

Biogas - Technik und Trends

Dr. Gerd Reinhold, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena

(DLG). Nachdem im 19. Jahrhundert erstmals der mikrobiologische Ursprung der Methanbildung nachgewiesen wurde, begann um 1920 in den Klärwerken die technische Nutzung von Biogas (1). Kurz nach dem zweiten Weltkrieg fand die Biogastechnologie erstmals in der Landwirtschaft Anwendung (2). Der Entwicklungsweg der Biogastechnologie in der Landwirtschaft ist besonders durch Zeiten mit geringer Verfügbarkeit bzw. Hochpreisphasen der fossilen Energieträger gekennzeichnet. Eine zweite „Welle“ der Biogastechnik ist zeitgleich mit der ersten Ölkrise Ende der 70er Jahre zu terminisieren. In der Bundesrepublik Deutschland wurden in dieser Zeit ca. 600 kleine bis mittlere Biogasanlagen und in der ehemaligen DDR sieben Großanlagen unterschiedlichster Bauart betrieben (3). Die Verteuerung fossiler Energieträger Ende der 90er Jahre führte zur erneuten Rückbesinnung auf das Biogas. Das Stromeinspeisegesetz (1994) und das Erneuerbare-Energien-Gesetz (2000) sind wichtige Meilensteine in dieser Entwicklung. Gekennzeichnet waren die Biogasanlagen einerseits durch eine hohe technische und verfahrenstechnische Vielfalt und andererseits durch Ausfälle der zum Einsatz kommenden Technik, im speziellen der BHKW's (4). Mit dieser Novelle zum Erneuerbaren-Energien-Gesetz (2004) wurden die ökonomischen Grundlagen für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen und damit zur breiten Anwendung in der Landwirtschaft geschaffen.

Stand der Entwicklung

Anfang 2007 waren in Deutschland insgesamt 3 500 landwirtschaftliche Biogasanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 1 100 MW am Netz. Für das Jahr 2020 wird eine installierte Leistung von 9 500 MW bei einer Stromeinspeisung von 76 Mrd. kWh erwartet (5). Diese Zahlen zeigen die stürmische Entwicklung der Biogastechnologie seit 2000, die besonders durch die bewusste Gestaltung der politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen gestützt wurde (Abb. 1). Während bis 2004 vorrangig Wirtschaftsdünger und Bioabfälle in den landwirtschaftlichen Anlagen zum Einsatz kamen, ist durch die EEG-Novelle 2004 ein deutlicher Wechsel zur Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen festzustellen. Auch die Monovergärung von nachwachsenden

Rohstoffen erreichte - begünstigt durch den Trockenvergärungsbonus - einen beträchtlichen Anwendungsumfang. Beeinflusst wurde die Entwicklung ab 2004 auch durch günstige Substratverfügbarkeit und

-preise, wobei:

- Wirtschaftsdünger, weitgehend kostenfrei verfügbar sind,
- Getreide, aufgrund eines niedrigen Weltmarktpreises eine gute Einsatzchance besaß und
- Maissilage leicht aus dem Anbau bereitgestellt werden konnte.

Die Preisangebote für Silagen und besonders für Maissilage orientierten sich einerseits an landwirtschaftsinternen Verrechnungspreisen und andererseits an den Grenzkosten, da die Silagen nicht anderweitig als in der tierischen Produktion verwertet werden können. Auch aufgrund der geringen Transportwürdigkeit und der begrenzten Lagerfähigkeit nach Entnahme aus dem Silo war noch kein Marktpreis vorhanden. Mit Beginn des vermehrten Einsatzes von Silagen in Biogasanlagen bildeten sich regionale Preise heraus.

Entsprechend des Leistungsortes (Feldbestand, Erntegut frei Silo bzw. Maissilage im Silostock) und der Produktqualität (TS- u. oTS-Gehalte, Gas- und Methanausbeute, ...) ist eine sehr weite Preisspanne festzustellen (Abb. 2). Die ab 2004 geschaffenen günstigen ökonomischen Rahmenbedingungen und die Bedingungen für die Substratbereitstellung führten zu einem breiten Einsatz von Feldfrüchten in Biogasanlagen und im Bereich des Anlagenbaus zu einer enormen Technikentwicklung.

