



Biogasanlage mit integriertem Foliengasspeicher

Biogas – eine neue Einkommensquelle für die Landwirtschaft

Peter Weiland (Braunschweig)

Die sichere Versorgung mit Energie stellt eine der größten Herausforderungen dieses Jahrhunderts dar. Sowohl aus Gründen des Klimaschutzes als auch wegen knapper werdender fossiler Energieträger ist die Suche nach umweltverträglichen Alternativen ein Gebot der Zeit. Die Produktion von Biogas aus landwirtschaftlichen Roh- und Reststoffen kann einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung leisten. Sie eröffnet gleichzeitig der Landwirtschaft ein neues Einkommensfeld, das zur Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum beiträgt.

Bakterien als nützliche Helfer

Biogas entsteht bei der Zersetzung von organischen Stoffen unter Luftabschluss durch den Stoffwechsel verschiedener am Abbau beteiligter Mikroorganismen. Die Bakterien zerlegen die organische Materie (Kohlenhydrate, Fette, Eiweißstoffe) in mehreren Stufen in niedermolekulare Bausteine und erzeugen als Endprodukt ein brennbares Gasgemisch, das im Wesentlichen aus Methan (50-70 Vol.-Prozent) und Kohlendioxid (30-45 Vol.-Prozent) besteht. Je nach Ausgangsstoff enthält dieses als Biogas bezeichnete Gasgemisch zusätzlich geringe Mengen an den Spurengasen Schwefelwasserstoff, Ammoniak

und Kohlenmonoxid, die für eine energetische Nutzung störend sein können und je nach Verwendung entfernt werden müssen. Die Biogausausbeute sowie der Methangehalt des Gases, der den Brennwert bestimmt, hängt von den Komponenten des Ausgangsstoffes ab (s. Tab. 1).

Als Substrate für die Produktion von Biogas eignen sich sämtliche biogenen Reststoffe aus der Landwirtschaft und der nachgelagerten Verarbeitung. In der Regel wird Flüssigmist als Basissubstrat eingesetzt. Um die Biogaserzeugung zu erhöhen, werden andere biogene Reststoffe mit verarbeitet, die vorwiegend aus der Landwirtschaft sowie der Lebensmittel- und Agrarindus-

trie stammen. Als landwirtschaftliche Reststoffe kommen beispielsweise Rübenblatt, Kartoffelkraut und Getreideausputz in Frage. Typische Verarbeitungsrückstände aus der Lebensmittel- und Agrarindustrie sind zum Beispiel Obst- und Gemüseabfälle, Kartoffelpülpe (Reststoffe aus der Stärke-Produktion) sowie Glycerin aus der Biodiesel-Herstellung.

Für die Mitverarbeitung dieser Stoffe können z. T. Entsorgungserlöse erzielt werden, welche die Rentabilität der Biogaserzeugung verbessern. Gleichzeitig müssen jedoch hinsichtlich der Hygiene und Schadstoffbelastung rechtliche Auflagen erfüllt werden, um eine gefahrlose Verarbeitung sicherzustellen und unbedenkliche Gärrückstände zu erhalten, die als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Daneben gewinnen nachwachsende Rohstoffe eine steigende Bedeutung für die

Tab. 1: Biogausausbeute und Methangehalt beim Abbau verschiedener Grundstoffe

| Stoffgruppe | Biogausausbeute L/kg Substanz | Methangehalt Vol.-% |
|---------------|----------------------------------|------------------------|
| Kohlenhydrate | 790 | 50 |
| Fette | 1.250 | 68 |
| Proteine | 700 | 71 |

Erzeugung von Biogas. Geeignet sind grundsätzlich alle Grünpflanzen, solange diese nur eine geringe Verholzung aufweisen. Die Eignung unterschiedlicher Pflanzen ist derzeit Gegenstand umfangreicher Labor- und Praxisuntersuchungen (siehe Tabelle 2).

