

Biogas:

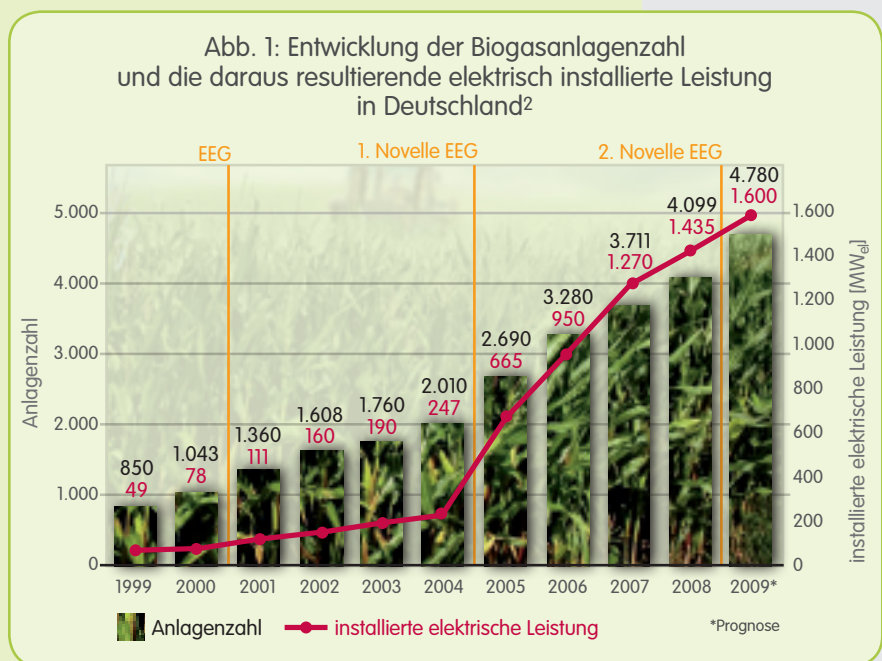
Integrierte Gasbeschaffenheitsmessung für die Biogaseinspeisung

Biogas leistet einen wertvollen Beitrag zur Energieerzeugung aus regenerativen Quellen. Durch die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in die öffentliche Gasversorgung kann diese Energieform ortsungebunden und hocheffizient in der Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden. Biogasanlagen mit Aufbereitung und Einspeisung können an verschiedenen Positionen Gasbeschaffenheitsmessungen mit unterschiedlichen Messaufgaben erfordern.

Bei der Einspeisung müssen die Anforderungen der Produktqualität und der eichpflichtigen Abrechnungsmessung erfüllt werden. Der vorliegende Artikel beschreibt die unterschiedlichen Aspekte der Gasbeschaffenheitsmessung in Biogasanlagen und stellt das Praxisbeispiel eines integrierten gaschromatographischen Messsystems mit H₂- und O₂-Messung sowie dessen Anwendung in einer kompakten Einspeiseanlage vor.

Bedeutung von Biogas

Die Entwicklung erneuerbarer Energien ist ein wichtiges Element der globalen Anstrengungen zur Reduktion der anthropogenen Treibhausgasemissionen. So betrug der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahre 2008 9,5%. Dabei lieferte die Verwertung von Biomasse den mit Abstand größten Beitrag¹. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien hat sich seit 1990 etwa verfünffacht und beträgt nun ca. 15%, wobei diese enorme Zunahme in erster Linie durch Windenergie, in zweiter Linie durch Biomasse-nutzung erreicht wurde¹. Innerhalb der zahlreichen biogenen Energieformen stellt Biogas nach den Festbrennstoffen den zweitgrößten Beitrag bei der Stromerzeugung¹. Die Anzahl der Biogasanlagen sowie die installierte elektrische Leistung sind in den letzten Jahren stark gestiegen, insbesondere nach der 1. Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes EEG in 2004. Für Ende 2009 werden eine



Anzahl von 4.780 Anlagen und eine elektrische Leistung von 1.600 MW prognostiziert (Abb. 1)².

Erzeugung und Zusammensetzung von Biogas

Biogas entsteht durch mikrobielle Zersetzung (Faulung/Gärung) von organischen Stoffen im feuchten anaeroben Milieu. Als Ausgangsstoffe dienen nachwachsende Rohstoffe (Energiepflanzen wie z. B. Getreide, Mais, Sonnenblumen, Gräser, ...), tierische Exkremente, Bioabfall sowie Reststoffe aus Industrie und Landwirtschaft. Der Zersetzungsprozess erfolgt in

vier Teilschritten durch jeweils verschiedene Bakterien²:

1. Hydrolyse: Fette, Eiweiße, Kohlenhydrate → Fettsäuren, Aminosäuren, Zucker
2. Versäuerung: Fettsäuren, Aminosäuren, Zucker → kurzkettige organische Säuren, Alkohole
3. Essigsäurebildung: kurzkettige organische Säuren, Alkohole → Essigsäure, Kohlendioxid, Wasserstoff u. a.
4. Methanbildung: Essigsäure, Kohlendioxid, Wasserstoff u. a. → Biogas = Methan, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff u. a.

