

Technische und technologische Möglichkeiten der Gewinnung und Anwendung von Biogas

Was ist Biogas? Wie ist der aktuelle Stand der Biogasproduktion in der DDR? Welche technischen Voraussetzungen sind notwendig? Wo wird an diesem Thema gearbeitet und sind internationale Vergleiche möglich? Welche Perspektiven hat Biogas als alternative Energiequelle in der Landwirtschaft? Sind besondere Bedingungen beim Einsatz von Biogas zu beachten? Wie groß ist der energetische Wirkungsgrad von Biogasanlagen? — Wiederholt erhielten wir in den vergangenen Monaten solche und ähnliche Leserfragen, in denen wir gebeten wurden, ausführlich über die Thematik „Biogas“ zu berichten. Das erkennbare große Interesse hat seine Ursache vor allem darin, daß man bei der gegenwärtigen Suche nach möglichen alternativen Energiequellen z. B. neben der Ausnutzung von Sonnen- und Windenergie immer wieder auf die Anwendung von Biogas stößt. Diese Problematik ist in der DDR nicht völlig neu, denn schon in den 50er Jahren wurde sie forschungsseitig bearbeitet. Wir mußten in den Heften unserer Zeitschrift sehr weit zurückblättern, um einen Artikel über „Spülmistung im Stall mit und ohne Biogasgewinnung“ zu finden. Im Leser-auftrag haben wir jetzt Fachleute aus verschiedenen Institutionen gewinnen können, die in übersichtlicher Form zu den aufgeworfenen Fragen Stellung nehmen und mit ihren Beiträgen zur Diskussion anregen.

Die Redaktion

Herstellung von Biogas aus Gülle

Dozent Dr.-Ing. J. Briesovsky, KDT, VEB Komplett Chemieranlagen Dresden

Prof. Dr. sc. techn. W. Neumann, KDT, Technische Hochschule „Carl Schorlemmer“ Leuna-Merseburg, Sektion Verfahrenstechnik

Verwendete Formelzeichen

t	mittlere Verweilzeit der Reaktionsmasse
T_R	Reaktionstemperatur
V_R	Reaktionsvolumen

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit der sich weltweit verschärfenden Rohstoff- und Energieträgersituation gewinnt die biochemische Verarbeitung von organischen Abprodukten zunehmend an Bedeutung. Von besonderem Interesse ist dabei in der gegenwärtigen Zeit die Biogasgewinnung durch anaerobe Fermentation von Abprodukten der Landwirtschaft, des kommunalen Bereichs und der Lebensmittelindustrie.

Das volkswirtschaftlich bedeutsamste Potential an verwertbarem Substrat wird in der DDR durch die Landwirtschaft in Form der kontinuierlich anfallenden Gülle bereitgestellt. Die Mehrzahl der in den letzten Jahren durchgeführten theoretischen und praktischen Arbeiten im Zusammenhang mit der Biogaserzeugung beschäftigt sich dabei mit der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Verfahren durch Verbesserung der Prozeßintensität sowie optimale Systemgestaltung von Biogasanlagen, die den spezifischen Gegebenheiten der einzelnen Standorte bezüglich Substrataufkommen, Substratzusammensetzung, Möglichkeiten der Biogasverwertung usw. entsprechen. Letztendlich entscheidet die gesamte Infrastruktur am Standort über die Zweckmäßigkeit und die konkrete Gestaltung einer Biogasanlage.

2. Prozeß der Biogaserzeugung

Der in der Natur ablaufende Prozeß der Methanbildung durch anaerobe Fermentation von bestimmten organischen Produkten ist seit langem bekannt und wird verstärkt seit den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts technisch genutzt.

Das durch die anaerobe Fermentation gebildete Biogas besteht aus rd. 60 bis 75% Methan und 25 bis 40% CO₂. Weiterhin enthält Biogas ge-

ringe Mengen an H₂S und Spuren an H₂, N₂ sowie O₂. Biogas läßt sich grundsätzlich aus allen organischen Substraten herstellen, die über Bestandteile an Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten verfügen.

Die ablaufenden Fermentationsprozesse bei der Biogaserzeugung sind äußerst kompliziert und noch relativ wenig untersucht. Die Beschreibung der Prozeßkinetik erfolgt fast ausschließlich empirisch durch statistische Modelle in Form einer Bruttokinematik.