Technik der Biogaserzeugung

Landwirtschaftliche Biogasanlagen bestehen in der Regel aus einer Vorgrube für Gülle, den Lagerbehältern für die Kosubstrate, dem Fermenter für die Biogasproduktion und einem Gärrückstandslager für das vergorene Substrat. Je nach Art der Kosubstrate ist zusätzlich eine Zerkleinerung, Störstoff-Abtrennung und Hygienisierung erforderlich. Das im Fermenter entstehende Gas muss getrocknet und in der Regel entschwefelt werden, bevor es nach einer Zwischenspeicherung der Verwertung zugeführt wird. Derzeit wird das Biogas fast ausschließlich in Blockheizkraftwerken verwertet, der erzeugte Strom

in das öffentliche Netz eingespeist und die anfallende Wärme für die Beheizung des Fermenters und von Gebäuden genutzt. Abbildung 1 zeigt beispielhaft eine landwirtschaftliche Biogasanlage, die neben Gülle und Energiepflanzen außerlandwirtschaftliche Kosubstrate verarbeitet.

Da bei den meisten Betrieben Gülle anfällt, werden für die Gaserzeugung überwiegend Nassfermentationsverfahren eingesetzt, bei denen das Substrat in Form einer fließfähigen Suspension mit weniger als zwölf Prozent Trockensubstanz vorliegt. Unter diesen Bedingungen kann ein guter Energie- und Stoffaustausch sowie eine sichere Gasentbindung erreicht werden. Eine bundesweite Evaluierung von Biogasanlagen durch das Institut für Technologie und Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) hat gezeigt, dass Biogas zu über 85 Prozent mit Hilfe von vollständig durchmischten Tankfermentern im mesophilen Temperaturbereich (36-42 Grad Celsius) erzeugt wird. Fast die Hälfte der Fermenter weist eine Folienabdeckung auf, die gleichzeitig eine kostengünstige Gasspeicherung ermöglicht. Liegende Fermenter, die sich

durch eine höhere Feststoffverträglichkeit auszeichnen, kommen aufgrund der eingeschränkten Anlagenkapazität immer seltener zum Einsatz.

Trockenfermentationsanlagen, die eine Vergärung stapelbarer und schüttfähiger Substrate erlauben und bei Trockensubstanzgehalten von 25-35 Prozent betrieben werden, finden vorerst nur vereinzelt Anwendung. Bei diesem Verfahren wird das feste Substrat, zum Beispiel Festmist, Maissilage und andere nachwachsende Rohstoffe, von einer Perkolationsflüssigkeit durchrieselt, wodurch das Substrat gleichmäßig befeuchtet wird und gleichzeitig ein Animpfen mit den zur Gasbildung benötigten Bakterien erfolgt. Es handelt sich um container- oder garagenförmige Fermenter, die mittels Radlader beschickt und entleert werden.

Gasverwertung

Vor einer energetischen Nutzung muss das Gas meistens entschwefelt werden, um Korrosionsschäden an den Nutzungs-

