

Dr. Michael Unruh

## Einleitung

Bei Biogasanlagen kommen der Gasmesstechnik zwei verschiedene Aufgaben zu. Dies ist zum einen die Analyse der Zusammensetzung des Biogases bevor es der Verwertung zugeführt wird, zum anderen ist dies das Erkennen von Gesundheitsgefahren durch ungewollt freigesetzte Biogase, z. B. Leckagen. Beide Messaufgaben stellen unterschiedliche Anforderungen und bedingen den Einsatz speziell auf sie zugeschnittener Messtechnik.

In diesem Teil 1 werden die Anforderungen und Konzepte für die Biogasanalyse vorgestellt.<sup>1</sup>

### Welche Gase werden gemessen?

Üblicherweise werden bei der Biogasanalyse die drei Messgrößen Methan (CH<sub>4</sub>), Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) gemessen. In manchen Fällen kommt noch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) hinzu. In Sonderfällen – meist bei Versuchsanlagen – können auch noch andere Gase von Interesse sein.

Die Methan und Kohlendioxid-Gehalte im Biogas liegen in der Regel um 50 Vol.-%. Ziel ist die Überwachung des Biogas-Prozesses und die Einhaltung optimaler Bedingungen für den nachgeschalteten Gasmotor oder die anschließende Gasaufbereitung.

Da im Biogas-Prozess bei der Methan- und Kohlendioxid-Bildung der Sauerstoff in der Luft umgesetzt wird, kann die Messung des Restsauerstoffes ebenfalls zur Prozessüberwachung genutzt werden. Wird eine Sauerstoffeindüsung zur Entschwefelung genutzt, kann sie auch zu deren Kontrolle herangezogen werden. Der Restsauerstoffgehalt beträgt meist deutlich unter 3 Vol.-%.

Das Biogas kann unter ungünstigen Umständen Schwefelwasserstoff in Konzentrationen von bis zu einigen tausend ppm (100 Vol.-% = 1.000.000 ppm) aufweisen. Der Schwefelwasserstoff kann schwere Schäden an den Gasmotoren erzeugen. Deshalb ist die Konzentrationsüberwachung bei Biogas-Prozessen von ganz besonderer Bedeutung, um rechtzeitig geeignete Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

### Welche Messprinzipien eignen sich für die Analyse von CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub>?

Zur Messung von Konzentrationen bis 100 Vol.-% stehen die Messprinzipien Infrarot(IR)-Absorption und Wärmeleitung zur Verfügung.

Das Messprinzip IR-Absorption erfüllt hohe Anforderungen an eine genaue und reproduzierbare Messung, da es frei von Störeinflüssen durch die jeweils anderen im Biogas enthaltenen Gas-Komponenten bleibt. Die erzielbare Messgenauigkeit liegt bei etwa ± 1 Vol.-%. Eine lange Lebensdauer ist ein weiterer Vorteil dieser Technik. Aktuelle IR-Konzepte benötigen keine mechanisch bewegten Teile mehr, so dass die früheren Nachteile, wie hohe Anschaffungs- und Wartungskosten, nicht mehr bestehen. Dieses Verfahren wird heute meist bei der kontinuierlichen Analyse eingesetzt.

Das Messverfahren Wärmeleitung hat prinzipiell damit zu kämpfen, dass es auf nahezu jedes Gas empfindlich ist. Beim Biogas kommt erschwerend hinzu, dass die beiden Hauptkomponenten CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> entgegengesetzte Messsignale erzeugen. Befriedigende Messwerte können nur durch Einsatz eines speziellen Messzyklus und anschließender interner Verrechnung gewonnen werden. Die zu erwartenden Messabweichungen sind in der Praxis mit ± 2–4 Vol.-% anzusetzen. Das Verfahren ist deshalb eher für Übersichtsmessungen oder eine zeitlich begrenzte Trendverfolgung geeignet.

### Welche Messprinzipien eignen sich für die Analyse von O<sub>2</sub>?

Es werden überwiegend elektrochemische O<sub>2</sub>-Messzellen eingesetzt, wie Sie auch zur Sauerstoffmangel-Überwachung in der Raumluft Verwendung finden. Das aus der Analysetechnik

---

<sup>1</sup> Der getrennte Teil 2 behandelt in ähnlicher Form die Raumluftmessungen zur Leckageerkennung.

bekannte paramagnetische Verfahren findet bei der Biogas-Überwachung aus Kostengründen nur selten Verwendung.

Elektrochemische Sauerstoff-Zellen weisen ein sehr lineares Verhalten auf, so dass sie auch bei den niedrigen Konzentrationen im Biogas eine sehr genaue Messung ermöglichen.

Die Zellen verbrauchen sich ähnlich einer Batterie, wenn Sie Sauerstoff ausgesetzt sind. Es lohnt sich deshalb die vom Hersteller angegebenen Standzeiten von 1-5 Jahren im Hinblick auf die regelmäßigen Folgekosten für den Sensortausch zu berücksichtigen.

Des Weiteren ist nicht jeder Sauerstoff-Sensor für den Einsatz im Biogas geeignet. Die üblichen O<sub>2</sub>-Sensoren erfahren durch Kohlendioxid eine vorzeitige Alterung, so dass die für die Messung in Luft angegebene Sensorlebensdauer bei Messung im Biogas deutlich verkürzt werden kann.