Die Existenzbedingungen für methanbildende Bakterien sind bekannt. Dasselbe trifft partiell auch für Grenzwertkonzentrationen bestimmter Hemmstoffe und Parameterbereiche zu, in denen die Assimilation und Dissimilationstätigkeit dieser Bakterien annähernd optimal verläuft.

Die am häufigsten gewählten Fermentationstemperaturen in Biogasanlagen betragen 33 bis 38°C (mesophiler Bereich) und rd. 55°C (thermophiler Bereich).

Die Entscheidung darüber, ob eine Anlage für den mesophilen oder thermophilen Bereich ausgelegt wird, hängt im wesentlichen von wirtschaftlichen Erwägungen ab und wird durch die Möglichkeit einer effektiven Abwärmenutzung des Faulgutes bestimmt. Die

Art der bei der anaeroben Fermentation eingesetzten Gülle beeinflusst die spezifische Biogasproduktion erheblich, da der Feststoffgehalt, das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis sowie Konzentration und Zusammensetzung an abbaubarer Substanz in ihnen unterschiedlich sind. Ein Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) der Gülle von 5% sollte aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht unterschritten werden. Eine Eindickung der Gülle vor dem Reaktor ist nach Möglichkeit zu vermeiden, da sie einerseits zusätzliche Aufwendungen erfordert und andererseits zu Verlusten an abbaubarer Substanz führt.

Die Homogenisierung der Reaktionsmasse im Reaktor ist erforderlich, um das Temperaturprofil und die Mikroorganismendichte im Reaktor auszugleichen. Bei einem durchmischten Biogasreaktor wird die Biogasbildung durch die Geschwindigkeit der biochemischen Umsetzungen bestimmt; eine Hemmung der Reaktionen durch Diffusion ist i. allg. auch in Großanlagen nicht zu erwarten.

Mischgüllen ergeben im Normalfall höhere spezifische Biogasausbeuten als Einzelgüllen. Besonders hohe spezifische Ausbeuten sind durch Kombination von Rinder- und Schweinegülle bzw. Hühner- und Rindergülle zu er-

Tafel 1

Anaerobe Fermentation von Mischgülle (57% Schweinegülle mit einem TS-Gehalt von 6%, 43% Rindergülle mit einem TS-Gehalt von 7,5%)
 $V_R = 20\text{ l}$, $T_R = 35^\circ\text{C}$,
 $t = 8\text{ d}$. Dosierhäufigkeit stündlich, Druck im Gasraum 200 Pa

lfd. Nr.	Transformationszeit h	Biogasvolumen l	Biogasproduktion l/h	tägliche spezifische Biogasproduktion l/l
1	0	0	0	0
2	1	1,97	1,97	2,37
3	2	3,93	1,96	2,35
4	3	5,90	1,97	2,36
5	4	7,88	1,98	2,38
6	5	9,82	1,94	2,33
7	6	11,75	1,93	2,32
8	7	13,71	1,96	2,36
9	8	15,70	1,99	2,38
10	9	17,66	1,96	2,35
11	10	19,64	1,98	2,38
12	11	21,61	1,97	2,37

warten, da diese Kombinationen u. a. ein relativ günstiges Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis bewirken und sich andererseits z. Z. noch nicht eindeutig definierbare günstige Bedingungen für die Mikroorganismen herausbilden. So wurden z. B. bei experimentellen Untersuchungen von Mischgülle (Schweinegülle, Rindergülle) in kontinuierlich betriebenen Biogasreaktoren (Durchmischung mit Hilfe von Biogas) spezifische tägliche Biogasproduktionen von rd. $2,4 \text{ m}^3$ je m^3 Reaktionsmasse erreicht (Tafel 1) [1].

Die entsprechende spezifische Biogasproduktion für die Einzelgülle lag beträchtlich unter den in Tafel 1 angegebenen Werten. Bei der verwendeten Schweinegülle konnte der Prozeß nur bis zu einer Verweilzeit der Reaktionsmasse im Reaktor von 15 bis 18 Tagen stabil betrieben werden.