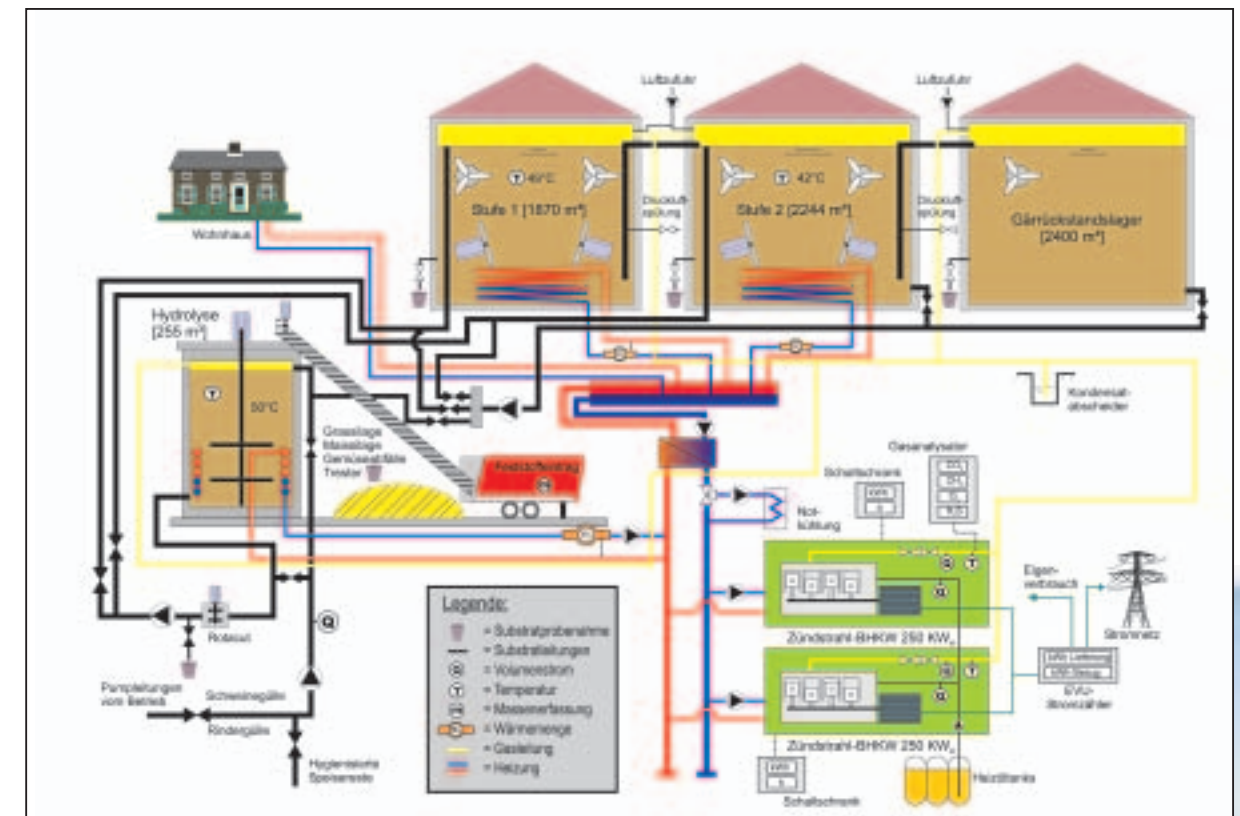


Abb. 1: Zweistufige Biogasanlage mit Kovergärung von Energiepflanzen und außerlandwirtschaftlichen Abfällen.

aggregaten oder eine Vergiftung von Katalysatoren zu vermeiden. In der Praxis werden dafür häufig Schwefelbakterien genutzt, die im Substrat natürlicherweise vorkommen und durch den Eintrag von drei bis sechs Prozent Luft in den Gasraum des Fermenters „aktiviert“ werden können. Die kleinen Helfer wandeln den im Biogas vorhandenen Schwefelwasserstoff in elementarem Schwefel und Schwefelsäure um, welche mit dem Gärückstand aus dem Reaktor ausgespült werden.

Untersuchungen an über 60 Praxisanlagen haben jedoch gezeigt, dass die Entschwefelungsleistung häufig unzureichend ist, da für die Anreicherung und den Rückhalt der Bakterien nicht genügend Besiedlungsfläche im Reaktor vorhanden ist. Unsere Arbeitsgruppe an der FAL konnte zeigen, dass es mit Hilfe eines speziellen Rieselfilters technisch möglich ist, bei ausreichender Besiedlungsfläche und unter optimalen Nährstoff- und Milieubedingungen den Schwefelwasserstoffgehalt um bis zu 99 Prozent zu vermindern. Für die Praxis wird daher der Einbau spezieller Besiedlungsflächen für Schwefelbakterien empfohlen, um die Biogasqualität zu verbessern.

Seit Einführung des Erneuerbare Energien-Gesetzes (EEG) wird das Gas durchweg in Blockheizkraftwerken verwertet, um die gesetzlich geregelte Vergütung von derzeit 0,10 Euro/Kilowattstunde für den eingespeisten Strom zu erhalten. Bei einem durchschnittlichen Methangehalt von 60 Vol.-%-Prozent ent-



Biogasforschung: Ein Forschungszweig mit Tradition

Die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) befasst sich seit mehr als 50 Jahren mit Fragen der Biogaserzeugung, mit der Nutzung des Gases sowie der Verwertung des Gärückstandes als Dünger. Bereits 1952 hatte die FAL als erste Forschungseinrichtung in Europa drei verschiedene Praxis-Biogasanlagen auf ihrem Gelände zu Versuchszwecken errichtet. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von preiswertem Heizöl sank jedoch das Interesse an der Biogaserzeugung. Nach den beiden Ölkrisen der 70er Jahre griff die FAL die Biogasforschung erneut auf. 1980 entstand auf dem FAL-Gelände eine nach eigenen Plänen konstruierte 100 Kubikmeter-Biogasversuchsanlage (siehe Bild).

