



Modellanlagen

6.1 Aufgabe und Ziel

Oft ist ein System zu komplex, um es gedanklich vollständig erfassen und untersuchen zu können. Dann tritt ein Modellbildungsprozess mit dem Ziel ein, das komplexe System auf **wesentliche** Parameter und Wechselwirkungen zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund wurden praxisnahe Biogas-Modellanlagen für bestimmte Aufgabenstellungen und Ziele entwickelt.

Eine Übersicht über die Annahmen und Charakteristika der Modellanlagen gibt Kapitel 6.2, Kapitel 6.3 beschreibt alle Modellbiogasanlagen in tabellarischer Form und in Kapitel 6.4 wird eine Verfahrensbeschreibung vorgenommen.

Die getroffene Auswahl von Modellanlagen hat

- **die Aufgabe**, dem interessierten Leser als Demonstrationsobjekt zu dienen. Die Modellanlagen werden somit als Instrument zur Erklärung komplexer Zusammenhänge verschiedener Fachbereiche herangezogen. Sie eröffnen die Möglichkeit, z. B. aktuelle rechtliche, betriebswirtschaftliche und (verfahrens-)technische Zusammenhänge und Problemkreise in den folgenden Kapiteln 7 „Rechtliche und administrative Rahmenbedingungen“ bis 11 „Planungsgrundlagen“ isoliert zu betrachten und zu untersuchen.
- **das Ziel**, praxisnahe Handlungsempfehlungen auszusprechen.

Damit sich eine möglichst breite Leserschaft in den Modellkonfigurationen wiederfindet, sind bestimmte Ansprüche an die Art und die Anzahl der Modellanlagen gestellt worden, die im Folgenden erläutert werden.

6.2 Modellanlagen – Charakteristika und Annahmen

Grundlage für die Auswahl verschiedener Charakteristika waren Erfahrungen aus dem Anlagenbau und der Praxis des Anlagenbetriebes in deutschen Biogasanlagen sowie die Auswertungen des „Wissenschaftlichen Messprogramms zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich“ /6-1/, /6-2/, /6-3/, /6-4/. Als Ergebnis werden typische Anlagenkonfigurationen der Bundesrepublik Deutschland in sechs Modellanlagen abgebildet, wobei die Eckdaten der Modelle „eingesetzte Substrate“, „Anlagenleistung“, „Technische Auslegung“, „Betriebsweise“ und „Genehmigung“ besonderen Auswahlkriterien unterlagen (vgl. dazu Tabelle 6-1).

Tabelle 6-1: Charakteristika der Modellanlagen

Charakteristikum	Auswahlkriterium
Substrate	<ul style="list-style-type: none">• Auswahl repräsentativer Substrate aus verschiedenen Substratgruppen• Berücksichtigung praxisrelevanter Mischungsverhältnisse• Berücksichtigung von Substraten mit bekannten Gasertragsparametern
Anlagenleistung	<ul style="list-style-type: none">• Berücksichtigung praxisnaher Anlagengrößen innerhalb definierter Größenklassen
Technische Auslegung	<ul style="list-style-type: none">• Auswahl von Standards für Bauteile und Komponenten• Dimensionierung und Auslegung erfolgt substrat- und mengenspezifisch, d. h. nach biologischen und verfahrenstechnischen Gesichtspunkten
Betrieb	<ul style="list-style-type: none">• Berücksichtigung praxisnaher Betreibermodelle
Genehmigung	<ul style="list-style-type: none">• Modellanlagen als Fallbeispiele: Abbildung aktueller rechtlicher nationaler und internationaler Rahmenbedingungen

Innerhalb der Eckdaten wurden spezifische Annahmen getroffen. Diese werden in den Unterkapiteln 6.2.1 bis 6.2.5 benannt und erklärt. Bei der Konfiguration der Modelle stand die Betriebssicherheit der Anlage und des Anlagenprozesses unter biologischen, verfahrenstechnischen, baulichen und genehmigungsrechtlichen Gesichtspunkten im Vordergrund.

6.2.1 Substrate

Der Leistungsbereich und die Betriebssicherheit einer Biogasanlage werden erheblich von der Art, Qualität und Menge der eingesetzten Substrate beeinflusst. Substrateigenschaften und -inhaltsstoffe bestimmen die Gasertragswerte. Oftmals unterscheiden sich Literaturangaben für gleiche Substrate sehr stark; auch ist ein Gärtest für eine erste Einschätzung der betrieblichen Substrat-Situation sehr aufwändig. Die Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur /6-6/ stellte 1999 erstmals ein Berechnungsverfahren vor, mit dem sich auf Basis der Verdaulichkeiten der Einzel-Rohnährstoffe eines Substrates (Rohprotein-, Rohfett-, Rohfaser- und NfE-Fraktion) die wertgebenden Bezugsgrößen für Biogas (Gasausbeute, Methangehalt) errechnen lassen (vgl. Kapitel 4). Die Ergebnisse dieser Berechnung werden auch in der Officialberatung als abgestimmte Werte verwendet. Die wertgebenden Parameter für die in den Modellanlagen eingesetzten Substrate wurden mit Hilfe o. g. Berechnungsgrundlage ermittelt. Eine Übersicht gibt Tabelle 6-2.

Als Grundlage für die in Tabelle 6-2 einzusehende Substrat-Auswahl für die Modellanlagen dienten die Ergebnisse des „Wissenschaftlichen Messprogramms zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich“ /6-1/, /6-2/, /6-3/, /6-4/. Darin sind die in über 30 Biogasanlagen des Bundesgebietes eingesetzten Substrate hinsichtlich der Häufigkeit ihres Einsatzes sowie ihres Mischungsanteiles an der Gesamtmischung ausgewertet worden. Die Auswertungen ergeben, dass Wirtschaftsdünger für den Großteil der Biogasanlagen weiterhin das Hauptsubstrat darstellen. Für über 80 % der Anlagen beträgt der Massenanteil der Wirtschaftsdünger mindestens 50 %. Bei der Konfigurierung der Modellanlagen wurde auf Basis dieser Erhebungen ein Massenanteil der Wirtschaftsdünger an der Gesamtmischung von ca. 65 % unterstellt, obwohl der Trend bei den Neubau-Anlagen dahin geht, dass diese mit zunehmendem Massenanteil an Kosubstraten wie organischen Reststoffen und Energiepflanzen betrieben werden. Mit der aktuellen Situation des begrenzten Angebotes

Tabelle 6-2: In den Modellen verwendete Substrate und substratspezifische Eigenschaften

Substrate	TS-Gehalt	oTS-Gehalt der TS	Biogasausbeute		Methangehalt
	%	%	I _N /kg oTS	Nm ³ /t FM	%
Rindergülle	8,8	85,0	280,0	21,0	55,0
Schweinegülle	6,0	85,0	400,0	20,4	60,0
Maissilage wachtreif	33,0	95,8	586,1	185,3	52,2
Grassilage	35,0	89,2	583,8	182,3	54,1
Futterreste (Silomais/Grassilage)	34,0	92,5	585,0	184,0	53,0
Einstreu – Weizenstroh	86,0	91,4	369,0	290,0	51,0
Roggen Körner	87,0	97,8	701,7	597,0	52,0
Fettabscheiderückstand	5,0	90,0	1000,0	45,0	68,0
Speisereste fettreich	18,0	92,3	761,5	126,5	61,9

an agroindustriellen Reststoffen steigt das Interesse an Anbau und Einsatz nachwachsender Rohstoffe (NaWaRos) in Biogasanlagen. Dies wird gestützt durch die Möglichkeit des Anbaus von NaWaRos auf Stilllegungsflächen unter Beibehaltung der Flächenstilllegungsprämie sowie durch die im Gesetzesentwurf zur Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes geplante Förderung von Biogasanlagen, die ausschließlich Gülle und/oder Pflanzenbestandteile vergären (vgl. Kapitel 7, Tabelle 7-2).

Die alleinige Vergärung von Energiepflanzen (Monovergärung) ohne Zusatz von Wirtschaftsdünger ist auch in kontinuierlichen Nassvergärungsanlagen möglich; häufig fehlen jedoch belastbare Daten zur biologischen und technischen Auslegung und Belastbarkeit der Biogasanlage sowie zur Definition von Parametern, die eine aussagekräftige Früherkennung von Belastungszuständen zulassen. Derzeit werden in groß angelegten Forschungsprojekten diese Fragestellungen behandelt und geklärt /6-5/.

In der Auswertung des Biogasmessprogramms wurde folgende Häufigkeitsverteilung beim Einsatz von Kosubstraten neben Wirtschaftsdünger ermittelt (Tabelle 6-3).