Die typische Zusammensetzung des so gewonnenen Biogases zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: typische Zusammensetzung von (Roh-)Biogas²

| | |
|--------------------------------------|---------|
| Methan CH ₄ | 50–75 % |
| Kohlendioxid CO ₂ | 25–45 % |
| Wasserdampf H ₂ O | 2–7 % |
| Schwefelwasserstoff H ₂ S | < 1 % |
| Spurengase | < 2 % |

Verwertung von Biogas, Aufbereitung und Einspeisung

Im einfachsten Fall kann Biogas zur Verwertung in einem Heizkessel verbrannt und die Wärme direkt genutzt werden. Die effizienteste Verwertung stellt jedoch die Kraft-Wärme-Kopplung vor Ort dar, bei der das Gas in Verbrennungskraftmaschinen zur Stromerzeugung eingesetzt und die Abwärme direkt genutzt wird, z. B. in Nahwärmenetzen.

Häufig besteht jedoch in räumlicher Nähe der Biogasanlage keine sinnvolle Nutzungsmöglichkeit der Abwärme. In diesem Fall kann es vorteilhaft sein, das Rohbiogas auf Erdgasqualität aufzubereiten und in die Erdgastransportnetze einzuspeisen^{3,4}. Hierzu muss das Einspeisegas gewissen technischen Anforderungen entsprechen, die in den DVGW-Arbeitsblättern G 260⁵ und G 262⁶ vorgeschrieben werden. Die Gasspezifikationen betreffen sowohl brenntechnische Parameter wie auch einzelne Stoffkomponenten. Die wichtigsten Spezifikationen sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Um die technischen Voraussetzungen für die Einspeisung in Erdgastransportnetze zu erfüllen, muss das Rohbiogas aufbereitet werden. Neben der Reinigung des Gases ist der maßgebliche Prozess dabei die Reduzierung von CO₂. Folgende Technologien werden hierzu eingesetzt³:

- Druckwechseladsorption
- physikalische Absorption
- chemische Absorption
- Druckwasserwäsche
- Selexolverfahren
- Membrantrennverfahren
- kryogene Verfahren

Die Verfahren unterscheiden sich in der Bewertung der Energieeffizienz, der Stoffeffizienz (Methanschlupf) sowie der Arbeitsmedien. Außerdem sind unterschiedliche zusätzliche Maßnahmen zur Behandlung von Feuchte und H₂S erforderlich.

Die Attraktivität der ortsungebundenen Kraft-Wärme-Kopplung durch die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in die Erdgastransportnetze hat in den letzten Jahren zu einer starken Dynamik bei Planung und Bau von entsprechenden Anlagen geführt. Im Jahr 2006 wurden die ersten beiden Anlagen in Betrieb genommen, Mitte 2009 speisten 19 Anlagen ein, bis Ende 2009 werden 35 Anlagen prognostiziert⁷.

Messorte und Messaufgaben der Gasbeschaffenheitsmessung

Biogasanlagen mit Gasproduktion, -aufbereitung und -einspeisung können an verschiedenen Positionen eine Gasbeschaffenheitsmessung erfordern (Abb. 2).

Tabelle 2: maßgebliche Spezifikationen von aufbereitetem Biogas zur Einspeisung in Erdgastransportnetze^{5,6}

| | |
|--------------------------------------|--|
| Wobbe-Index | Gruppe L: 10,5–13 kWh/m ³ Gruppe H: 12,8–15,7 kWh/m ³ |
| Brennwert | 8,4–13,1 kWh/m ³ |
| Relative Dichte | 0,55–0,75 |
| Kohlendioxid CO ₂ | < 6 mol % |
| Wasserstoff H ₂ | < 5 mol % |
| Sauerstoff O ₂ | < 0,5 mol % (feuchtes Gas) < 3 mol % (trockenes Gas) |
| Schwefelwasserstoff H ₂ S | < 5 mg/m ³ |
| H ₂ O-Taupunkt | < Bodentemperatur bei Leitungsdruck |
| Kohlenwasserstoff-Kondensationspunkt | < Bodentemperatur bei Leitungsdruck |

1. Betriebliche Gasbeschaffenheitsmessung des Rohbiogases zur Prozesssteuerung

Für die Steuerung des Gaserzeugungsprozesses im Fermenter können zahlreiche Parameter gemessen werden, wie z. B. Temperatur, pH-Wert, Viskosität, Trockensubstanzgehalt, Ammoniumstickstoff und schließlich die Zusammensetzung des Rohgases⁸. Die maßgeblichen Messgrößen hierbei sind die Konzentrationen von CH₄, CO₂, H₂, O₂ und H₂S.