Die Biogastechnik wird seitdem vom FAL-Institut für Technologie und Biosystemtechnik zur Lösung von Umwelt-, Klima- und Energieproblemen systematisch weiterentwickelt. In diesem Rahmen werden auch neue Verfahren im Praxismaßstab untersucht und bewertet, um innovative Technologien marktgängig und wettbewerbsfähig zu machen.

spricht ein Kubikmeter Biogas 0,6 Kubikmeter Erdgas oder 0,6 Liter Heizöl. Für die Verstromung von Biogas stehen unterschiedliche Motorbauarten zur Verfügung, die sich im Wirkungsgrad, der Lebensdauer und in den Investitionskosten deutlich unterscheiden. Die charakteristischen Merkmale zeigt Tabelle 3 auf Seite 19. Bei modernen Biogasanlagen werden zu etwa 70 Prozent Zündstrahlmotoren und zu etwa 30 Prozent Gas-Otto-Dieselmotoren eingesetzt. Bei den Zündstrahlmotoren handelt es sich um Serien-Dieselmotoren aus dem Schlepper-/LKW-Bereich, die durch Einspritzen von ca. zehn Prozent Heizöl mit Selbstzündung laufen und durch Zumischung von Biogas bis auf Sollleistung gebracht werden. Wegen des hohen elektrischen Wirkungsgrades, der markt gängigen Leistungsklasse (< 200 kWel) und des

günstigen Preis/Leistungs-Verhältnisses haben Zündstrahl-Motoren große Verbreitung gefunden. Eine kürzliche Evaluierung zeigt jedoch, dass bei diesen Aggregaten relativ häufig Störungen oder sogar Totalausfälle auftreten, die durch Überhitzung, unvollständige Verbrennung und unzureichende Gasqualitäten hervorgerufen werden. Hier sind die Hersteller gefordert, die Standfestigkeit dieser Aggregate zu verbessern, da Erlöse von Biogasanlagen überwiegend aus dem Stromverkauf erzielt werden müssen. Bei den Gas-Otto-Dieselmotoren handelt es sich um robuste, speziell für den stationären Einsatz entwickelte Aggregate, die anstelle der Einspritzanlage eine elektrische Fremdzündung und einen Gasmischer besitzen. Diese Aggregate weisen selten Störungen auf, sind aber nur für Leistungsklassen oberhalb von ca. 150 Kilowatt verfügbar.

Für die Verstromung von Biogas stellt der Einsatz von Brennstoffzellen eine interessante Perspektive für die Zukunft dar, da im Vergleich zur motorischen Verwertung höhere elektrische Wirkungsgrade, geringere Schadgasemissionen und praktisch keine Lärmemissionen entstehen. Da Brennstoffzellen nicht unmittelbar mit Biogas betrieben werden können und die Katalysatorwerkstoffe der Brennstoffzelle durch die Begleitkomponenten des Biogases vergiftet würden, ist eine Gasaufbereitung mit anschließender Reformierung zu biogenem Wasserstoff notwendig. Derzeit wird dieser Verfahrensweg an der Biogasanlage der FAL erstmals im halbtechnischen Maßstab erprobt. Die

Tab. 2: Gasausbeute, Methangehalt und Stromertrag unterschiedlicher Gärsubstrate

| Substrat | Trockensubstanz [%] | Biogasausbeute m ³ /t Frischmasse | Methangehalt Vol.-% | Stromertrag ¹⁾ kWh/t Frischmasse |
|----------------|---------------------|--|---------------------|---|
| Rindergülle | 8,0 | 23 | 59 | 47 |
| Schweinegülle | 6,5 | 26 | 58 | 52 |
| Rübenblatt | 16 | 60 | 56 | 117 |
| Getreideauszug | 87 | 260 | 53 | 482 |
| Gemüseabfälle | 17 | 60 | 58 | 122 |
| Glycerin | 100 | 810 | 51 | 1.445 |
| Maissilage | 30 | 213 | 54 | 402 |
| Grassilage | 42 | 138 | 53 | 256 |
| Futterrüben | 11 | 95 | 53 | 176 |

¹⁾ Elektrischer Wirkungsgrad: 35%

Aufbereitung und Reformierung des Gases erfolgt durch Kombination verschiedener biologischer, physikalischer und chemischer Prozessschritte, die zu einem Brenngas mit ca. 99 Vol.-% Wasserstoff führt. Der Wasserstoff wird anschließend zum Betrieb verschiedener Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen genutzt, um das Betriebsverhalten der Brennstoffzellen unter Praxisbedingungen bewerten zu können. Abbildung 2 zeigt einen Teil der Reformertechnik. Trotz der bisher erzielten Fortschritte ist bis zum praktischen Einsatz im landwirtschaftlichen Bereich noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand notwendig.

