

Inhalt

Vorwort	IX
Formelzeichen	X
Teil I Landwirtschaft	
1. Einführung	1
1.1 Entwicklungsgeschichte landwirtschaftlicher Biogasanlagen . . .	1
1.2 Überblick über die Verbreitung des Verfahrens der Methan- gewinnung	4
1.3 Regionale Verteilung der landwirtschaftlichen Biogasanlagen . .	6
1.4 Motive zum Anlagenbau	6
1.5 Problemstellung	9
1.6 Stand des Wissens	9
1.7 Ziel der Arbeit	12
1.8 Festlegung des Begriffs „Landwirtschaftliche Biogasanlage“ . . .	12
1.9 Abgrenzung	12
2. Planung landwirtschaftlicher Biogasanlagen	13
2.1 Planungsablauf und Planungsstrategie	13
2.2 Planungsmodell	14
2.2.1 Konstruktion des Planungsmodells	14
2.2.2 Gewinnung der Zielfunktion	15
2.2.3 Modellansatz	17
2.2.4 Datenermittlung	19
2.2.5 Ermittlung der Einsatzgrenzen technischer Systeme	19
3. Betriebliche Randbedingungen	20
3.1 Allgemeines	20
3.2 Stallhaltungsformen und Entmistungstechnik	20
3.3 Beschaffenheit und Eigenschaften des Substrates, Rohstoffmengen	24
3.3.1 Allgemeine Hinweise, Verdauungswege und -wirkungen	24
3.3.2 Stoffzusammensetzung	26
3.3.3 Physikalische Eigenschaften	31
3.3.4 Mengenanfall und Verfügbarkeit	37
3.4 Energiebedarf	40
3.4.1 Energiebedarf des Haushaltes	40
3.4.2 Energiebedarf der pflanzlichen Produktion	41
3.4.3 Energiebedarf der tierischen Produktion	42
4. Das Biogasverfahren	44
4.1 Verfahrensumfang	44
4.2 Der Faulprozeß	45
4.3 Die Wirkungen des Faulprozesses	47

4.4	Gasausbeute und Abbaugeschwindigkeit beeinflussende Faktoren	49
4.4.1	Allgemeines	49
4.4.2	pH-Wert, Säurekapazität und Konzentration organischer Säuren	50
4.4.3	Nährstoffe	51
4.4.4	Gärtemperatur	51
4.4.5	Hemmstoffe	52
4.4.5.1	Einfluß des Stoffwechselproduktes Ammonium	52
4.4.5.2	Futtermittelzusätze, Antibiotika, Chemotherapeutika, Desinfektionsmittel	54
4.4.5.3	Substratzusammensetzung	56
4.4.6	Zusammenfassung	56
4.5	Kulturformen und Anlagentypen	57
4.5.1	Einstufige Anlagen	57
4.5.2	Mehrstufige Anlagen	66
4.5.3	Zusammenfassung	67
4.6	Abbauleistung sowie Gas- und Methanbildungsvermögen ausgewählter Anlagentypen bei verschiedenen landw. Substraten	70
4.6.1	Allgemeine Herleitung	70
4.6.2	Faulung pumpfähiger Substrate	72
4.6.2.1	Versuchesergebnisse	72
4.6.2.2	Vergärung Rinderflüssigmist	73
4.6.2.3	Vergärung Schweineflüssigmist	80
4.7	Verfahrensschritte der Biogasgewinnung	85
4.7.1	Einmengen von Feststoffen in das Fördergut	85
4.7.2	Fördern	86
4.7.3	Reaktorbeheizung	88
4.7.4	Rühren und Mischen, Abführen von Sink- und Schwimmstoffen aus dem Reaktor	95
4.8	Auswahl und Optimierung von Reaktorbauweisen	99
4.9	Gasverwertung	108
4.9.1	Gasaufbereitung	108
4.9.2	Gasverwendung	108
4.9.3	Anpassung an den Energiebedarf	109
4.10	Energiebilanz der Biogasanlage	111
4.10.1	Energiebilanz bei der Wärmebereitstellung	111
4.10.2	Energiebilanz bei der kombinierten Elektrizitäts-Wärmebereitstellung	115
4.11	Investitionsbedarf	116
5.	Ermittlung des Kapitalwertes und ausführliche Darstellung der Zielfunktion zur Anlagenoptimierung für ausgewählte Formen der Gasverwertung	119
5.1	Wärmebereitstellung	119
5.1.1	Allgemeine Beziehung für die Berechnung	119
5.1.2	Ermittlung der Bestimmungsgrößen	120