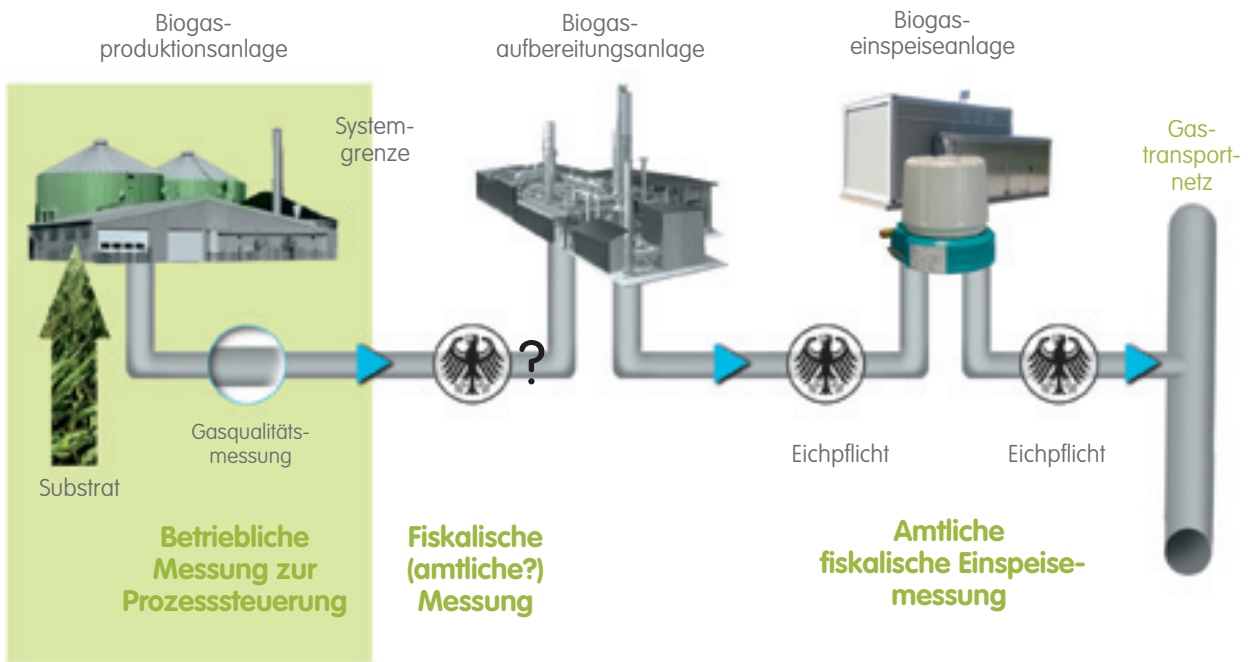
2. Betriebliche Gasbeschaffenheitsmessung des Rohbiogases zur fiskalischen Energiemessung

Falls die unternehmerische Systemgrenze zwischen Gaserzeugung und -aufbereitung oder zwischen verschiedenen Gaserzeugern besteht, kann eine Abrechnung der Energiemengen an dieser Schnittstelle erforderlich sein. Hierzu muss zum einen das Gasvolumen im Normzustand und zum anderen der Brennwert bestimmt werden. Die Gasbeschaffenheitsmessung liefert den Brennwert direkt oder bestimmt ihn aus der Messung der maßgeblichen energietragenden Gaskomponenten; diese sind zuvorderst CH₄ und gegebenenfalls Wasserstoff H₂; der Schwefelwasserstoffanteil H₂S kann dagegen vernachlässigt werden. Eine große Herausforderung für die Volumen- und Gasbeschaffenheitsmessung besteht in der hohen Wasserfeuchte und der möglichen Korrosivität des Rohbiogases an diesem Messort. Die Messung kann unter gewissen Bedingungen von der Eichpflicht ausgenommen sein⁹.

3. Amtliche Gasbeschaffenheitsmessung des aufbereiteten Biogases zur fiskalischen Energiemessung bei der Einspeisung

An diesem Messort ist eine amtliche Bestimmung der eingespeisten Energiemenge für die Abrechnung zwischen Gaserzeuger und Gastransporteur sowie für die Abrechnung im weiterführenden Gasnetz erforderlich. Die Energiemessung setzt sich wieder aus amtlicher Volumen- und Brennwertmessung zusammen. Der Brennwert kann direkt oder aus einer Gasanalyse bestimmt werden. Häufig muss das aufbereitete Biogas vor der Einspeisung noch an die Gasparameter im Transportnetz angepasst werden; hierzu kann eine Konditionierung erfolgen, z. B. durch Flüssiggas(LPG)/Luft-Zumischung. In diesem Fall kann eine Energiemessung vor und nach der Konditionierung erforderlich sein, um den regenerativen und fossilen Energieanteil getrennt erfassen zu

Abb. 2: Biogasanlagen mit Gasproduktion, -aufbereitung und -einspeisung



können. Amtliche Energiemessung und betriebliche Produktqualität erfordern somit eine umfassende Gasbeschaffenheitsmessung mit folgenden typischen Messgrößen: CH₄, CO₂, N₂, H₂, O₂, C₃, iC₄, nC₄, gegebenenfalls H₂S.