Da für das Substrat Getreideausputz keine definierten Gasertragsleistungen vorliegen, weil die Verdaulichkeitsquotienten der Rohnährstoffe dieses Substrates nicht abzuleiten sind und deshalb die Gas-

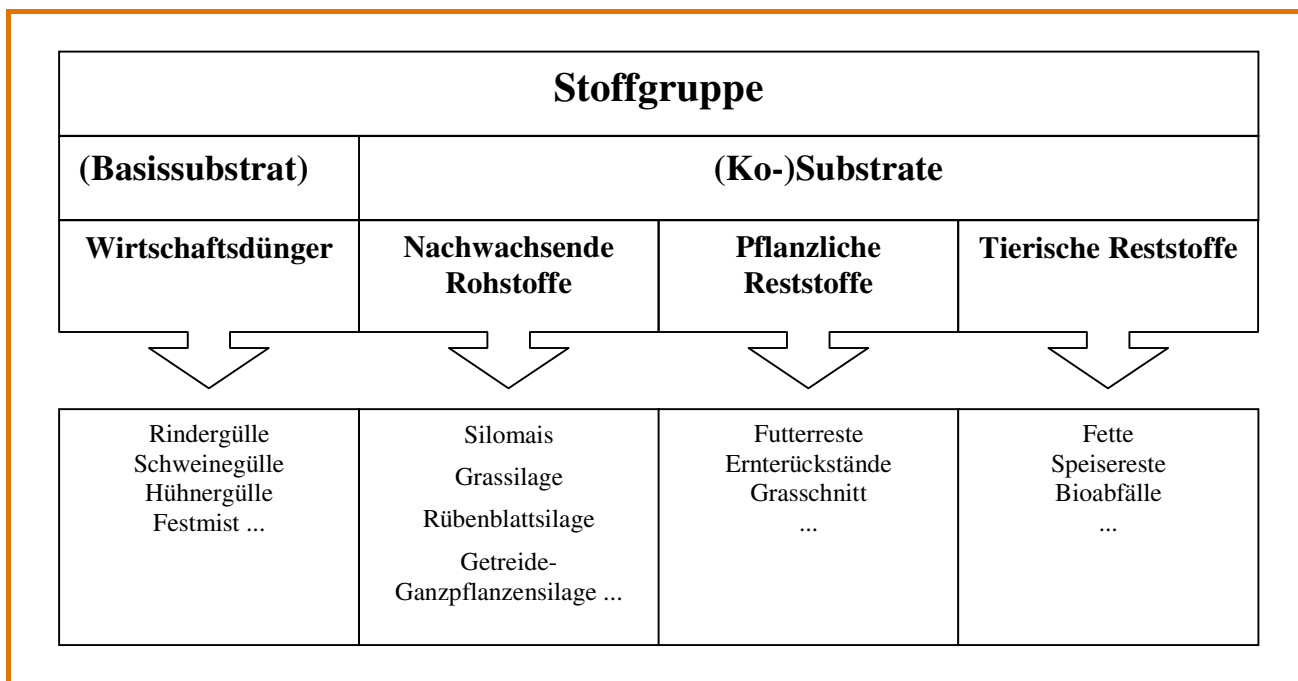


Abb. 6-1: Substratbeispiele, nach Stoffgruppen sortiert

Tabelle 6-3: Häufigkeit und Massenanteil der häufigsten Kosubstrate in landwirtschaftlichen Biogasanlagen; (verändert nach [6-4])

Substrate	Silomais	Grassilage	Fett	Getreideausputz	Futterreste
Einsatzhäufigkeit [% der Anlagen] ^a	66	47	22	28	16
Mittlerer Massenanteil am Gesamtsubstrat [%] ^a	11	4	5	5	2

a. gerundet

ausbeute durch den o. a. Berechnungsansatz nicht kalkulierbar ist, wurde das Substrat „Getreideausputz“ nicht mit in die Liste der Inputstoffe für die Modellanlagen aufgenommen.

In Anlehnung an aktuelle Diskussionen um die zukünftige Verwertung von Roggen ist das Substrat „Roggen (Korn)“ bzw. die Werte für das Substrat in den Modellanlagen berücksichtigt worden.

Allgemein gilt, dass die ausgewählten Substrate jeweils stellvertretend für Stoffe aus einzelnen, definierten Stoffgruppen stehen. Eine Übersicht über die Stoffgruppen mit Beispielen gibt Abb. 6-1. Die in den Modellen verwendeten Substrate können somit als

typische Vertreter verstanden werden, bei Bedarf sind sie durch ähnlich geprägte Stoffe einer Stoffgruppe ersetzbar. Da sich damit jedoch auch die biologischen, technischen, wirtschaftlichen und genehmigungsrechtlichen Verhältnisse ändern können, ist eine Anpassung der Modellanlagen auf betriebseigene Verhältnisse nur eingeschränkt möglich. Hier sind in jedem Fall die Fachberatung und das ausgewählte Planungsbüro hinzuzuziehen.

Eine Übersicht über die in den Modellen verwendeten Substrate sowie die substratspezifischen Eigenschaften gibt Tabelle 6-2 (berechnet nach [6-6]). Unter das Nebenerzeugnis „Futterreste“ fallen nur Grundfutter- und Kraftfutterreste aus der Rinderfütterung.

6.2.2 Anlagenleistung

Seit In-Kraft-Treten des EEG und des Marktanreizprogramms (MAP) hat sich der Bestand der Biogasanlagen in Deutschland gegenüber 1999 um 80 % erhöht.

Die installierte elektrische Leistung ist im Durchschnitt von 53 kW auf 145 kW gestiegen (siehe Kapitel 12). Auffallend sind die enormen Unterschiede in der Größenverteilung landwirtschaftlicher Biogasanlagen zwischen den Bundesländern auf Grund unterschiedlicher Agrarstrukturen.

Die Kriterien zur Einteilung der Leistungsklassen in den Modellanlagen sind in Tabelle 6-4 dargelegt.



Tabelle 6-4: Einteilung der Leistungsklassen der Modellanlagen

Leistungsklasse	Begründung	Modellanlagen-Nr.
≤ 70 kW	<ul style="list-style-type: none"> • Bis 70 kW: Teilschulderlass der KfW im Rahmen des MAP • Beispiel für niedrigen Leistungsbereich • <i>Mindestgrundvergütung 11,5 Cent pro Kilowattstunde^a</i> 	1
70 – 150 kW	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiel für den durchschnittlichen Leistungsbereich derzeit überwiegend gebauter Anlagen • <i>Mindestgrundvergütung 11,5 Cent pro Kilowattstunde^a</i> 	2 3
150 – 500 kW	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiele für landwirtschaftliche Großanlagen und Gemeinschaftsanlagen • Kostendegressionseffekt in Bezug auf die Höhe der spezifischen Investition • <i>Anteilige Mindestgrundvergütung von 11,5 Cent und 9,9 Cent pro Kilowattstunde^a</i> 	4 5 6

a. Entwurf zur Novellierung EEG vom 18.11.03 (siehe Kapitel 10)

Tabelle 6-5: Technische und verfahrenstechnische Parameter der Modellanlagen

Parameter / Annahmen	Einheit	Größenordnung			
BHKW					
Wirkungsgrad BHKW _{el./therm} bei ... installierten elektr. kW: ... 50 51 - 75 76 – 150 151 - 200 201 - 330 331 – 500	[%]	elektrisch Herstellerangaben	elektrisch Dauerbetrieb	therm. Herstellerangaben	therm. Dauerbetrieb
		33	30	50	40
		35	32	49	39
		36	33	48	38
		37	34	47	38
		39	35	50	40
		40	36	53	43
Sicherheitszuschlag BHKW-Leistung	[%]	---			
BHKW-Laufzeit (Volllastanteil: 100%)	[h/Jahr]	8.000			
BHKW-Bauart		ab 250 kW errechnete Leistung aus Methan: Gas-Otto-Motor			
Zündölanteil bei Zündstrahlmotor	[%]	10,0			
Heizwert Methan	kWh/m ³	10,0			
Verfahrenstechnik					
Gaslagerkapazität	[h/Tag]	mindestens 5			
Pumpfähigkeit des Substratgemisches TS ≥ 16%: Zusatzmodul Feststoffeintrag	[% TS]	max. 16			
Faulraumbelastung	[kg oTS/m ³ · Tag]	max. 3,5			
Verweilzeit im Fermenter	[Tage]	mindestens 30			
Bruttovolumen Fermenter	[m ³]	Nettovolumen + 10% Nettovolumen: (Substratmenge pro Tag x Verweilzeit)			
Lagerkapazität Gärrest	[Tage]	180			
Gärtemperatur	[°C]	Mesophil: 38			
Mittlere Substratzulauftemperatur	[°C]	12			

6.2.3 Biologische und technische Auslegung

6.2.3.1 Biologische/verfahrenstechnische Parameter

Für einen betriebssicheren Fermentationsprozess und eine wirtschaftlich realistische Einschätzung einer Anlage ist die Definition grundlegender, den Fermentations- und Gasverwertungsprozess beeinflussender Parameter mit Darlegung der Größenordnung unabdingbar. Einen Überblick über diese Parameter der biologischen und (verfahrens-)technischen Auslegung der Modellanlagen gibt Tabelle 6-5.

6.2.3.2 Bauliche/technische Parameter

Die technische Ausstattung der Modellanlagen wird in Bauteile gegliedert und diese zu funktionalen Baugruppen zusammengefasst (vgl. Kapitel 3 und 5).

