H.-J. Ahlgrimm
W. Baader

Institut für Technologie
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
3300 Braunschweig

3. Dechema-Jahrestagung der Biotechnologen 1985
Frankfurt am Main
3. und 4. Oktober 1985

Problemstellung

Das Verfahren der Methangärung dient im Bereich der Landwirtschaft im wesentlichen der Bereitstellung von energiereichem Gas als Ersatz für bisher verwendete Energieträger. Als Ausgangsstoffe sind die Abfälle aus der Tierhaltung sowie jegliche Art von Pflanzen und pflanzlichen Reststoffen aus Produktion und Weiterverarbeitung geeignet. Derartige Substrate neigen zur Bildung von Schwimm- und Sinkschichten. Um diese zu vermeiden und damit durch einen kontrollierten Stoff-Fluß im Reaktor einen stabilen Abbauprozeß zu erreichen, sind besondere Maßnahmen bei der Reaktorgestaltung erforderlich.

Zweck der Versuchsbiogasanlage

Die auf der Tierversuchsstation der FAL im technischen Maßstab erstellte Versuchsanlage dient – in Ergänzung zu den im Labor und in Versuchsanlagen im Technikum des Instituts für Technologie gewonnenen Erkenntnissen – der Ermittlung verfahrens- und betriebstechnischer Kennwerte unter praxisnahen Einsatzbedingungen. Konkrete Aussagen wurden erwartet über

- den Verfahrenserfolg (aus dem Substrat gewonnene Energiemenge, Abbaugrad Reaktorleistung)
- die Betriebssicherheit (Stoff-Führung im Reaktor, mechanische Funktionen, Regelungs- und Steuertechnik)
- die Empfindlichkeit des Prozesses gegenüber Störeinflüssen
- die Energiebilanz

bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen, wie Verweilzeit, Temperatur im Faulraum, Trockenmassegehalt des Substrates, Anteile an grob zerkleinerten Pflanzenstoffen im Substrat.

Standort – Aufbau

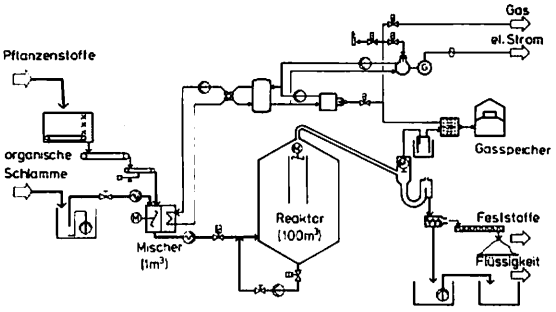

Abb. 1: Verfahrensfließbild der Biogasversuchsanlage

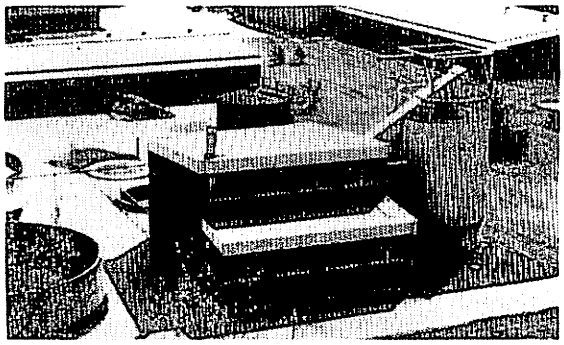

Abb. 2: Gesamtansicht der Versuchsanlage im Bereich der Tierversuchsstation der FAL

Besondere Merkmale der Versuchsanlage

- Prozeßführung im 1-stufigen Verfahren
- vertikal durchströmter, vollständig gefüllter und partiell durchmischter Reaktor mit Volumen $V_R = 100\ m^3$
- Möglichkeit zum Einmischen organischer Feststoffe zur Anreicherung des Substrates mit zusätzlicher organischer Masse
- außen liegender Wärmeaustauscher (Chargenmischer) mit 1 m^3 Fassungsvermögen
- Gasnutzung über Gasheizkessel und Gasmotor-Elektrogeneratoraggregat zur Prozeßwärme- und Elektroenergieerzeugung
- umfangreiche Peripherie für Meß- und Steuerzwecke
- vollautomatischer Versuchsbetrieb durch eine frei programmierbare Anlagensteuerung und automatische Meßwerterfassung und -verarbeitung
- weitläufige Anordnung der einzelnen Anlagenkomponenten zur Erprobung unterschiedlicher technischer Varianten