Das Alter der für die Fermentation eingesetzten Gülle hat gleichfalls Einfluß auf die Biogasproduktion. Häufig wird aus wärmetechnischen Gesichtspunkten die Gülle unmittelbar nach Anfall in die Reaktoren geführt. Eine definierte Zwischenlagerung der Gülle bewirkt durch die dabei ablaufende saure Gärung eine Erhöhung der Konzentration an wasserdampf-flüchtigen organischen Fettsäuren. Bei der Verarbeitung von Mischgülle konnte der funktionelle Zusammenhang zwischen Lagerzeit der Gülle, ihrer Fettsäurekonzentration und der spezifischen Biogasproduktion nachgewiesen werden. Diese Tatsache deutet darauf hin, daß unter Berücksichtigung der technologischen Bedingungen der jeweiligen Stallanlagen die Entscheidung für eine Zwischenlagerung der Gülle und deren zeitliche Dauer erst nach entsprechenden Optimierungsrechnungen sinnvoll vorgenommen werden kann. Eine definierte Zwischenlagerung der Gülle kann in bestimmten Fällen auch aus Gründen des Ausgleichs zwischen Biogasangebot und Biogasbedarf in den einzelnen Jahresabschnitten sinnvoll sein.

3. Biogasanlagen

3.1. Anlagenkonzeption

Die Anlagenentwicklung im VEB Komplette Chemieanlagen (KCA) Dresden wurde ausgehend von dem in der DDR vorherrschenden Konzentrationsgrad der industriemäßigen Tierhaltung durchgeführt, wobei die Anlagen an die vielfach vorhandenen Gülleaufarbeitungsanlagen angepaßt sind.

Die Einordnung von Biogasanlagen in die Anlagenlinie der Gülleaufarbeitungsanlagen [2] ist im Bild 1 dargestellt.

Biogasanlagen bestehen aus folgenden wesentlichen Teilen:

- Homogenisierung
- Güllavorwärmung
- Biogaserzeugung
- Gastrocknung und -reinigung
- Gasverdichtung und -speicherung
- Gasverwertung
- Abgas- und Sicherheitssystem
- Schlammertgasung und -kühlung.

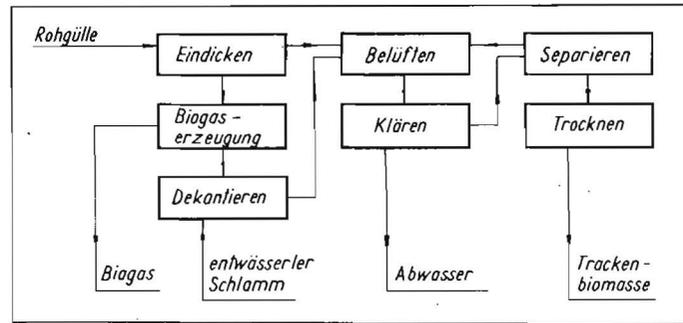
Eine Komplettierung mit Anlagenteilen zur Schlammertwasserung und Faulwasserverwertung ist möglich.

In einigen Fällen kann auf bestimmte Anlagenteile, z. B. zur Gasaufbereitung, verzichtet werden.

3.2. Anlagenbeschreibung

Pumpfähige Gülle wird aus der Stallanlage übernommen und in einem geschlossenen Faulbehälter bei rd. 33 bis 38 °C vergoren.

Bild 1
Prinzipschema der Gülleaufarbeitung mit Biomassegewinnung und Biogasanlage



Im wärmeisolierten Reaktor wird die Reaktionsmasse durchmischt. Schwimm- und Bodenschichten werden durch entsprechende Reaktorgestaltung und Durchmischung verhindert bzw. erheblich reduziert. Die erforderliche Heizung des Reaktors erfolgt mit Hilfe von Biogas über Warmwasser bzw. Wasserdampf als Wärmeträger (für ein schnelles Anfahren der Anlage ist Fremdenergie erforderlich).

Das entstehende Gas wird abgeführt, ggf. aufbereitet (Trocknung, Entschwefelung) und gespeichert.

Das Gas wird vorzugsweise für Heizzwecke verwertet. Komprimierung und Einsatz von Biogas in Gasmotoren zur Erzeugung von mechanischer bzw. elektrischer Energie ist möglich. Die Meß-, Regel- und Sicherheitstechnik entspricht den Standards der DDR. Die weitere Verarbeitung des Faulschlammes nach der Kühlung erfolgt nach den üblichen Methoden (z. B. Entwässerung und ggf. aerobe Behandlung). Die Anlage ist in Freibaueise konzipiert, wobei die Unterbringung der Förderaggregate, der Meßtechnik und der Wärmeübertragungssysteme teilweise in einem Gebäude vorgesehen ist.