Das FAL-Institut für Technologie und Biosystemtechnik befasst sich im Rahmen eines EU-Demonstrationsvorhabens auch mit der Herstellung von Biogas als Kraftstoff. Hierzu muss das Gas so aufbereitet werden, dass es mit den für Erdgas entwickelten Techniken kompatibel ist. Um die Energiedichte zu verbessern und Korrosionen bei der Anwendung des Gases zu vermeiden, müssen Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Ammoniak entfernt werden. Darüber hinaus ist das Gas zu trocknen und zu filtern, um Verstopfungen an Düsen und Leitungen durch Eisbildung oder Feststoffpartikel zu vermeiden. Für die Lagerung und Betankung muss das Gas auf 200 bis 250 bar komprimiert werden. Durch den Einsatz von Biogas können die fahrzeugspezifischen Emissionen an Stickoxiden (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO₂) und höheren Kohlenwasserstoffen drastisch vermindert werden. Eine interessante Option für die Zukunft besteht fernerhin in der Umwandlung von Biogas in einen Flüssigkraftstoff hoher Qualität („Biofuel“).

Vorteile für Umwelt und Klima

Biogasanlagen ermöglichen nicht nur eine Kohlendioxid-neutrale Energieerzeugung, sondern tragen wesentlich dazu bei, die bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle auftretenden treibhauswirksamen Emissionen von Methan und Lachgas zu vermeiden. Im Rahmen eines europaweiten Forschungsvorhabens, bei dem es um die Minderung klimawirksamer Spurengase aus der Landwirtschaft ging, konnte kürz-

lich nachgewiesen werden, dass Vergärungsverfahren nach derzeitigem Kenntnisstand eine der effizientesten Möglichkeiten darstellen, die Freisetzung dieser Spurengase zu verringern. Daneben hat sich gezeigt, dass durch den Vergärungsprozess Geruchsstoffe weitgehend abgebaut werden und gleichzeitig die Nährstoffe besser verfügbar sind, sodass im Zuge der landwirtschaftlichen Verwertung der Gärückstände gezielt Mineraldünger eingespart werden kann.

Potenzial und Handlungsbedarf

Von dem technisch erschließbaren Biogaspotenzial werden derzeit nur ca. fünf Prozent genutzt. Um die nationalen Klimaschutzziele zu erreichen, die eine Minderung der Treibhausgas-Emissionen um 21 Prozent im Zeitraum 2008 bis 2012 vorsehen, ist es neben anderen Maßnahmen auch sinnvoll, die Rahmenbedingungen für die Erzeugung von Biogas zu verbessern. Da geeignete außerlandwirtschaftliche Reststoffe nur eingeschränkt verfügbar sind, muss der Anteil nachwachsender Rohstoffe in den nächsten Jahren deutlich zunehmen.

Hierzu sind weitere Forschungsarbeiten notwendig, insbesondere um die Gasausbeuten zu erhöhen und die Funktion und Betriebssicherheit der Vergärungsverfahren zu verbessern. Geeignete Diagnoseverfahren können dazu beitragen, das

Tab. 3: Biogasmotoren und deren Kennzeichen

| Merkmal | Benzinmotor Gas-Otto | Dieselmotor Zündstrahl | Dieselmotor Gas-Otto |
|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| El. Wirkungsgrad [%] | 22-27 | 30-37 | 28-35 |
| Lebensdauer | niedrig | mittel | hoch |
| Wartungsbedarf | hoch | hoch | niedrig |
| Invest.-Kosten | niedrig | mittel | hoch |
| Leistungsklasse [kW] | 5-30 | 30-200 | >200 |



Abb. 2: Reformer zur Umwandlung von Biogas in Wasserstoff.

Vergärungsverhalten von potenziellen Energiepflanzen abzuschätzen. Durch Innovationen bei der Nutzung des Gases und der Gärückstände ließe sich die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der Biogastechnik weiter verbessern. ■

Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Peter Weiland, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: peter.weiland@fal.de