Baugruppen

Bei der technischen Auslegung und Konfiguration der Modellanlagen wurde festgelegt, dass alle Modelle der gleichen einstufigen Prozessführung unterliegen. Weiterhin sind alle verwendeten Bauteile von vergleichbarer Ausstattung, auch in der Auswahl der Materialien, sie unterscheiden sich ggf. hinsichtlich ihrer Dimensionierung. Die verwendeten Baugruppen sind in Tabelle 6-6 aufgeführt und charakterisiert. Die Darstellung der Haupt-Bauteile innerhalb einer Baugruppe soll die Funktionseinheit des Systems verdeutlichen. Eine Untergliederung in Basis- und Zusatzausstattung unterstreicht, dass bei der Verwertung von TS-reichen Materialien oder betriebsfremden Kosubstraten neben Kapazitätserweiterungen der Basisausstattung Zusatzausstattungen an der Anlage erforderlich sind, die Einfluss auf den Mechanisierungsgrad, den Investitionsbedarf und damit auf den Gesamtbetrieb der Anlage und deren Kosten haben.

Tabelle 6-6: Für die Modelle verwendete Baugruppen mit Charakterisierung

	Baugruppe	Charakterisierung und Haupt-Bauteile
BASISAUSSTATTUNG	Annahme Gülle/Kofermente	Betonbehälter, ggf. Vorratstank Rühr-, Zerkleinerungs-, und Pumptechnik, evtl. Befüllschacht, Substratleitungen, Füllstandsmessung, Leckerkennung, Volumenmeßgeräte
	Fermenter	Oberirdisch errichteter, stehender Betonbehälter Beheizung, Isolierung, Verkleidung, Rührtechnik, gasdichte Behälterabdeckung (Gaslagerung), Substrat- und Gasleitungen, biologische Entschwefelung, Mess- und Regel- sowie Sicherheitstechnik, Leckerkennung
	BHKW	Zündstrahl- oder Gas-Otto-Motor Motorblock, Generator, Wärmetauscher, Wärmeverteiler, Notkühler, Steuerung, Gasleitungen, Mess- und Regel- sowie Sicherheitstechnik, Wärmemengen-, Stromzähler, Sensorik, Kondensatabtrennung, Druckluftstation, ggf. zusätzliche Gastechnik, Ölbehälter, Schallschutz, Container
	Gärrestlager	Betonbehälter Rührtechnik, Substratleitungen, Entnahmetechnik, Behälterabdeckung, Leckerkennung (bei gasdichter Behälterabdeckung: Mess- und Regeltechnik, Sensorik, Gasleitungen)
	Gasfackel	Einfache Bauausführung, zusätzliche Gastechnik
	Notwendigkeit der Ausstattung resultiert aus Substrateigenschaften/-herkunft	
ZUSATZ-AUSSTATTUNG	Feststoffeintrag	Schnecken- oder Presskolbeneintrag Befülltrichter, Wiegeeinrichtung, Fermenterbeschickung
	Hygienisierung	Chargenhygienisierung vor Fermentationsprozess Isolierter Behälter, Beheizung, Rühr-, ggf. Zerkleinerungs- und Pumptechnik, Mess- und Regeltechnik, Sensorik



6.2.4 Annahmen für die Investitionsbedarfsberechnung

6.2.4.1 Investitionsbedarf Baugruppen

Eine Übersicht über den Investitionsbedarf für die Baugruppen-Ausstattung der Modellanlagen gibt Tabelle 6-16, Kapitel 6.3.3. Die Preise umfassen Material- und Montagekosten.

Hinsichtlich der Kostenermittlung für die Baugruppen „Gärrestlager“, „Feststoffeintrag“ und „Hygienisierung“ sind folgende Annahmen getroffen worden:

Gärrestlager

Bei Modellanlagen mit einzelbetrieblicher Organisationsform wird nur die zusätzliche Lagerkapazität durch den Kofermenteinsatz berechnet, da die Kosten der Wirtschaftsdüngerlagerung der Tierhaltung anzurechnen sind.

Bei Modellanlagen, die als Gemeinschaftsanlagen konzipiert sind und an dem Ort errichtet werden, an dem auch die Tierhaltung angesiedelt ist, ist nur die zusätzliche Investition durch Kosubstratlagerung kalkuliert. Am Biogasstandort anfallender Wirtschaftsdünger sowie Wirtschaftsdünger anderer an der Gemeinschaft beteiligter Betriebe wird nicht in die Lagerkapazitätsberechnung aufgenommen. Weiterhin wird bei der Berechnung des zusätzlichen Lagerkapazitätsbedarfes ein Abbaugrad der organischen Trockensubstanz der Kofermente in Höhe von 50 % unterstellt.

Güllelagerraum unter dem Stall ist weder als Gärrestlagerkapazität noch als Lagerraum für den Fermentationsprozess in ein Anlagenkonzept zu integrieren. Er ist allenfalls als zusätzlicher Puffer für die Vorgrube/den Anmischbehälter zu nutzen.

Feststoffeintragstechnik

Die Feststoffeintragstechnik wird benötigt, wenn trockensubstanzreiche Materialien in einer Größenordnung eingesetzt werden, bei der

- bei einer Einmischung in eine Vorgrube die Pumpfähigkeit des Substratgemisches überschritten würde (Grenze der Pumpfähigkeit: 16 % TS).
- bei einem Anmischen in einem Annahmebehälter mit extremen Schwimm- oder Sinkschichten gerechnet werden müsste.

Die Dimensionierung und damit der Investitionsbedarf für den Feststoffeintrag ist somit von der

Menge/Substratcharge trockensubstanzreichen Materials abhängig.

Hygienisierung

Der Verfahrensablauf der Modellanlagen sieht einen Hygienisierungsprozess vor der Fermentationsstufe vor, d. h. es werden nur die Substratchargen hygienisiert, die nach der EU-HygieneV 1774/2002 (s. Kapitel 7) oder nach BioAbfV (s. Kapitel 7) hygienisierungspflichtig sind.

Die Kosten der Baugruppe „Hygienisierung“ sind abhängig von ihrer Dimensionierung, d. h. von der Menge des Tagesdurchsatzes des zu hygienisierenden Materials.

Falls hygienisierungspflichtiges Material bereits hygienisiert an die Biogasanlage angeliefert wird, so ist keine Hygienisierungsvorrichtung an der Biogasanlage notwendig, die Kosten dafür brauchen demnach nicht angesetzt werden. Womöglich ist aber eine Anpassung der Rohstoffkosten/-erlöse für dieses Substrat vorzunehmen, da die Kosten, die eine externe Hygienisierung verursacht, im Normalfall auf die Entsorgungskosten oder -erlöse des Materials pro t Frischmasse umgelegt werden.

6.2.4.2 Investitionsbedarf Modellanlagen

Für die Modellanlagen wurde bei der Ermittlung des mittleren Investitionsbedarfes von weitgehend optimalen Bedingungen ausgegangen, d. h.:

- Es sind keine Ausgaben für spezielle oder außergewöhnliche Baubedingungen erforderlich.
- Wie für andere landwirtschaftliche Bauvorhaben auch, sind Kosten für Bauplatz und Erschließung nicht gesondert berücksichtigt. Bei gewerblichen Anlagen und Gemeinschaftsanlagen müssen diese Kostenpositionen möglicherweise zusätzlich in die Kalkulation einfließen.
- Bei der Auslegung der Modellanlagen wurde generell darauf geachtet, dass die installierten Leistungen der BHKW genau auf die unterstellten Substratmengen und Gaserträge abgestellt sind. Dabei wurde von einer optimalen Laufzeit des eingesetzten BHKW von 8.000 Betriebsstunden im Jahr bei 100 % Volllast ausgegangen. Die Rest-Standzeit von 760 Stunden pro Jahr beinhaltet Wartungs- und kleinere Reparaturintervalle (vgl. Kapitel 9). Längere Standzeiten des Motors als 2 bis 3 Tage am Stück sollten u.a. aus verfahrenstechnischen und ökonomischen Gründen unbedingt vermieden werden.

In der Praxis dagegen werden sehr häufig Leistungsreserven vorgehalten, die durch den Gedanken einer

möglichen Anlagenerweiterung begründet werden. Dies kann aber nur dann wirtschaftlich sinnvoll sein, wenn die Reserven in **überschaubarer** Zeit genutzt werden können, d. h. wenn mit zusätzlichen Substraten verlässlich kalkuliert werden kann. Das Vorhalten von Kapazitäten kostet viel Geld!

Eine weitere Möglichkeit, dem Erweiterungsgedanken ohne viel Umrüstungsaufwand Rechnung zu tragen, ist die Vorhaltung von Platzreserven z. B. im Technikcontainer oder Technikgebäude für einen weiteren Motor. Die Vorhaltung von Platzreserven in dieser Form ist kostenseitig sehr viel günstiger als die Vorhaltung von Leistungskapazitäten bei einem bereits genutzten Motor.

Die Kostenposition „Vorhaltung von Platzreserven und zusätzliche Anschlüsse für weiteren Motor“ ist bei der Investitionsberechnung für die Modellanlagen nicht berücksichtigt worden.

Parameter und Annahmen, die für weitergehende wirtschaftliche Analysen der Modellanlagen ausgewählt und getroffen werden müssen, sind ausführlich in Kapitel 10 vorgestellt und behandelt.