Entwicklungstendenzen der Verfahren und Technik der Vergärung landwirtschaftlicher Substrate

Die deutlichen Preisveränderungen auf dem Weltmarkt für Getreide führten ab 2005/ 2006 zu notwendigen Anpassungsreaktionen im Bereich der Biogastechnologie. Ausgehend von der Nutzungskostenrechnung erfordern steigende Getreidepreise auch eine Preiserhöhung im Bereich der Silagen. Im Rahmen des EEG sind die Vergütungen für Strom festgelegt. Ein Inflationsausgleich bzw. eine Preisanpassung sind bisher nicht vorgesehen. Auch ist eine Degression der Preise in Abhängigkeit von der Inbetriebnahme festgelegt. Die Steigerungen der Substratkosten erfordern unter den Vergütungsbedingungen des EEG in den nächsten Jahren dringend eine deutliche Effizienzsteigerung in folgenden technischen und verfahrenstechnischen Bereichen:

Auswahl der Vergärungssubstrate

Wesentliche wertbestimmte Eigenschaften der Biogassubstrate stellen

- die Vergärbarkeit, ausgedrückt in der Methanausbeute pro kg oTS,
- die Ertragshöhe (dt Trockenmasse pro ha) und
- die Herstellungskosten (€/dt bzw. ha) dar.

Zusätzlich sind Lager- und Konservierbarkeit einschließlich der Masse und Energieverluste und die Transportwürdigkeit zu beachten.

Die Vorzüge von Mais liegen u. a. in seinem hohen Ertragspotenzial und den daraus resultierenden günstigen Herstellungskosten, der guten technologischen Eignung und der relativ leichten Konservierbarkeit. Die Maiszüchtung verfolgt zurzeit zwei Strategien:

- Nutzung des Leistungspotenzials sehr spätreifer Sorten, um einen hohen Gehalt an leicht löslichen Kohlenhydraten im Erntegut zu erhalten, ohne auf stark abgereifte Körner Wert zu legen.
- Erreichung einer hohen Verdaulichkeit durch Pflanzen mit hohem Kolbenanteil.

Unabhängig von den zu erwartenden Erfolgen in der Züchtung wirkt neben den Standortbedingungen immer stärker die Wasserversorgung als ertragsbegrenzender Faktor. Anwelksilage wird auch aufgrund der Kosten in deutlich geringerem Umfang eingesetzt und auch die Verwendung von Ganzpflanzensilage findet nur in einem begrenzten Umfang statt. Die Einführung neuer Pflanzenarten, die bisher in der Fütterung kaum eine Bedeutung besaßen, ist in Vorbereitung. Als Beispiele sind hier sowohl Zuckerhirse, Sudangras als auch die durchwachsene Sylvie zu nennen. Im Rahmen eines bundesweit koordinierten Forschungsprojektes EVA sind Anbausysteme zur Entwicklung von Biomassefruchtfolgen in Vorbereitung. Der Einsatz von Landschaftspflegematerialien erscheint für die Biogasanlagen aufgrund der schlechten Methanbildungswerte von wenig Relevanz. Hier, wie auch beim Stroheinsatz, könnten Entwicklungen zur Substrataufbereitung die Einsatzchancen deutlich steigern.

Verfahren zur Aufbereitung und Aufschluss der Substrate

Ziel einer vorgelagerten Substrataufbereitung ist, entweder die Vergärungszeit zu verkürzen und damit die Investitionsaufwendungen für Reaktorrauminvestitionen zu verringern bzw. in einem gleichen Zeitraum eine höhere Methanausbeute zu erreichen. Weitere Ziele sind in der besseren technologischen Eignung zu sehen. Folgende Techniken sind in Entwicklung bzw. in einer intensiven Untersuchung und zum Teil in der Praxiserprobung:

- mechanische Verfahren (z. B. Zerkleinerungsverfahren und Extrudereinsatz),
- Substrataufschluss über Enzymeinsatz, Mikrowellen, Dampf, ...
- Einsatz spezieller Siliermittel (zur verstärkten Essigsäurebildung).