Die Aufbereitung von Rohbiogas und die Einspeisung in die Erdgas-Transportnetze stellen also neue Anforderungen an die eichpflichtige und betriebliche Gasmess-technik, insbesondere an die Gasbeschaffenheitsmesstechnik.

Ein Aspekt ist dabei die Produktqualität des Einspeisegases nach den DVGW-Arbeitsblättern G 260, G 262 (siehe auch S. 5 „Verwertung von Biogas“). Die Überwachung der Produktqualität erfordert eine entsprechende betriebliche Messtechnik.

Ein weiterer Aspekt ist die fiskalische Abrechnung der eingespeisten Energiemengen, für die das Eichgesetz, die Eichordnung sowie die anerkannten technischen Regeln der Eichordnung gelten. Die technische Richtlinie TR-G 14 der PTB¹⁰ definiert die Anforderungen für die Biogasmessung hinsichtlich Gasvolumenmessung, Umwertung und vor allem Gasbeschaffenheitsmessung.

Besonderes Augenmerk gilt dabei den Komponenten Wasserstoff H₂ und Sauerstoff O₂. Sie treten zwar in der Praxis meist nur in kleinen Konzentrationen auf, können aber die Messeigenschaften der gegenwärtig für Erdgas entwickelten eichfähigen Gasbeschaffenheitsmessgeräte, insbesondere der Gaschromatographen, empfindlich stören.

In diesem Zusammenhang eher unkritisch sind Kalorimeter, die den Brennwert direkt durch Verbrennung bestimmen. Zur eichfähigen Gasvolumenmessung und Überwachung der technischen Gasparameter nach DVGW G 260, G 262 müssen Kalorimeter jedoch durch weitere Messverfahren ergänzt werden; insgesamt stellt sich damit eine technisch komplexe Gesamtlösung dar.

Gaschromatographen bieten dagegen eine integrierte Lösung für die fiskalischen und technischen Messaufgaben. Gegenwärtig für Erdgas zugelassene Gaschromatographen können bei entsprechender Zulassungserweiterung auch für Biogas eingesetzt werden. Die jeweils nicht gemessenen Komponenten Wasserstoff H₂ bzw. Sauerstoff O₂ dürfen jedoch gewisse Grenzwerte nicht überschreiten; diese sind $x_{H_2} < 0,2 \text{ mol\%}$, $x_{O_2} < 1 \text{ mol\%}$ ¹⁰. Die Einhaltung der Grenzwerte muss durch zusätzliche geeignete betriebliche Messgeräte überwacht werden. Einige zugelassene Gaschromatographen leisten zwar auch eine Sauerstoffmessung, ideal wäre jedoch ein eichfähiges integriertes Messsystem, das zusätzlich auch Wasserstoff erfasst und externe Zusatzgeräte überflüssig macht.

Referenzen

- 1 Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2008, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Kl III 1, Stand Juni 2009.
 - 2 Biogas – eine Einführung, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNRR), 6. überarbeitete Auflage, Juli 2009.
 - 3 Studie Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, Institut für Energetik und Umwelt GmbH, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, 2. Auflage, Leipzig, 2006.
 - 4 Biogas und Umwelt – Ein Überblick, 1. Auflage, 2008, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
 - 5 DVGW-Arbeitsblatt G 260: Gasbeschaffenheit, DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V., Bonn, Januar 2000.
 - 6 DVGW-Arbeitsblatt G 262: Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung, DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V., Bonn, November 2004.
 - 7 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Projekt „biogas-partner“, www.biogaspartner.de/index.php?id=11871, 28.09.2009.
 - 8 Gülzower Fachgespräche, Band 27, Messen, Steuern, Regeln bei der Biogaserzeugung, 15. November 2007, Convention Center, Messe Hannover, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V..
 - 9 Eichordnung EO 1988, zuletzt geändert 13.12.2007, Anhang A zu §8, 28e.
 - 10 Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Technische Richtlinie TR-G 14.
- Extrakt aus gwf-Gas/Erdgas, 11/2009, 652-657; Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Oldenbourg-Industrieverlags.

Dr. Joachim Kastner j.kastner@elster-instromet.com
 Dr. Dieter Stirnberg d.stirnberg@elster-instromet.com