6.2.5 Betrieb der Modellanlagen

Bei der Planung von Biogasanlagen stehen Landwirte vor der Entscheidung, eine Biogasanlage einzelbetrieblich oder gemeinschaftlich mit einem oder mehreren Landwirten zu betreiben. An die unterschiedlichen Möglichkeiten der Kooperationsform von Gemeinschaftsanlagen, die an die Situation vor Ort angepasst werden muss, sind bestimmte Voraussetzungen geknüpft (siehe Kapitel 9). Weiterhin müssen z. B. rechtliche und steuerrechtliche Fragestellungen geklärt und die Konsequenzen hinsichtlich der für den Komplex „Biogaserzeugung, Anlagenerichtung und -betrieb“ geltenden Gesetze berücksichtigt werden. Genehmigungsrechtliche Aspekte von Gemeinschaftsanlagen werden ausführlich in Kapitel 7 angesprochen, eine Übersicht über mögliche Betriebsformen und sich daraus ergebende steuerrechtliche Konsequenzen gibt Kapitel 9.

Die Entscheidung für eine bestimmte Kooperationsform sollte von langer Hand geplant werden und unter Hinzuziehung einer sachkundigen Person (unabhängiger Berater) erfolgen.

Für die Modellanlagen wird nur grundsätzlich zwischen den Betreibermodellen „Einzelbetrieb“ und „Gemeinschaftsbetrieb“ unterschieden.

Die Modellanlagen 1 und 2 werden einzelbetrieblich betrieben; für Anlagen ≥ 200 kW installierte elektrische Leistung ist als Betreiberlösung ein gemein-

schaftliches Konzept unterstellt worden. Das Betriebskonzept der Gemeinschaftsbiogasanlage wird in den Modellen 3, 5 und 6 berücksichtigt. Dabei wird unter dem Begriff „landwirtschaftliche Gemeinschaftsanlage“ Folgendes verstanden:

Gemeinschaftsanlagen, bei denen sich mehrere Landwirte zusammengeschlossen haben, um die in ihren Betrieben anfallenden Wirtschaftsdünger und weitere Kosubstrate zu behandeln und den Gärrest auf den Flächen der Mitgliedsbetriebe zu verwerten, sind als **landwirtschaftliche Gemeinschaftsanlagen** anzusehen.

Modell 4 hingegen ist als Genossenschaftsanlage eine Sonderform der landwirtschaftlichen Gemeinschaftsanlage, da die landwirtschaftlichen Flächen der Agrargenossenschaft als innerbetriebliche Flächen behandelt werden. Die Zuordnung der Flächen ist damit das wesentliche Unterscheidungskriterium zu den o. a. definierten Gemeinschaftsanlagen.

Tabelle 6-7 bietet eine zusammenfassende Übersicht über die Betriebsform der Modellanlagen.

Tabelle 6-7: Betriebsform der Modellanlagen

Betriebsform	Modell-Nummer
Einzelbetrieb	1
	2
Landwirtschaftliche Gemeinschaftsanlage (gemäß Definition im Text)	3
	5
	6
Genossenschaftsanlage	4

6.2.6 Genehmigung

Die Modellanlagen sollen hinsichtlich der formulierten Charakteristika „Art und Menge Substrateinsatz“, „Anlagenleistung“, „Betreibermodell für den Betrieb der Anlage“ sowie „Gärrestverwertung“ eine repräsentative Bandbreite an genehmigungsrelevanten Gesetzen erschließen.

Modellanlagen erlauben weiterhin die beispielhafte Abbildung eines Genehmigungsprozesses. Zudem kann über Synergie- oder Hemmeffekte verschiedener gültiger Rechtsprechungen aufgeklärt werden. Die einfache Strukturierung der Modellanlagen hinsichtlich Substrateinsatz, -menge und

Mischungsverhältnis sowie Anlagengröße schließt Sonderfälle der Genehmigung aus.

Eine ausführliche genehmigungsrechtliche Einordnung der Modellanlagen wird in Kapitel 7 vorgenommen.

Hinweis:

Es ist dringend zu empfehlen, frühzeitig mit der genehmigenden Behörde Kontakt aufzunehmen und abzuklären, welche Forderungen von Seiten der zuständigen Behörde an den Landwirt oder die Gemeinschaft gestellt werden. Wie bei der sorgfältigen Beratung und Planung einer Biogasanlage sind auch mit der Genehmigung auf jeden Fall sachkundige Personen zu betrauen; das können Mitarbeiter eines erfahrenen Planungsbüro oder eines erfahrenen Anlagenherstellers sein.

6.3 Beschreibung und Darstellung der Modellanlagen

Nachdem Eckdaten und Kennwerte von Biogasanlagen für den Modellbildungsprozess dargestellt und definiert wurden, ist eine zusammenfassende und übersichtliche Einordnung der Modellanlagen nach praxisrelevanten Größen hilfreich (Tabelle 6-8)

Weiterhin ist zu betonen, dass die Modellanlagen keine Abbildung konkreter Praxisanlagen sind. Sie sind mit dem Ziel konzipiert worden, biologische, verfahrenstechnische, genehmigungsrechtliche und wirtschaftliche Gegebenheiten umfassend und praxisnah erklären und darstellen zu können, um den interessierten Leser für immer wiederkehrende Kernfragestellungen zu sensibilisieren und Lösungsvorschläge aufzuzeigen.

Kapitel 6.3.1 gibt eine Übersicht über die sechs konzipierten Modellanlagen mit Input- und Outputbilanzen, Kapitel 6.3.2 gibt eine detaillierte Verfahrensbeschreibung und eine Übersicht über verwendete Baugruppen sowie ihre Dimensionierung und Auslegung für jede Modellbiogasanlage.

In Kapitel 6.3.3 wird der Investitionsbedarf für die einzelnen, in Kapitel 6.3.2 näher beschriebenen und die Modellanlagen betreffenden Baugruppen dargestellt.

Tabelle 6-8: Charakteristika der Modellanlagen

Anlage	Charakterisierung
Modell 1	Einzelbetrieblich organisierte Anlage mit Rinderhaltung 120 GV , ausschließlich Einsatz von betriebseigenen NaWaRos (Mais-, Grassilage)
Modell 2	Einzelbetrieblich organisierte Anlage mit Mastschweinehaltung 160 GV , Einsatz von betriebseigenen (Maissilage, Roggen (Korn) 40%) und zugekauften NaWaRos (Roggen, Korn)
Modell 3	Gemeinschaftsanlage mit Rinderhaltung 250 GV und Mastschweinehaltung 160 GV sowie Einsatz von betriebseigenen NaWaRos (Mais-, Grassilage, Roggen (Korn) 40%) und zugekauften NaWaRos (Roggen, Korn)
Modell 4	Genossenschaftsanlage mit Rinderhaltung 2000 GV
Modell 5	Gemeinschaftsanlage mit Rinderhaltung 520 GV und Mastschweinehaltung 320 GV sowie Einsatz von betriebseigenen NaWaRos (Mais-, Grassilage, Roggen (Korn) 40%) und zugekauften NaWaRos (Roggen, Korn)
Modell 6	Gemeinschaftsanlage mit 520 GV Rinderhaltung und 320 GV Mastschweinehaltung , Einsatz von betriebseigenen NaWaRos (Mais-, Grassilage, Roggen (Korn) 40%) und zugekauften NaWaRos (Roggen, Korn), Einsatz von Abfällen (Speisereste, Fettabscheider)

6.3.1 Input-Output-Übersicht der Modellanlagen

Tabelle 6-9 gibt eine Übersicht über die sechs konzipierten Modellanlagen mit den dazugehörigen Inputmaterialien und -chargen, den biologischen und verfahrenstechnischen Kennwerten und Daten zum Biogasertrag und zur Biogasverwertung.

6.3.2 Verfahrensbeschreibung der Modellanlagen

Eine Verfahrensbeschreibung gibt eine Übersicht über verwendete Bauteile bzw. Baugruppen und ihre baulich-technische Ausführung, um die Verfahrensschritte des Biogas- und Substratprozesses transparenter zu gestalten.

In den Kapiteln 6.3.2.1 bis 6.3.2.5 werden die funktionalen Baugruppen bzw. Verfahrensabschnitte der Biogaserzeugung und -verwertung und des Substratflusses allgemein beschrieben.

In Kapitel 6.3.2.6 werden die Spezifika der Baugruppen der Modellanlagen dargestellt. Dabei wird eine Dimensionierung für das Haupt-Bauteil der Basis- sowie Zusatzausstattung vorgenommen. Die sonstigen Bauteile, wie z. B. „Rührwerke“ oder „Pumpen“ sind so ausgelegt worden, dass ein reibungsloser

Tabelle 6-9: Modellanlagen – Inputsubstrate, biologische- und verfahrenstechnische Kennwerte sowie Biogaserträge und Daten zur Verwertung