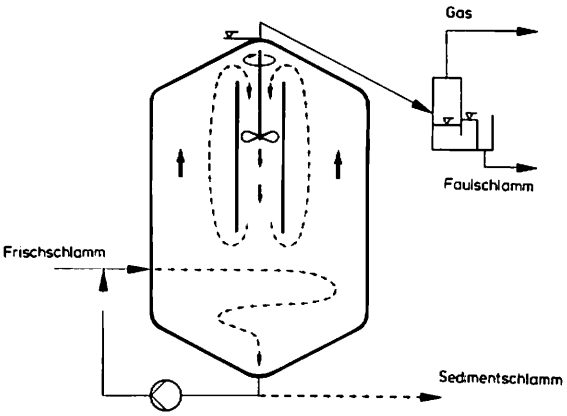

Abb. 3: Prinzip der Stoff-Führung im Reaktor

Betriebsweise – Substrat

Substratart:	Rinderflüssigmist der Tierversuchsstation der FAL, zeitweise angereichert mit unterschiedlichen organischen Feststoffen (Versuchsvarianten)
Substrataufheizung:	Im Mischer in Chargen von je 1 m^3
Verweilzeiteinstellung:	Durch Anzahl der täglichen Zugaben in Chargen von 1 m^3
Reaktortemperatureinstellung:	Durch Veränderung der Substrattemperatur im Chargenmischer (Versuchsvarianten)
Substratumwälzung:	Umwälzen im unteren Drittel des Faulraums zur Vermischung des frischen Substrats mit biologisch aktivem Schlamm und zur Verteilung sedimentierender Stoffe Umwälzung im oberen Bereich des Faulraums zur Homogenisierung des Gärgutes und zur Verteilung aufschwimmender Sinkstoffe.

Elektroenergiebedarf

Aggregate	auf Zugabe bezogener Energiebedarf (kWh/m^3)
Pumpen für Substrat und Faulschlamm	0,75
Rührer und Umwälzpumpe	
ohne Feststoffzugabe	0,6
mit Feststoffzugabe	4,3
Heizwasserpumpen, Brenner, Mischer	bis 1,5
Förderer, Dosierer und Trenneinrichtung für Feststoffe	bis 2,0

Tab. 1: Elektroenergiebedarf für einzelne Anlagenbereiche

Stoffumsatz und Energiebilanz der 100 m³-FAL-Biogasversuchsanlage

Projekt gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie vom 1.1.1979–31.12.1982. (PTB 8158)

Anlagenleistung – Stoffumsatz

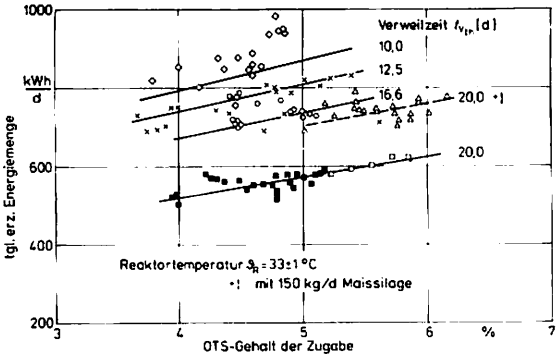

Abb. 4: Einfluß des Gehalts an organischer Substanz im Substrat und der Verweilzeit auf die tägliche Brutto-Energieproduktion

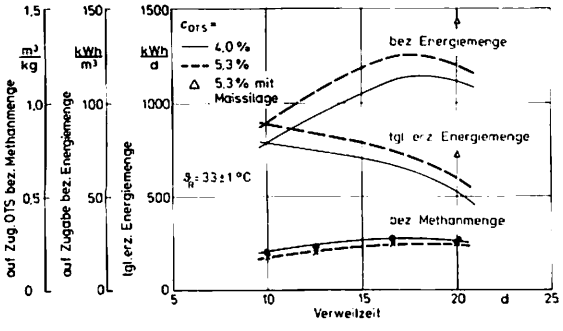

Abb. 5: Einfluß der Verweilzeit auf die tägliche Brutto-Energieproduktion, die aus 1 m³ Substrat erzeugte Energiemenge und die aus 1 kg organischer Substanz bereitgestellte Methanmenge

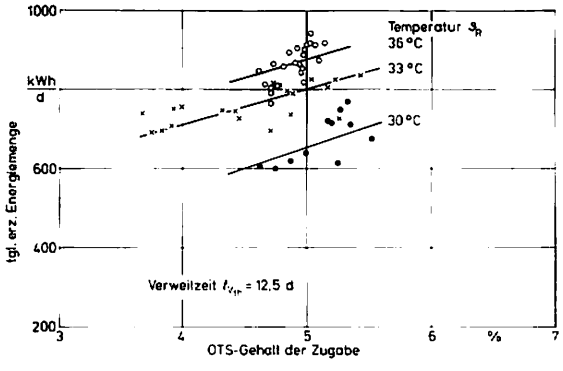

Abb. 6: Einfluß des Gehalts an organischer Substanz im Substrat und der Reaktortemperatur auf die tägliche Brutto-Energieproduktion