### **Welche Messprinzipien eignen sich für die Analyse von H<sub>2</sub>S?**

Als Messprinzip werden elektrochemische H<sub>2</sub>S-Messzellen verwendet.

Die handelsüblichen H<sub>2</sub>S-Sensoren sind für die Überwachung von Arbeitsplatzkonzentrationen ausgelegt und weisen einen Messbereich von etwa 100 ppm auf. Hohe Konzentrationen führen zu einer Überlast des Sensor, die eine dauernde Schädigung des Sensors herbeiführen. In diesem Fall zeigt er gar keine oder eine deutlich zu geringe Konzentration an.

Zur Vermeidung dieser Schädigung werden verschiedene Verfahren eingesetzt. Die Vorselektion besonders widerstandsfähiger Sensoren aus einer Charge hilft nur bei dauerhaft geringen H<sub>2</sub>S-Konzentrationen. Eine H<sub>2</sub>S-Spitze kann bereits den Ausfall der Messung bewirken. Messgasverdünnungen vor dem Sensor sind fehlerträchtig, da das mit Ventilen eingestellte Mischungsverhältnis Messgas/Luft in der Regel nicht dauerhaft stabil ist. Als geeignet sind Verfahren anzusehen, die die Belastung des Sensors durch Verminderung der Gaszufuhr zum Sensorelement begrenzen und bei Konzentrationen oberhalb des Messbereichsendwertes den Sensor bis zum Beginn des nächsten Messzyklus mit Luft spülen.

### **Welche konstruktiven Eigenschaften sollte ein Gerät zur Biogas-Analyse mitbringen?**

Biogas-Analyse erfolgt nicht im geschützten Labor unter ständiger Anwesenheit von geschultem Wartungspersonal, sondern unter den rauen Einsatzbedingungen der Biogas-Anlage. Die Konstruktion muss den Anforderungen an zuverlässigen Dauerbetrieb, Wartungsarmut und Servicefreundlichkeit genügen. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass auch bei geeigneter Konstruktion der störungsfreie Betrieb eines Gerätes zur Biogas-Analyse immer eine fachgerechte Inbetriebnahme und regelmäßige Wartung (1 - 2 mal/Jahr) voraussetzt.

Alle Komponenten sollten den harten Anforderungen entsprechend ausgewählt sein. So muss z. B. die eingesetzte Gasförderpumpe für den langjährigen Dauerbetrieb geeignet sein; ein Kriterium, das erfahrungsgemäß häufig nicht beachtet wird und dann zu Störungen der Anlage führt. Alle Materialien, auch Schläuche, Verbindungselemente und Dichtungen müssen mit den im Biogas vorkommenden Komponenten verträglich sein.

Das Gerät, die Gasleitungen und elektrischen Verbindungen sollten einfach zu montieren und anzuschließen sein. Der Geräteaufbau sollte es erlauben, Servicearbeiten schnell und sicher auszuführen. Werden die Daten der Biogas-Analyse in der Anlagensteuerung weiterverarbeitet, müssen geeignete Schnittstellen, z. B. Relais- und 4-20 mA-Ausgänge, vorhanden sein.

Der Messgasaufbereitung muss für den jeweiligen Einsatzfall geeignet sein. Eine leistungsfähige Pumpe, Probenstromüberwachung und Feinstaubfilter sollten selbstverständlich im Standard enthalten sein. Sollte das Messgas nennenswert mit Feuchte beaufschlagt sein, sind zusätzliche Maßnahmen zur Entfeuchtung des Messgases zu treffen, um Messfehler oder Störungen, z. B. durch Kondensatbildung in den Schläuchen, zu vermeiden. Es stehen hierzu verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die vom Kondensatabscheider mit Schlauchpumpe über hydrophobe Messgasentfeuchtung bis zum aufwendigen Messgaskühler reichen.

Sie wollen mehrfach in der Stunde messen oder reicht Ihnen eine Messung pro Tag. Das Gerätekonzept sollte eine Anpassung des Messzyklus und auch eine manuelle Auslösung im Bedarfsfall ermöglichen.

Immer häufiger wird die Überwachung mehrerer Messstellen in einer Biogasanlage gewünscht. Analysegeräte, die sich optional um eine Umschaltvorrichtung erweitern lassen, können dann eine deutliche Kosteneinsparung ermöglichen.

Beim Umgang mit Biogas sind auch Aspekte des Explosionsschutzes zu berücksichtigen. Die Geräte zur Biogas-Analyse können nicht explosionsgeschützt ausgeführt werden. Sie werden deshalb außerhalb explosionsgefährdeter Bereiche installiert. Um eine Verschleppung des Explosionsbereiches durch das angesaugte Messgas zu unterbinden, erfolgt eine Entkopplung durch Installation einer Flammensperre am Messgaseingang. Eine eventuelle Zündung im Analysegerät kann sich dann nicht bis in die Gasleitungen der Biogasanlage fortsetzen. Wird das Messgas nicht gefahrlos abgeführt, z. B. ins Freie über Dach, sondern in den Prozess zurückgeführt muss auch am Gasausgang eine Flammensperre installiert werden. Vielfach wird dem inneren Explosionsschutz im Analysengerät selbst keine Rechnung getragen. Bei Undichtigkeiten im Schlauchsystem kann Biogas austreten und mit der Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden. Hier sollten Schutzmaßnahmen, z. B. ausreichende Gehäuselüftung mit zugehöriger Lüfterüberwachung, vorgesehen sein.