Kennwerte	Einheit	Modell I	Modell II	Modell III	Modell IV	Modell V	Modell VI
Substrate							
Rindergülle	t FM/Jahr	2.160		4.536	36.000	9.360	9.360
Schweinegülle	t FM/Jahr		1.728	1.728		3.456	3.456
Futterreste	t FM/Jahr	22		46	365	95	95
Einstreu	t FM/Jahr	0					
Maissilage	t FM/Jahr	600	600	1.000		2.500	1.700
Grassilage	t FM/Jahr	400		200		1.500	
Roggen 40% Eigen; 60% Zukauf	t FM/Jahr		250	365		500	1500
Fettabscheiderfett	t FM/Jahr						1000
Speisereste	t FM/Jahr						3000
Summe	t FM/Jahr t FM/Tag	3.182 8,7	2.578 7,1	7.875 21,6	36.365 99,6	17.411 47,7	20.111 55,1
Input							
ø TS-Gehalt Inputmaterial	%	16,8	20,1	15,7	9,1	16,4	17,5
theoretischer ø Abbaugrad oTS	%	63,2	79,0	67,0	37,8	66,6	75,5
Verweilzeit	Tage	43	60	43	30	45	48
Gärbehältervolumen (netto)	m ³	375	424	928	2.999	2.147	2.645
Gärbehältervolumen (brutto)	m ³	420	480	1.100	3.300	2.400	3.000
Raubelastung	kg oTS /m ³ und Tag	3,2	2,9	3,0	2,3	3,0	3,1
Gärtemperatur	°C	38	38	38	38	38	38
Substratzulauftemperatur	°C	12	12	12	12	12	12
zusätzl. Gärrestlagerkapazität (ohne Gülle)	m ³	410	270	530	0	1.700	2.770
Output							
erwarteter Gasertrag	mN ³ /Jahr	233.490	295.681	578.634	823.160	1.319.724	1.919.534
erwarteter Methangehalt	%	53,4	53,0	53,2	54,8	53,4	55,0
Ausfall der Gasproduktion	Tage/Jahr	5	5	5	5	5	5
Methanerzeugung	mN ³ /Jahr	122.869	154.649	303.585	445.311	695.010	1.040.840
Methanerzeugung	mN ³ /Tag	337	424	832	1220	1904	2852
Heizwert	kWh/mN ³	10	10	10	10	10	10
Bruttoenergie im Biogas	kWh/Jahr	1.228.689	1.546.488	3.035.848	4.453.107	6.950.103	10.408.399
BHKW							
Bauart		Zündstrahl-Motor				Gas-Otto-Motor	
Wirkungsgrad _{el} lt. Hersteller	%	33	35	36	37	39	40
Wirkungsgrad _{therm} lt. Hersteller	%	50	49	48	47	50	53
Stromkennzahl lt. Hersteller		0,66	0,72	0,76	0,80	0,77	0,75
Motorlaufzeit	Std./Jahr	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
realer Wirkungsgrad _{el}	%	30	32	33	34	35	36
realer Wirkungsgrad _{therm}	%	40	39	38	38	40	42
Zündölanteil	%	10	10	10	10	entfällt	
Zündölverbrauch	l/Jahr	13.652	17.183	33.732	49.479		
Heizwert Zündöl	kWh/l	10	10	10	10		
Bruttoenergie im Zündöl	kWh/Jahr	136.521	171.832	337.316	494.790		
zugeführte Bruttoenergie insgesamt	kWh/Jahr	1.365.210	1.718.320	3.373.164	4.947.896	6.950.103	10.408.399
berechnete Leistung	kW	51	69	139	210	304	468
installierte Leistung	kW	55	75	150	220	330	500
Energieerzeugung							
Bruttoenergie _{gesamt}	kWh/Jahr	1.365.210	1.718.320	3.373.164	4.947.896	6.950.103	10.408.399
davon Stromerzeugung	kWh _{el} /Jahr	409.563	549.862	1.113.144	1.682.285	2.432.536	3.747.024
	kWh _{el} /Tag	1.122	1.506	3.050	4.609	6.664	10.266
davon Wärmerzeugung	kWh _{therm} /Jahr	546.084	673.581	1.295.295	1.880.201	2.780.041	4.413.161



Verfahrensablauf gewährleistet ist. Auf die Dimensionierung dieser Bauteile wird hier jedoch nicht näher eingegangen. In der in Kapitel 6.3.3 einzusehenden Investitionsberechnung für die Modellanlagen wird die unterschiedliche Auslegung der Bauteil-Kapazitäten jedoch berücksichtigt.

6.3.2.1 Verfahrensschritt Substratannahme und -vorbereitung

Annahmebehälter

Der Annahmebehälter ist meist als Betonbehälter ausgeführt und mit einer Leckerkennung ausgestattet.

Er dient der Anmischung der Einzelsubstrate und der Zwischenspeicherung des Substratgemisches. Das Füllvolumen sollte so bemessen sein, dass eine Vorhaltekapazität für einen Zeitraum von etwa 1 bis 3 Tagen erreicht wird. Der Annahmebehälter muß abgedeckt sein (z. B. über eine Betonplatte).

Ein Füllschacht für das Befüllen mit z. B. Silagen oder anderen Kofermenten, die keiner besonderen Vorbehandlung bedürfen, sollte bei kleineren Kosubstratchargen vorgesehen werden. Der Füllschacht kann über eine Klappe abgedeckt werden.

Mit Hilfe eines oder mehrerer zeitgesteuerter Tauchmotorrührwerke werden die Substrate homogenisiert.

Innerhalb des Annahmebehälters wird ein TS-Gehalt der Substratmischung von etwa 16 % eingestellt. Zur Einstellung des TS-Gehaltes kann u. U. vergorenes Substrat aus dem Gärrestlager mit Hilfe einer Pumpe dem Annahmebehälter zugeführt werden.

Die Substratmischung aus dem Annahmebehälter wird mit einer Pumpe zeitgesteuert dem Fermenter zugeführt.

Der Pumpe ist ein Zerkleinerer/Schneidwerk vorgeschaltet, um grobe Stoffe oder langhalmige Komponenten der Substrate zu zerkleinern und für den biologischen Abbau aufzuschließen.

In der Praxis können häufig Güllegruben am Stall genutzt werden, um Gülle für den Fermentationsprozess vorzuhalten. Dazu muss diese Grube jedoch bestimmte Anforderungen erfüllen:

- Abdeckung verfügbar oder aber problemlos nachrüstbar
- Mindestfüllvolumina :
 - 1 bis 2-tägige Vorhaltekapazität für die Substratmasse Gülle, falls zusätzlich ein Annahmebehälter errichtet wird
 - 3 bis 4-tägige Vorhaltekapazität für die Substratmasse Gülle, falls **kein** Annahmebehälter zusätzlich errichtet wird

- Rührmöglichkeit vorhanden oder problemlos nachrüstbar.

Die Möglichkeit der Einbindung und Nutzung der Güllegrube in den Verfahrensablauf sollte vom Anlagenplaner geprüft werden.

Feststoffeinbringung

Die unterschiedlichen Verfahren und Ausführungen der Feststoffeinbringung sind ausführlich in Kapitel 5 beschrieben.

Der Befülltrichter der Einbringung sollte mindestens 1 bis 2 Tages-Substratcharge(n) fassen können.

Vorlagebehälter für Kofermente

Für viele hygienisierungspflichtige Stoffe ist eine gesonderte Annahme und Vorlage von Vorteil.

Das Material wird meist in regelmäßigen Abständen an den landwirtschaftlichen Betrieb angeliefert.

Je nach Materialeigenschaften sollte der Vorlagebehälter als Betongrube oder auch als Stahltank ausgeführt sein.

Werden z. B. Fette angeliefert, so sollten diese in einem wärmeisolierten Vorlagebehälter gelagert werden, damit die Konsistenz des angelieferten, warmen Fettes ein Weiterpumpen erleichtert und die Ablagerungen im Rohrleitungssystem minimiert werden. Weiterhin wird ein Festfahren verhindert.

Die Dimensionierung des Vorlagebehälters richtet sich nach dem Anlieferungsintervall.

Die Komponentenausstattung des Beton-Vorlagebehälters ist baugleich mit der des Annahmebehälters.

Falls das Material des Vorlagebehälters hygienisierungspflichtig ist, ist eine gesonderte Pumpe für die zeitgesteuerte und chargenweise Zufuhr des Materials in eine Hygienisierungseinrichtung notwendig.

Hygienisierung

Diese besteht aus einem oder mehreren wärmeisolierten Verweilbehältern, die an den Heizverteiler des BHKW angeschlossen sind, so dass das Material mindestens 60 min bei Temperaturen über 70 °C gehalten werden kann. Die Dimensionierung des/der Verweilbehälter richtet sich nach dem Fermenterbeschickungsintervall.

Sowohl der Füllstand und die Temperatur in jedem Verweilbehälter als auch die Temperaturen des zu- und abgeführten Substrates werden angezeigt und registriert. Dadurch ist eine lückenlose Dokumentation über den Hygienisierungsverlauf gegeben.

Das hygienisierte Material wird nach einer Haltezeit von 1 h über eine gesonderte Pumpe in den Fermenter gepumpt.

Vorbereitungstechnik

Vorbereitungstechniken müssen bei Materialien eingesetzt werden, deren physikalischer Zustand wenig Ansiedlungs- und Zersetzungsflächen bietet.

Bei Verwendung des Substrates „Roggen (Korn)“ bietet sich z. B. der Einsatz einer Quetsche an.

Die angeschlagenen Roggenkörner können dann per Radlader oder Elevator einem Annahmebehälter oder einer Feststoffeinbringung zugeführt werden.

Letztere Einbringtechnik bietet den Vorteil, dass die angeschlagenen Körner ohne Zwischenlagerung im Annahmebehälter, in dem sie durch Quellprozesse zu einer Schwimmdeckenbildung beitragen, problemlos dem Fermenter zugeführt werden können.

6.3.2.2 Verfahrensschritt Fermentation

Die Fermentation findet im mesophilen Temperaturbereich zwischen 35 °C und 40 °C statt.