Gehalt in Trockensubstanz				
gesamt	c_{TS}		5,6	%
organisch	c_{OTS}		4,5	%
Konzentration an organ. Säuren	c_S		3500	mg/l
Zugaben (je 1 m³)			5 bis 10	1/d
Verweilzeit	$t_{V_{th}}$		10 bis 20	d
Reaktortemperatur	ϑ_R		33	°C
Gasproduktion bei Verweilzeit	$t_{V_{th}}$	10	20	d
bez. Reaktorleistung	$\dot{V}_{GR}$	1,45	1,2	m³/m³d
Gasmenge aus zugef. organ. Tr.Subst.	V_{GOTS}	0,330	0,416	m³/kg
Methangehalt	c_{CH_4}	60	60	%

Tab. 2: Zusammenfassung der wichtigsten Kennwerte zum Stoffumsatz (mittlere Werte)

Energiehaushalt – Prozeßwärme

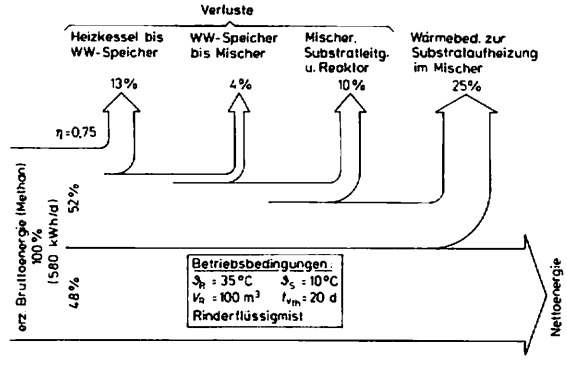

Abb. 7: Energieverluste und Energiefluß bei Heizkesselbetrieb

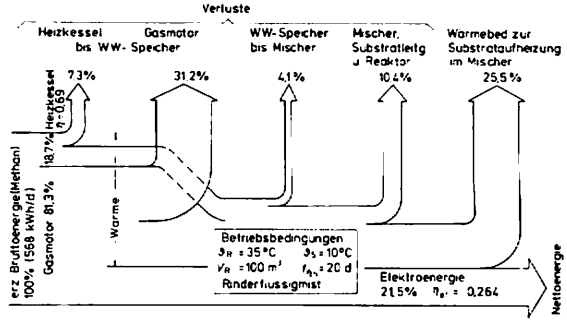

Abb. 8: Energieverluste und Energiefluß bei Gasmotor-Elektrogeneratorbetrieb

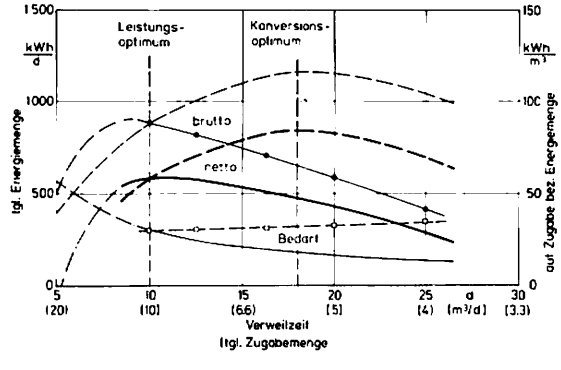

Abb. 9: Einfluß der Verweilzeit bzw. der täglich zugegebenen Substratmenge auf die von der Anlage täglich bereitgestellte und aus 1 m³ Rinderflüssigmist erzeugte Energiemenge

Anteil nutzbarer an erz. Energiemenge bei				
Verweilzeit	$t_{V_{th}}$	10	20	d
Außentemperatur	ϑ_a	20(-5)	20(-5)	°C
$\dot{E}_{brut}/\dot{E}_{net}$	prakt.	61(39)	68(43)	%
	theor.	76(65)	83(72)	%
Wärme-Kraft-Kopplung				
Gasverbrauch des Motors bei 24 kW el. (Nenn-)Leistung des Generators	$\dot{V}_{GM}$		16	m³/h
Anteile Elektroenergie an nutzbarer Gasenergie	$\dot{E}_{el}/\dot{E}_{G_{net}}$		25	%
Anteil genutzter Wärmeenergie an nutzbarer Gasenergie	$\dot{E}_{WM_{net}}/\dot{E}_{G_{net}}$		35	%

Tab. 3: Zusammenfassung der wichtigsten Energiekennwerte (mittlere Werte)