Es ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren deutliche Fortschritte erreicht werden können. Prinzipiell ist eine Gegenrechnung von Aufwand und Nutzen angeraten. Aufgrund der restriktiven Formulierungen des EEG ist vor dem Einsatz von Betriebshilfsstoffen eine Zustimmung des Energieversorgers einzuholen. Besonders bei der Monovergärung von NAWARO´s deutet sich ein Mangel an Spurenelementen an, dem durch Einsatz von

„Nährstoffcocktails“ entgegengewirkt werden soll. Erste Forschungsergebnisse in diesem Bereich deuten auf eine Prozessstabilisierung hin, auch wenn im Vergleich zu Anlagen mit Wirtschaftsdüngereinsatz meist mit reduzierter Belastung gefahren werden muss.

Eine Trennung von Hydrolyse und Methanbildung ist bereits in den 80er und 90er Jahren vielfach untersucht worden, ohne dass eine breite Einführung in der Praxis erfolgte. Ziel ist es, die Methanbildung zu beschleunigen und somit durch kürzere Verweilzeit eine Verringerung des Reaktorraums zu erreichen. Weiter wird der Methangehalt im Biogas erhöht, da während der Hydrolyse deutlich mehr Kohlendioxid als während der Methanbildungsphase freigesetzt wird. Auf eine sachgemäße Verwertung des während der Hydrolyse anfallenden Schwachgases ist aber in jedem Fall zu achten. Neben dem Abfackeln bietet sich hier auch der Einsatz als Verbrennungsluft im BHKW an.

Bauformen, Fahrweise und Homogenisierungssysteme der Reaktoren

Im Bereich der geometrischen Gestaltung der Reaktoren bestehen die Unterschiede vorrangig im verwendeten Baumaterial. Stahlreaktoren sollen aufgrund einer schlankeren Bauart durch einen geringeren Aufwand für Homogenisierung gekennzeichnet sein, da durch die aufsteigenden Gasblasen bereits eine Durchmischung erfolgt. Auch führt die Fahrweise der Reaktoren als Reihen- oder Parallelschaltung bei einzelnen Substraten zu gewissen Effekten. Kurzschlussströmungen sind zu vermeiden. Besonders bei NAWARO-Anlagen wird durch Rezirkulation und nachgeschalteter Fest-Flüssig-Trennung die Fließfähigkeit des Substrates gesichert (Vermeidung von Wasserzufuhr) und durch Rückführung bestimmter Substratanteile eine Steigerung der Methanbildungsraten angestrebt.

Die Durchmischung der Reaktoren ist eine notwendige Voraussetzung für eine ordnungsgemäß funktionierende Mikrobiologie. Besonders der Einsatz trockensubstanzreicherer Substrate erforderte eine angepasste Entwicklung der Durchmischungssysteme. In gülledominierten Anlagen werden vorrangig Tauchmotorrührwerk, sowohl mit Elektro- als auch mit hydraulischem Antrieb eingesetzt. Mit steigenden TS-Gehalten und vielen fasrigen Feststoffanteilen im Reaktor - verursacht oft durch Einsatz von Silage - kommen zunehmend langsamlaufende Großflügel- und Paddelrührwerke zum Einsatz.

Reduzierung der Störungsanfälligkeit

Mit effizienten Entschwefelungstechnologien ist die Störungsanfälligkeit der Blockheizkraftwerke deutlich reduziert worden. Bei den Blockheizkraftwerken dominieren auch durch die rechtlichen Rahmenbedingungen Gasotomotoren. Bei der Entschwefelungstechnik sind die biologische Entschwefelung im Reaktor, der Einsatz von externen biologischen Entschwefelungsverfahren und auch der Einsatz von Aktivkohle eine Berechtigung. Ein technischer Trend zu einer dieser Entschwefelungsverfahren ist nicht zu

erkennen. Allerdings erfolgt der Einsatz von Eisensalzen oft aufgrund der Betriebskosten nur als Havarievariante. Die Verwendung von Aktivkohlefiltern hat in den letzten Jahren deutlich an Anwendungsumfang gewonnen.