Der Fermenter ist als ein volldurchmischter Durchlaufreaktor aus Beton mit Dämmung und Trapezblechverkleidung ausgeführt. Er ist mit einer Heizung versehen, die die Wärmeverluste kompensiert und die Wärmeenergie für die Aufheizung der zugeführten Substrate bereitstellt.

Der Fermenter ist mit einer Leckerkennung ausgestattet.

Die mittlere hydraulische Verweilzeit des Substratgemisches sollte mindestens 30 Tage betragen und so ausgelegt sein, dass eine Raumbelastung von 3,5 kg oTS/m³·d eingehalten wird.

Die Substratzufuhr von dem Annahmebehälter/der Hygienisierung zum Fermenter erfolgt über eine Substratleitung, die oberhalb des Flüssigkeitsniveaus im Fermenter endet.

Die Zufuhr erfolgt zeitgesteuert.

Entsprechend dem zugeführten Substratvolumen wird ein korrespondierendes Volumen an Gärresten über eine in die Gärflüssigkeit eingetauchte Überlaufleitung in das Gärrestlager geleitet.

In dem Fermenter sind Tauchmotorrührwerke installiert, die den Fermenterinhalt in regelmäßigen Zeitabständen durchmischen und somit der Sink- und Schwimmdeckenbildung vorbeugen.

Mindestens ein Sichtfenster im Fermenter ist für Kontrollarbeiten unabdingbar, weiterhin dient diese Öffnung als Revisionsöffnung.

6.3.2.3 Verfahrensschritt Biogasspeicherung und -aufbereitung

Über dem Flüssigkeitsniveau des Fermenters ist ein Gasraum, der mit einer gasdichten Membran abgeschlossen ist. Diese Membran dient als Gasspeicher, sie ist dehnbar, bei gefülltem Speicher ist sie halbkugelförmig ausgebildet.

Eine über eine Mittelstütze getragene Holzkonstruktion verhindert das Absinken der Membran auf den Flüssigkeitsspiegel im Fermenter.

Die Membran („Gasblase“) wird von außen durch eine fest installierte wetterfeste Folie vor Witterungs- und Windeinflüssen geschützt.

In dem durch die Vergärung entstehenden Biogas können erhebliche Mengen an Schwefelwasserstoff (H₂S) enthalten sein.

Aus diesem Grund ist für den Fermenter eine biologische Entschwefelung im Gasraum vorgesehen. Hierfür wird mit Hilfe einer Membranluftpumpe eine geringe Menge Luft geregelt in den Gasraum eingeblasen.

An dem Fermenter ist eine Über- und Unterdruck-sicherung am Gasraum angeschlossen.

Das in dem Fermenter anfallende und gespeicherte Biogas ist warm und feucht.

Für die Gasverwertung ist das Gas zu kühlen und der kondensierende Wasserdampf abzuleiten.

Hierfür ist eine entsprechend dimensionierte Erdleitung mit stetigem Gefälle zu einem Kondensatschacht vorgesehen.

In der Erdleitung anfallendes Kondensat wird innerhalb des Kondensatschachtes in einer Wasservorlage abgeschieden. Die Wasservorlage verhindert das unkontrollierte Entweichen von Gas. Im Kondensatschacht ist eine Kondensatpumpe installiert, die niveaugesteuert das Kondensat dem Endlager zuführt.

6.3.2.4 Verfahrensschritt Gasverwertung

Für die Gasnutzung ist ein Zündstrahl-BHKW oder Gas-Otto BHKW mit Generator vorgesehen.

Vor dem Aggregat ist eine Flammendurchschlagsicherung vorgesehen.

Um das Gas in dem Gas-Otto-BHKW nutzen zu können, muss der Gasdruck mit Hilfe eines Verdichters erhöht werden. Die Leistung des Verdichters wird geregelt.

Vor jedem Apparat ist eine Flammendurchschlagsicherung vorgesehen, vor dem Verdichter ist diese als



Kiestopf ausgeführt. Das in dem Kiestopf anfallende Kondensat wird dem Kondensatschacht zugeführt.

In dem BHKW wird das Biogas verbrannt und mit Hilfe des Generators in Strom umgewandelt. Die hierbei anfallende Wärme wird im Prozess zur Beheizung des Fermenters und ggf. der Hygienisierung genutzt.

Darüber hinaus verfügbare Wärme aus dem BHKW kann zu anderen Heizzwecken genutzt werden (Wohnhaus-, Gebäude-, Stallbeheizung, Trocknung, externe Wärmeabnehmer).

Überschüssige Wärme wird über einen Notkühler abgeführt.

Gemäß den Sicherheitsrichtlinien für landwirtschaftliche Biogasanlagen ist die bei Ausfall der Gasnutzung abzublasende Gasmenge auf maximal 20 m³/h zu begrenzen. Dementsprechend muss für alle Modellanlagen eine Gasfackel bzw. ein Gasbrenner vorgesehen werden. Im praktischen Betrieb ist auch der Einsatz einer mobilen Gasfackel möglich.

Die Gasfackel wird automatisch druckgesteuert in Betrieb gesetzt.

Auch vor der Gasfackel ist eine Flammendurchschlagsicherung installiert.

6.3.2.5 Verfahrensschritt Gärrestlagerung

Für die Speicherung der anfallenden Gärreste ist ggf. das bereits aus der Tierhaltung vorhandene Güllelager vorgesehen. Der Gärrestanteil aus der zusätzlichen Vergärung von Kosubstraten muss hingegen adäquat gelagert werden.

Als zusätzlicher Gärrestlagerbehälter wird ein Betonrundbehälter vorgesehen.

Die Auslegung des Gärrestlagers bezieht sich auf einen 180-tägigen Lagerzeitraum. Bei Modellanlagen, die als Gemeinschaftsanlagen konzipiert sind und an dem Ort errichtet werden, an dem auch die Tierhaltung angesiedelt ist, ist nur die zusätzliche Investition durch Kosubstratlagerung kalkuliert. Am Biogasstandort anfallender Wirtschaftsdünger sowie Wirtschaftsdünger anderer an der Gemeinschaft beteiligter Betriebe wird nicht in die Lagerkapazitätsberechnung aufgenommen, d.h. nach Anlieferung und Abgabe von Frischgülle eines an der Gemeinschaft beteiligten Betriebes an den Biogasstandort wird dem Gärrestlager Gärrest zur Lagerung bei dem anliefernden Betrieb entnommen. So werden Lagerkapazitäten voll ausgenutzt und Leerfahrten vermieden.

Weiterhin wird bei der Berechnung des zusätzlichen Lagerkapazitätsbedarfes ein Abbaugrad der organischen Trockensubstanz der Kofermente in Höhe von 50 % unterstellt.

Der Behälter wird mit einer Abdeckung versehen. Diese ist nicht gasdicht ausgeführt und dient demnach auch nicht als Biogasspeicher für aus dem Gärrestlager entweichendes Biogas, jedoch wird das Emissionspotenzial aus dem Gärrestlager erheblich vermindert (vgl. Kapitel 8).

Innerhalb des Gärrestlagers sind ein bzw. zwei Tauchmotorrührwerke installiert.

Das Lager ist ggf. über eine Leitung mit dem vorhandenen Güllebehälter verbunden. Im Gärrestlager ist höhenverstellbar eine Entnahmemöglichkeit installiert, um Gärrest, u.a. auch für die Verdünnung der Substratmischung im Annahmebehälter, entnehmen zu können.

6.3.2.6 Verfahrens-Kenndaten der Modellanlagen

Modellanlage 1

Einzelbetriebliche Anlage mit Rinderhaltung 120 GV, NaWaRo-Einsatz

Die Modellanlage 1 wird ausschließlich mit Substraten vom eigenen Hof betrieben. Es werden Rindergülle, Futterreste aus der Rinderfütterung und ein Gemisch aus Gras- und Maissilage eingesetzt. Ein geringer Teil des vergorenen Materials wird zurückgeführt, um die Gülle-Silagemischung auf einen pumpfähigen TS-Gehalt von 16 % zu verdünnen. Das zurückgeführte Material wird als nicht zum Biogasertrag beitragende Lösung angesehen, es wird also bei der Berechnung der Biogasausbeute aus den verwendeten Substraten nicht berücksichtigt.

Anhand des folgenden Verfahrensfließbildes (Abb. 6-2) kann der Substrat- und Biogasfluss nachvollzogen werden, Tabelle 6-10 gibt dann eine Übersicht über in Modellanlage 2 verwendete Baugruppen sowie ihre Dimensionierung.

Modellanlage 2

Einzelbetriebliche Anlage mit Mastschweinehaltung 160 GV, NaWaRo-Einsatz

Die Modellanlage 2 wird einzelbetrieblich organisiert. Neben hofeigenen Substraten wie Schweinegülle und Maissilage wird der Nachwachsende Rohstoff Roggen (Korn) zu 40 % selbst erzeugt und zu 60 % zugekauft und eingesetzt.

Anhand des folgenden Verfahrensfließbildes (Abb. 6-3) kann der Substrat- und Biogasfluss nachvollzogen werden, die Tabelle 6-11 gibt dann eine Übersicht über in Modellanlage 2 verwendete Baugruppen sowie ihre Dimensionierung.