5.2	Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung	123
5.2.1	Allgemeine Beziehung für die Berechnung	123
5.2.2	Ermittlung der Bestimmungsgrößen	123
5.3	Zusammenfassung, Formulierung der Zielfunktion, Folgerungen, weiteres Vorgehen	125
6.	Anlagenbemessung unter technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten im Falle der Wärmebereitstellung	127
6.1	Reaktorbemessung für Schweineflüssigmist	127
6.1.1	Randbedingungen	127
6.1.2	Vorüberlegungen zur Anlagenauslegung	127
6.1.3	Anlagenbemessung bei gegenüber der täglich bereitstellbaren Energienmenge höherem Energiebedarf	128
6.1.4	Anlagenbemessung für beliebige betriebliche Bedingungen	144
6.1.5	Optimale Wärmedämmung	148
6.1.6	Optimale Prozeßtemperatur	151
6.1.7	Zusammenfassung	153
6.2	Reaktorbemessung für Rinderflüssigmist	154
6.2.1	Vorüberlegungen	154
6.2.2	Reaktorbemessung bei gegenüber der täglich bereitstellbaren Energienmenge höherem Energiebedarf	155
6.2.2.1	Auslegung auf maximale Energiebereitstellung aus einem gegebenen Substratstrom	155
6.2.2.2	Auslegung auf maximale Energiebereitstellung aus einem gegebenen Trockenmassstrom	156
6.2.2.3	Auslegung auf maximale Wirtschaftlichkeit bei einem gegebenen Trockenmassstrom	157
6.2.3	Reaktorbemessung für beliebige betriebliche Bedingungen	158
6.2.4	Optimale Reaktorisation	159
6.2.5	Optimale Prozeßtemperatur	159
6.2.6	Zusammenfassung	161
6.3	Reaktorbemessung für sonstige landwirtschaftliche Substrate	163
6.4	Optimale Reaktortypen	167
6.5	Auslegung von Energiespeichern zur optimalen betrieblichen Energiebedarfsdeckung	168
6.5.1	Modellansatz	168
6.5.2	Beispiel	171
6.5.3	Diskussion der Ergebnisse	175
6.5.4	Zusammenfassung und Folgerungen	175
7.	Anlagenbemessung unter technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten im Falle der kombinierten Elektrizitäts- und Wärme- gewinnung	176
7.1	Vorüberlegungen zur Anlagenauslegung	176
7.2	Reaktorbemessung bei gegenüber den täglich in Form von Wärme und Elektrizität bereitstellbaren Energiemengen höheren Energie- bedarf	177

7.2.1	Auslegung auf maximale Energiebereitstellung aus einer gegebenen Substratmenge	177
7.2.2	Auslegung auf maximale Energiebereitstellung sowie auf maximale Wirtschaftlichkeit aus einem gegebenen Trockenmassstrom . . .	177
8.	Elektrizität oder Wärme aus Biogas?	184
9.	Reaktorbemessung unter Berücksichtigung weiterer Verfahrenseffekte	190
10.	Zulässige Investitionen	192
11.	Kritik am Modell und der Güte seiner Aussagen	195
12.	Zusammenfassung und Folgerungen	198

Teil II Abwassertechnik

Einsatz des Planungsmodells in der kommunalen Abwassertechnik

1.	Vorbemerkung	202
2.	Einführung	202
3.	Problemstellung	204
3.1	Anaerob-Verfahrenslinien	204
3.2	Merkmale der Anaerob-Verfahrenslinien	206
3.3	Auswahl und Bemessung	208
4.	Lösungsansatz	210
5.	Modellanwendung	211

Anhang:

Schrifttum	215
Rechenprogramm	
1. Überblick	256
2. Das Wärmeprogramm	256
3. Das Elektrizitätsprogramm	260
4. Berücksichtigung weiterer, sonstiger Verfahrensauswirkungen . .	260
5. Programmausdruck	265
Sachverzeichnis	283
Weiterführende Literatur	285