Anlagengröße

Entsprechend den EEG-Vergütungsbedingungen ist bei Verstromung mit Blockheizkraftwerken am Ort der Biogasanlage die 500 kW-Anlage zu einem Standortmodell entwickelt worden. Kostendegressionen im Anlagenbau sind hier nur noch begrenzt möglich. Auch wirken geringe Transportkosten, d. h. Radian für den Bezug der Substrate, als auch die Privilegierung des Baus in den Außenbereich, so dass keine wesentliche Vergrößerung der landwirtschaftlichen Anlagen erfolgt. Mit der Errichtung von modular aufgebauten Anlagen (z.B. 40 x 500 kW an einem Standort), werden die ökonomischen Regelungen des EEG weit ausgenutzt. Aber auch die deutlichen Steigerungen der Transportkosten sind eine Folge. Anlagen zur Biomethaneinspeisung ins Erdgasnetz sind deutlich größer als die landwirtschaftlichen Anlagen. Die eigentliche EEG-Anlage ist dann nur das BHKW am Ende des Erdgasnetzes, dessen Größe die Vergütungshöhe bestimmt.

Gasverwertung und Effizienzsteigerung

Unter den Bedingungen deutlich gestiegener Substratkosten ist hier eine Effizienzerhöhung im Bereich einer **Wärmeverwertung** zu suchen. Da sich Wärme nur begrenzt transportieren lässt, sind folgende Entwicklungstendenzen festzustellen:

- Ansiedlung von wärmeverbrauchendem Gewerbe an der Biogasanlage
- Errichtung von Mikrogasnetzen zum Wärmebedarfsträger im Bereich von wenigen 100 m
- Erzeugung von Kälte aus der Überschusswärme über Absorptionskältemaschinen
- Errichtung der Anlagen im Bereich der Wärmesenke

Die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz erfordert neben der Nähe einer Erdgasleitung eine Aufbereitung des Biogases und ggf. auch die Zusp eisung hochkalorischer Gase. Weiterhin ist die Druckerhöhung zur Einspeisung des Erdgasnetzes ebenso wie die fast vollständige Eliminierung von CO₂, H₂S und Wasser nötig.

Aus diesen verfahrenstechnischen und ökonomischen Bedingungen ergeben sich Anlagengrößen zwischen 10 und 20 MW, die deutlich über der elektrischen Leistung der landwirtschaftlichen Biogasanlagen liegen. Diese industriellen Biogasgroßanlagen erfordern ein Erdgasnetz, welches auch unter geringen Abnahmebedingungen einer „lauen Augustnacht“ eine vollständige Aufnahme des Gases ermöglichen, da Erdgasleitungen im Gegensatz zu Stromleitungen nur in einer Richtung von der höheren zur niedrigen Druckstufe betrieben werden.

Zu beachten sind neben dem Substrattransport auch die Lagerung und der Abtransport der Biogasgülle, die wieder im landwirtschaftlichen Bereich zu verwerten ist. Eine vollständige Aufbereitung dieser kann zwar im Einzelfall bei zu hohem regionalen Tierbesatz eine temporäre Lösung darstellen, ist aber aus energetischen und ökologischen Gründen als fraglich einzustufen. Ökonomisch regelt sich die Gaseinspeisung über die Verwertung des Biogases bundesweit durch fiktiv zugeordnete BHKW-Anlagen, wobei die Größe des einzelnen BHKW die Vergütungshöhe entsprechend EEG bestimmt. Diese BHKW-Anlagen erhalten den KWK- und den Innovations-Bonus. Für ein 500 kW BHKW bei Inbetriebnahme 2007 ergibt sich eine Stromvergütung von fast 20 ct/kWh, zu welcher noch die Vergütung für die Wärme hinzuzurechnen ist. Zurzeit befinden sich erste Anlagen mit diesen Techniken in Erprobung, und es bleibt abzuwarten, inwieweit die Landwirtschaft für diese Anlagen am Rande der Erdgastrasse ausreichend Substrat zur Verfügung stellt.

Der Einsatz von **Biogas als Kraftstoff** erfordert eine ähnliche Aufbereitung wie die Einspeisung in das Erdgasnetz. Zusätzlich ist eine Speicherung am Ort der Erzeugung erforderlich. Durch Aufbau von regionalen Verbrauchsstrukturen ist ein Absatz zu sichern ohne den ein solches Konzept nicht zum Erfolg geführt werden kann.

Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass durch die Schaffung politischer Rahmenbedingungen in den letzten Jahren eine sprunghafte Entwicklung sowohl im technischen, im verfahrenstechnischen als auch im Anwendungsbereich von Biogas stattgefunden hat. Während direkte Erzeugung von Strom und Einspeisung im landwirtschaftlichen Betrieb bereits sehr weit entwickelt sind, befinden sich Techniken und Logistiksysteme zur Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz noch am Anfang der Entwicklung. Auch ist die Möglichkeit der Aufbereitung von Biogas zum Kraftstoff eine beachtenswerte Entwicklung. Die Erzeugung von Biogas weist im landwirtschaftlichen Bereich eine hohe Flächenrelevanz auf, indem im Verhältnis zu anderen energetischen Produkten hohe Subventionswerte erreicht werden. Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Biogas ist die Schaffung der politischen Rahmenbedingungen für den potenziellen Einsatzbereich von höchster Relevanz. Die Bevorzugung einer Nutzungsrichtung würde sowohl die technischen als auch die strukturellen Entwicklungen behindern.

Literaturverzeichnis:

- (1) Braun, R.: Biogasmethangärung organischer Abfallstoffe - Grundlagen und Anwendungsbeispiele. - Springer-Verlag, Wien, New York 1982
- (2) Poch, M.: Biogas Wege zur zusätzlichen Energiegewinnung in der Landwirtschaft bei gleichzeitiger Verbesserung der Humuswirtschaft. - Bauernverlag, Berlin 1953

- (3) Reinhold, G., Vollmer, R.: Zur Geschichte der Biogaserzeugung. - In: Thüringen Schriftenreihe der TLL, Geschichtsheft. - Jena, 10/2003. - S. 244 - 256
- (4) Stelter, D.; Gleichmann, K.: Wo liegen die Schwachstellen - Bauernzeitung, Berlin 36/2005. - S. 24 - 26
- (5) Biogas im Wandel: 16. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V. - 31.1. bis 2.2.2007, Congress Center Leipzig. - Tagungsband

Abb. 1: **Entwicklung des Biogasanlagenbaus in Deutschland**

(Quelle: Fachverband Biogas, Institut für Energetik, ergänzt)

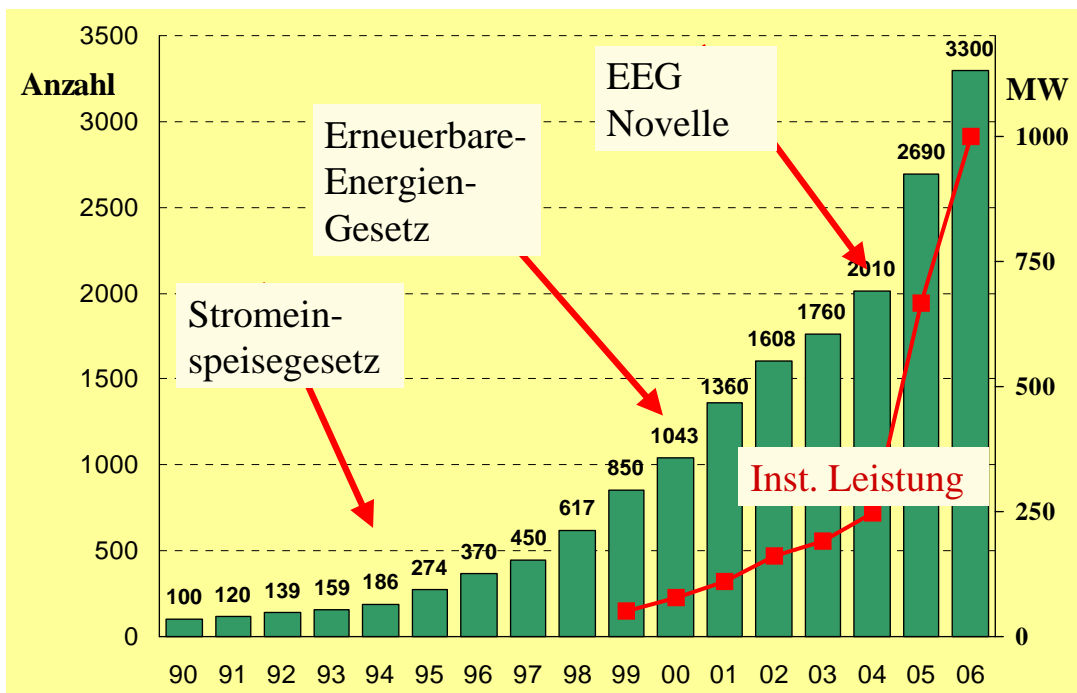


Abb. 2: **Biomassepreise in Abhängigkeit vom Leistungsort**