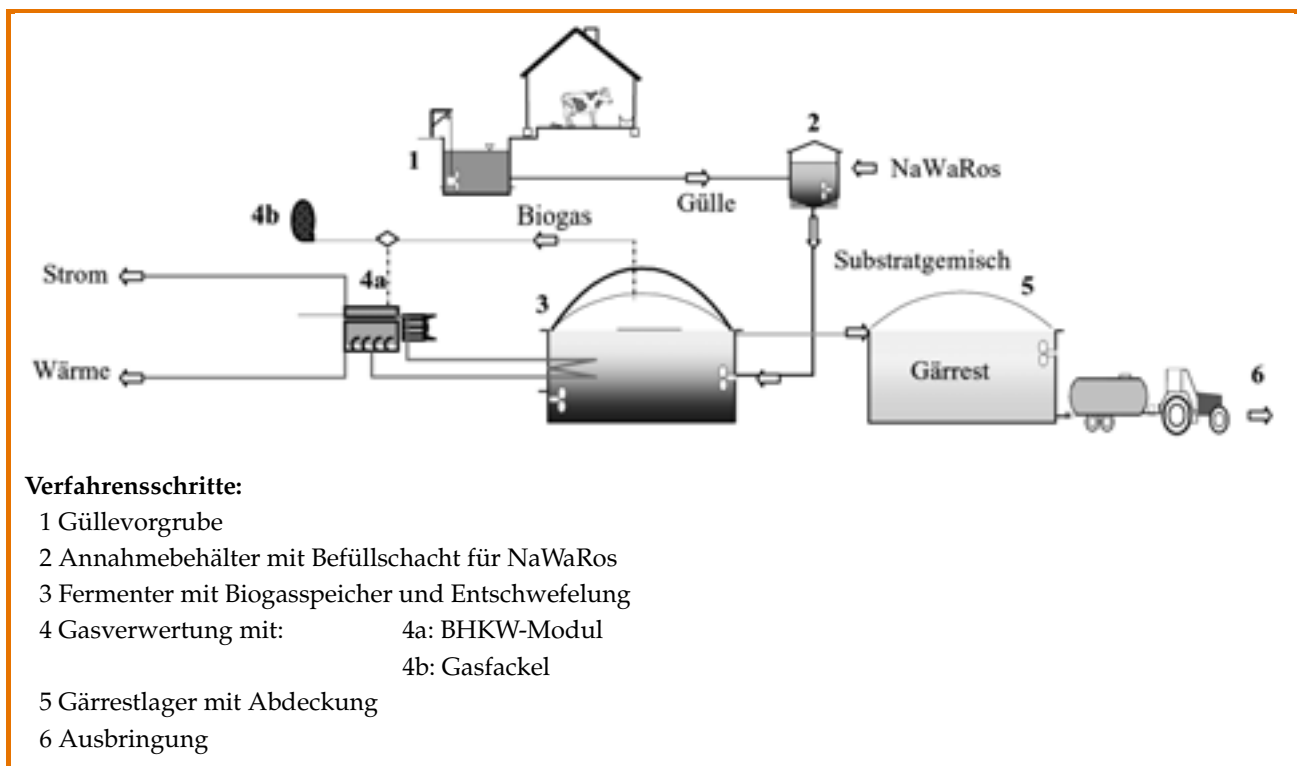


Abb. 6-2: Verfahrensfliessbild der Modellanlage 1

Tabelle 6-10: Übersicht über Baugruppen der Modellanlage 1

Verfahrensschritt/ Baugruppe	Dimensionierung (brutto)	Besonderheiten / Funktion
Substratannahme und -vorbereitung		
Güllegrube am Stall	1 bis 2-tägige Vorhaltekapazität	wird verwendet als Güllevorlage
Annahmebehälter	35 m ³	Anmischung von Gülle aus Güllegrube und per Radlager über Füllschacht zugeführtem Gras-Maissilagegemisch
Feststoffeinbringung	---	---
Vorlagebehälter für Kosubstrate	---	---
Hygienisierung	---	---
Vorbereitungstechnik	---	---
Fermentation/Gasaufbereitung		
Fermenter	420 m ³	gasdichte Doppelmembran-Abdeckung zur Gasspeicherung interne biologische Entschwefelung 45 d Verweilzeit des Gärsubstrates Raumbelastung: 3,3 kg oTS/m ³ ·d
Gasverwertung		
BHKW	55 kW _{el}	Zündstrahl-BHKW Installierte Leistung Laufzeit: 8.000 h/a unter Volllast
Gasfackel	30 m ³ Biogas/h	
Gärrestlagerung		
zusätzlicher Lagerbehälter aus Kosubstratvergärung	420 m ³	Abdeckung zur Emissionsminderung Rückführung von Gärrest-Anteil zu Annahmebehälter



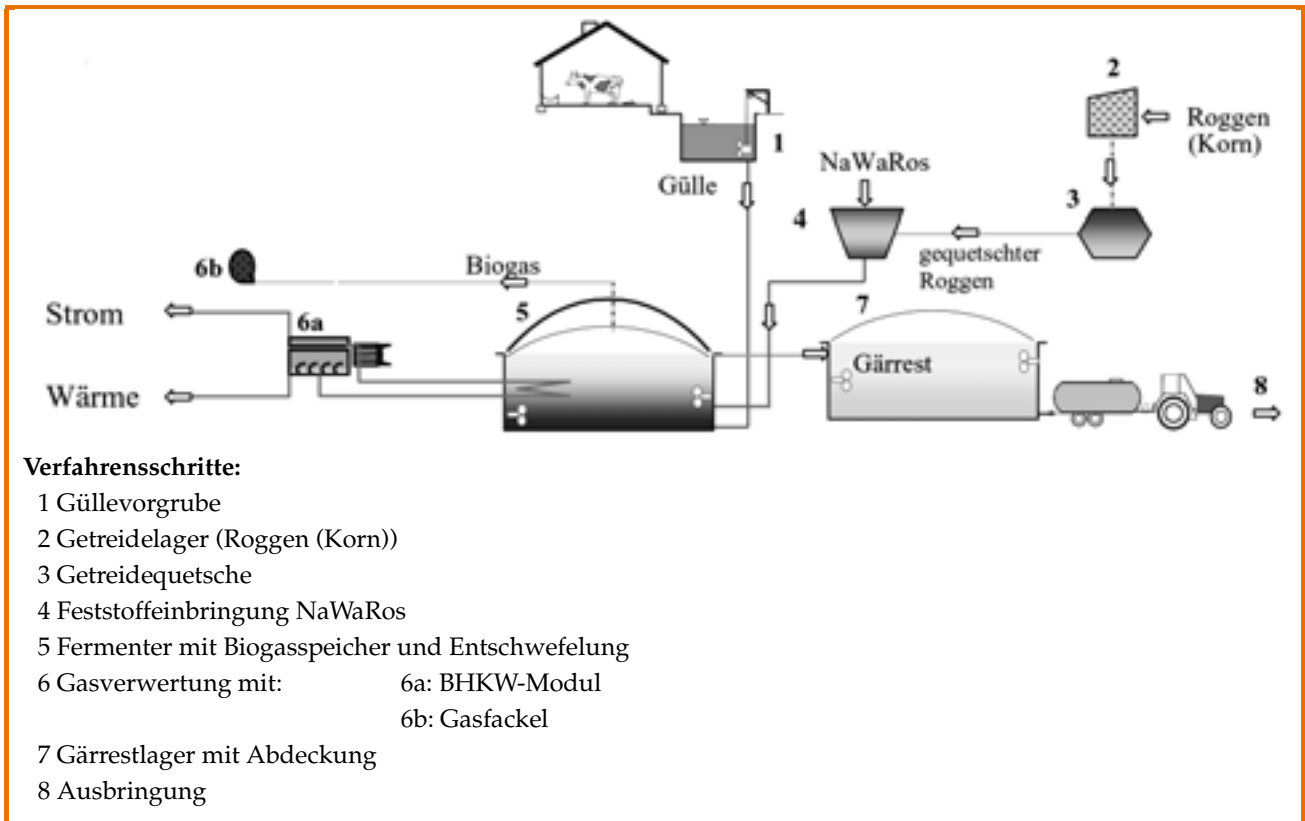


Abb. 6-3: Verfahrensfliessbild der Modellanlage 2

Tabelle 6-11: Übersicht über Verfahrensschritte der Modellanlage 2

Verfahrensschritt/ Baugruppe	Dimensionierung (brutto)	Besonderheiten / Funktion
Substratannahme und -vorbereitung		
Güllegrube am Stall	3 bis 4-tägige Vorhaltekapazität	auf Annahmebehälter kann verzichtet werden, falls Güllegrube Füllvolumen von 15 m ³ aufweist und mit Rührwerkstechnik ausgestattet bzw. nachrüstbar ist
Annahmebehälter		
Feststoffeinbringung Befülltrichter	Befülltrichter: 8 m ³	Maissilagecharge
Vorlagebehälter für Kosubstrate	---	
Hygienisierung	---	
Vorbereitungstechnik	Getreidequetsche	---
Fermentation / Gasaufbereitung		
Fermenter	480 m ³	gasdichte Doppelmembran-Abdeckung zur Gasspeicherung interne biologische Entschwefelung 60 d Verweilzeit des Gärsubstrates, Raumbelastung: 2,9 kg oTS/m ³ ·d
Gasverwertung		
BHKW	75 kW _{el}	Zündstrahl-BHKW Installierte Leistung Laufzeit: 8.000 h/a unter Vollast
Gasfackel	38 m ³ Biogas/h	
Gärrestlagerung		
zusätzlicher Lagerbehälter aus Kosubstratvergärung	280 m ³	Abdeckung zur Emissionsminderung

Modellanlage 3**Gemeinschaftsanlage mit Rinderhaltung 250 GV und Mastschweinehaltung 160 GV und NaWaRo-Einsatz**

Die Modellanlage 3 wird als Gemeinschaftsanlage betrieben. Es wird unterstellt, dass die Anlage an dem Betrieb errichtet wird, an dem die Wärme genutzt werden kann. Näheres zu der Problematik Außenbereichprivilegierung/Genehmigung bei Gemeinschaftsanlagen kann in Kapitel 7 nachgelesen werden. Die Anlage wird bei dem mastschweinehaltenden Betrieb errichtet. Die eingesetzten Substrate sind ausschließlich Gülle und ein Gras-Maissilagegemisch, Roggenkörner sowie Futterreste aus der Rinderfütterung.