3.3. Anlagenparameter

- Als Vorzugsvariante werden Reaktoren mit einem aktiven Volumen von 1000 bis 1500 m^3 realisiert. Die Verweilzeit der Reaktormasse ist substratabhängig. Die Reaktoren sind aus Beton bzw. Stahl gefertigt.
- Der Gülledurchsatz beträgt für die Vorzugsvariante 4 bis $8 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Die täglich erzeugte Menge an Biogas beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat und von den realisierten Verweilzeiten 0,8 bis 2 m^3 je m^3 Reaktionsmasse. Somit ergibt sich die Biogasmenge für eine Reaktoreinheit zwischen 800 bis 3000 m^3 Biogas je Tag, was einer Energiemenge von rd. 4800 bis 18000 kWh/d entspricht.
- Die Vergrößerung der Anlagenkapazität wird vorzugsweise durch Parallelschaltung mehrerer Reaktoren realisiert. Dadurch erhöht sich die Produktionssicherheit.

Der VEB KCA Dresden übernimmt alle Leistungen, die zur Planung, Vorbereitung, Errichtung und Inbetriebnahme von Biogasanlagen erforderlich sind. Auf der Basis eigener Forschungs- und Entwicklungskapazitäten einschließlich der Möglichkeiten der Kooperation mit anderen Institutionen vergibt der VEB KCA Dresden die Lizenz für den Prozeß der Biogasgewinnung aus Gülle. Zur Durchführung experimenteller Arbeiten stehen Technika und Laboreinrichtungen zur Verfügung.

Für die Auslegung wirtschaftlicher Anlagen ist vom Investitionsauftraggeber vor allem zu beachten, daß

- der Einsatz von Mischgülle, besonders einer protein- bzw. fettreichen und kohlenstoffreichen Gülle, günstig ist
- die Gülle mit möglichst hoher Temperatur in die Biogasanlage gelangt
- der TS-Gehalt der Gülle nach Möglichkeit zwischen 5 und 10% liegt
- speziell geschultes Personal für das Betreiben der Gaserzeugungsanlage vorhanden ist
- die erzeugte Biogasmenge unter DDR-Klimabedingungen häufig nicht ausreicht, um in extremen Kälteperioden die Wärmeenergieversorgung der Stallanlagen einschließlich der Sanitäräume zu sichern. Deshalb kann auf Fremdenergieanschluß bei unbedingter Betriebssicherheit i. allg. nicht verzichtet werden. Die Anlagenauslegung für extreme Winterverhältnisse dürfte wirtschaftlich kaum vertretbar sein.
- die Biogasgewinnung nur kurzzeitig möglich ist und somit jahreszeitliche Schwankungen des Biogasbedarfs nicht ausgeglichen werden können
- für eine höhere Dynamik in der Gaserzeugung eine Güllезwischenlagerung sinnvoll sein kann.

Vom zukünftigen Betreiber von Biogasanlagen sind besonders Angaben zu folgenden Parametern erforderlich:

- Gülle (Menge, Zusammensetzung, Betriebsregime, Schwankungen im TS-Gehalt bzw. im organischen TS-Gehalt)
- geplante Gasverwertung (Warmwasser, Dampf, Energieerzeugung u. ä.)
- Energiebedarf (spezifiziert nach Monaten mit Angabe der Maximalwerte und der zu erwartenden Zeitdauer extremer Kälteperioden)
- Struktur der Stallanlagen und der Güllewirtschaft.

4. Zusammenfassung

Die Biogaserzeugung aus Gülle und anderen organischen Abprodukten erlangt weltweit steigende Bedeutung. Auf der Basis einer vorrangig industriemäßigen Tierhaltung in der DDR ist der VEB Komplette Chemieanlagen Dresden in der Lage, Anlagen für die Erzeugung von Biogas zu liefern. Damit wird ein Beitrag zur Energiegewinnung aus regenerierbaren Rohstoffen geleistet, der wirtschaftlich auch unter dem Aspekt des Umweltschutzes zu betrachten ist.

Literatur

- [1] Neumann, W.; Rückauf, H.: Kinetik der anaeroben Fermentation von Gülle (Teil I). Technische Hochschule Leuna—Merseburg, Forschungsbericht 1982.
- [2] Eichler, D.: Biotechnologische Verwertung von Gülle. Fachvortragsreihe „Biotechnologie“ des VEB Chemieanlagenbaukombinat Leipzig-Grimma auf der Leipziger Herbstmesse 1981.