasserstoff schon bei wenigen ppm ein K.O.-Kriterium. Die weitgehende Entschwefelung des Biogases ist also sowohl aus materialtechnischen als auch mikrobiologischen Gründen zwingend notwendig.

Alternativ oder als Vorstufe zu den chemisch physikalischen Verfahren, wie der Sulfid-Fällung über Zusatz von Eisenchlorid oder Eisensulfat und der Aktivkohleentschwefelung, steht die mikrobiologische Entschwefelung zur Verfügung. Diese kann sowohl direkt im Gasraum des Fermenters oder in einem gesonderten Bereich durchgeführt werden.

Die Entschwefelung im Gasraum des Fermenters ist das am weitesten verbreitete Verfahren in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, da es ohne großen zusätzlichen Aufwand durchgeführt werden kann. Das Einblasen von Luft in den Gasraum ermöglicht Schwefelbakterien, den Schwefelwasserstoff zu elementarem Schwefel zu oxidieren. Hierzu benötigen diese neben Sauerstoff genügend Wachstumsfläche im Gasraum. Die Entschwefelungsleistung ist von den Parametern Sauerstoffkonzentration, Oberfläche und Verweilzeit abhängig.

Luftmangel oder -überschuss führen bei dieser Prozessführung zu erheblichen Problemen, wie z. B. der Bildung von Sulfat und damit Korrosion oder einer unbefriedigenden Entschwefelungsleistung. Zusätzlich spielt der sicherheitstechnische Aspekt eine Rolle. Wenn keine Rückinformationen über den aktuellen Sauerstoffgehalt im Biogas vorliegen, kann bei einem Einbruch der Gasbildungsrate eine übermäßige Luftbeimischung stattfinden.

Eine Optimierung der Entschwefelung im Gasraum lässt sich durch Einblasen eines definierten Luftvolumenstroms erzielen. Mit einem Inline/Online-Gasanalysengerät kann hierbei die Zusammensetzung des Biogases bestimmt werden. In Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt des Biogases können so mittels PID-Regler je nach Aufbau der Anlage mehrere Schaltventile und Verdichter angesteuert und so die Dosierung der einzublasenden Luftmenge für die verschiedenen Anwendungsorte (z.B. einzelne Fermenter) reguliert werden.



Abbildung 1 zeigt beispielhaft den Aufbau mit Online-Gasanalyse-System, Verdichter und Schaltventilen. Mit dieser Anordnung kann direkt über den Sauerstoffgehalt des Biogases dem Sauerstoffverbrauch der entschwefelnden Mikroorganismen und dem aktuellen Gasanfall Rechnung getragen werden.

Bei Anlagen mit Schwefelwasserstoffkonzentration von etwa 2 000 ppm konnte im Langzeitbetrieb durch das kontrollierte Einblasen von Luft in den Gasraum des Fermenters die Konzentrationen unter 200 ppm gehalten und somit Entschwefelungsraten von rund 95 % erreicht werden!

Anwendungsbeispiel 2: Prozessregelung mit Hilfe der Wasserstoffkonzentration

Die komplexen Stufen des anaeroben Abbaus sind hochsensibel und reagieren auf Unterschiede bei der Temperaturführung, der Substratzusammensetzung und –menge, der Durchmischung und vieler anderer Parameter. Die beteiligten Bakterienstämme bauen ein hocheffizientes symbiotisches System auf, an deren Spitze die methanogenen Bakterien größtenteils aus Wasserstoff, Kohlendioxid und Essigsäure Methan produzieren. Bei Störungen des Gesamtsystems dauert die Erholungsphase gerade von den so wichtigen acetogenen Bakterien am längsten. Dadurch sind die Folgen einer Prozessstörung oftmals ein Anstieg der kurzzeitigen

Fettsäuren und damit verbunden ein Abfallen des pH-Wertes. Durch das Abfallen des pH-Wertes und der Veränderung des Lösungsgleichgewichtes treten weitere Störungen auf und die Gaszusammensetzung ändert sich gravierend hinsichtlich des Verhältnisses von Methan und Kohlendioxid. Ein zu spätes Einleiten von Gegenmaßnahmen führt letztendlich zu einer extremen Übersäuerung der gesamten Biogasanlage und bedingt teilweise den gesamten Austausch des Fermenterinhalt. Neben dem Ausfall an Gaserträgen kommen somit Entsorgungskosten des versäuerten Materials hinzu. Zwar kann die regelmäßige Messung des pH-Wertes wertvolle Hilfe sein, diesem Zustand schon frühzeitig entgegen zu wirken. Hierzu müssen die pH-Sonden jedoch regelmäßig gereinigt und kalibriert werden. Zudem muss erwähnt werden, dass der pH-Wert erst nachvollziehbar absinkt, wenn die Überlastung bereits einen gewissen Zeitraum bestand, insbesondere wenn das System gut abgepuffert ist.

Lange bevor der pH-Wert abfällt, kann man ein Problem der Wechselbeziehungen der beteiligten Mikroorganismen jedoch bereits daran erkennen, dass die Wasserstoffkonsumenten (Methanbakterien) den von den Wasserstoffproduzenten (acetogene Bakterien) gebildeten Wasserstoff nicht mehr abreagieren. Somit kann man eine Änderung der Wasserstoffkonzentration messen.

Die Veränderung der Gaszusammensetzung des Biogases stellt somit ein rasches und zuverlässiges Instrument der Prozessüberwachung dar und bietet zudem die Möglichkeit, den Prozess auch zu steuern. Entsprechende Programme und Visualisierungen stehen zur Verfügung. Gasanalyzesysteme bieten gegenüber den Kontrollmöglichkeiten in der relativ aggressiven flüssigen Phase den Vorteil, dass sie günstig, wartungsarm und schnell sind.

Zusammenfassung

Die Überwachung von technisch komplexen Anlagen ist mittlerweile in annähernd allen Industriebereichen selbstverständlich und sollte noch mal mehr in biotechnologischen Anlagen, welches eine Biogasanlage letztendlich ist, berücksichtigt werden. Die Messung der Gasphase von Biogasanlagen kann bei der Gasaufbereitung sowie der Prozesssteuerung wesentliche Hinweise geben und in die Regeltechnik implementiert werden. Die Kosten liegen im Normalfall im Bereich von unter einem Prozent der Investitionskosten der Gesamtanlage.

Die mikrobiologische Entschwefelung von Biogas mittels Sauerstoff ist Stand der Technik, bleibt aber ein systembedingtes Verweilzeit/Oberflächen-Problem. Das Verfahren der geregelten Luftzufuhr über die Messung des Restsauerstoffgehaltes optimiert die Randbedingungen für die mikrobiologische Entschwefelung und erhöht damit die Prozessstabilität.

Die zeitnahe Überwachung des Anlagenbetriebes und die Automatisierung von Arbeitsschritten sind essenziell für einen störungsarmen Vergärungsverlauf. Der so erzielbare hohe Anlagenwirkungsgrad belegt die Wirtschaftlichkeit derartiger Investitionen.