Anhand des folgenden Verfahrensfließbildes (Abb. 6-4) kann der Substrat- und Biogasfluss nachvollzogen werden, die Tabelle 6-12 gibt dann eine Übersicht über in Modellanlage 3 verwendete Baugruppen sowie ihre Dimensionierung.

Modellanlage 4**Genossenschaftsanlage mit Rinderhaltung 2000 GV**

Modellbiogasanlage 4 setzt ausschließlich Rindergülle aus der eigenen Tierhaltung ein sowie Futterreste aus der Rinderfütterung.

Anhand des folgenden Verfahrensfließbildes (Abb. 6-5) kann der Substrat- und Biogasfluss nachvollzogen werden, die Tabelle 6-13 gibt dann eine Übersicht über in Modellanlage 4 verwendete Baugruppen sowie ihre Dimensionierung.

Modellanlage 5**Gemeinschaftsanlage mit Rinderhaltung 520 GV und Mastschweinehaltung 320 GV, NaWaRo-Einsatz**

Die Modellanlage 5 ist als Gemeinschaftsanlage von mehr als zwei landwirtschaftlichen Betrieben organisiert. Es wird unterstellt, dass die Anlage an dem Betrieb errichtet wird, an dem mengenmäßig die meiste Biomasse erzeugt wird. Näheres zu der Problematik Außenbereichprivilegierung/Genehmigung bei Gemeinschaftsanlagen kann in Kapitel 7 nachgelesen werden. Die Anlage wird bei einem Rinderhaltenden Betrieb errichtet. Die eingesetzten Substrate sind ausschließlich Gülle, ein Gras-Maissilagegemisch, Futterreste aus der Rinderfütterung und Roggen (Körner), die zu 40 % eigenerzeugt und zu 60 % zugekauft werden.

Anhand des folgenden Verfahrensfließbildes (Abb. 6-6) kann der Substrat- und Biogasfluss nachvollzogen werden, die Tabelle 6-14 gibt dann eine Übersicht über in Modellanlage 5 verwendete Baugruppen sowie ihre Dimensionierung.

Modellanlage 6**Gemeinschaftsanlage mit 520 GV Rinderhaltung und 320 GV Mastschweinehaltung, Einsatz von NaWaRos und Abfällen**

Die Modellanlage 6 ist als Gemeinschaftsanlage von mehr als zwei landwirtschaftlichen Betrieben organisiert.

Die Anlage wird so konzipiert, dass sie auch auf einer Sonderfläche errichtet werden kann.

Neben den landwirtschaftlichen Substraten Gülle, Gras-Maissilagegemisch, Futterreste aus der Rinderfütterung und Roggen (Körner) aus Eigenerzeugung (40 %) und als Zukaufgetreide werden auch betriebsfremde Stoffe mit einem Anteil von 20 % des Gesamt-Inputstromes eingesetzt. Diese Substrate sind Fettabscheider, Küchen- und Speisereste aus dem Gastronomiebereich.

Anhand des folgenden Verfahrensfließbildes (Abb. 6-7) kann der Substrat- und Biogasfluss nachvollzogen werden, die Tabelle 6-15 gibt dann eine Übersicht über in Modellanlage 6 verwendete Baugruppen sowie ihre Dimensionierung.



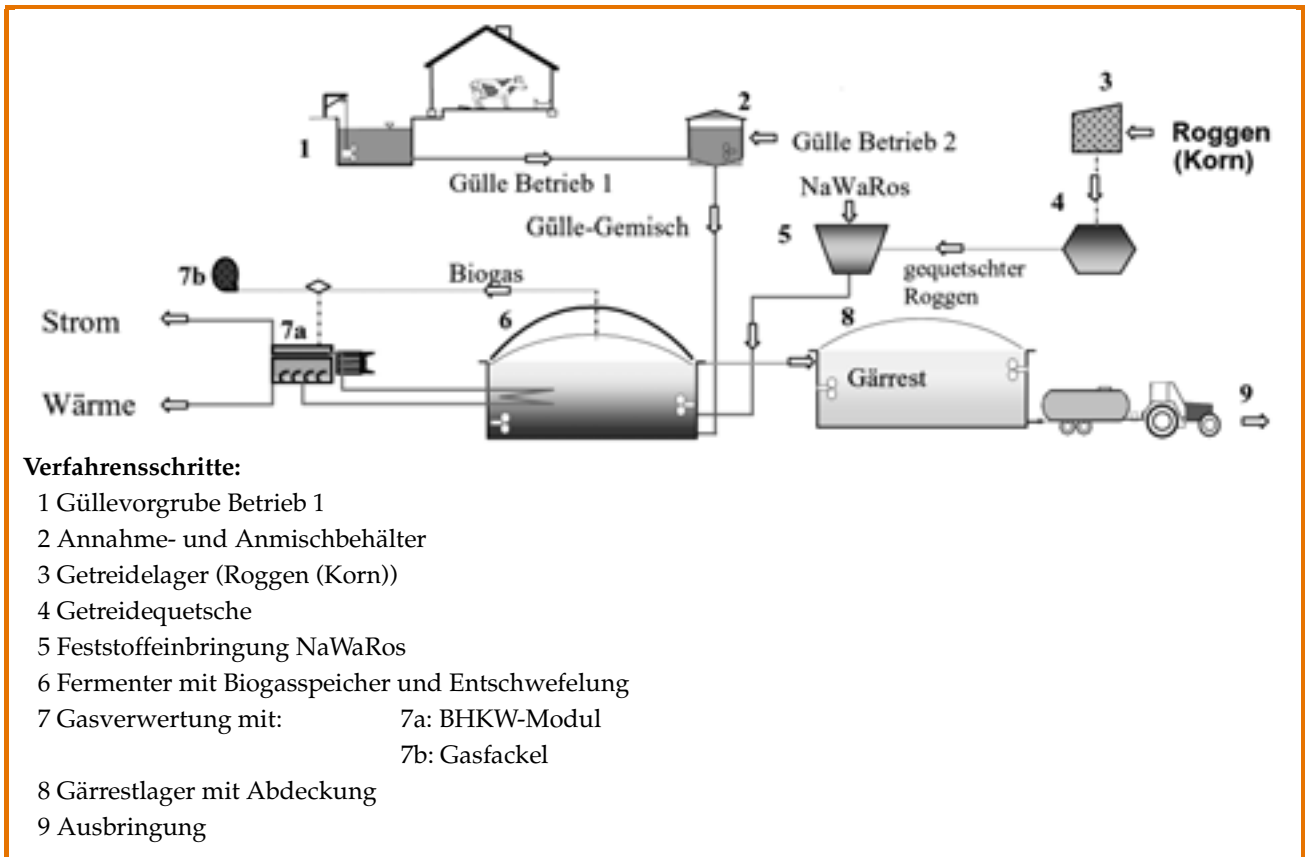


Abb. 6-4: Verfahrensfliessbild der Modellanlage 3

Tabelle 6-12: Übersicht über Verfahrensschritte der Modellanlage 3

Verfahrensschritt/ Baugruppe	Dimensionierung (brutto)	Besonderheiten / Funktion
Substratannahme und -vorbereitung		
Güllegrube am Stall	1 bis 2-tägige Vorhaltekapazität	wird verwendet als Güllevorlage
Annahmebehälter	80 m ³	Anmischung von Gülle aus Güllegrube Biogasstandort und von Gülle aus Gemeinschaftsbetrieb
Feststoffeinbringung/Befülltrichter	Befülltrichter: 13 m ³	Grassilage-, Maissilagegemisch
Vorlagebehälter für Kosubstrate	---	---
Hygienisierung	---	---
Vorbereitungstechnik	Getreidequetsche	---
Fermentation/Gasaufbereitung		
Fermenter	1.100 m ³	gasdichte Doppelmembran-Abdeckung zur Gasspeicherung interne biologische Entschwefelung 43 d Verweilzeit des Gärsubstrates, Raumbelastung: 3,3 kg oTS/m ³ · d
Gasverwertung		
BHKW	150 kW _{el}	Zündstrahl-BHKW Laufzeit: 8.000 h/a unter Volllast
Gasfackel	80 m ³ Biogas/h	
Gärrestlagerung		
zusätzlicher Lagerbehälter aus Kosubstratvergärung	560 m ³	Abdeckung zur Emissionsminderung Rücknahme von Gärrest-Anteil zur Lagerung in Gemeinschaftsbetrieb

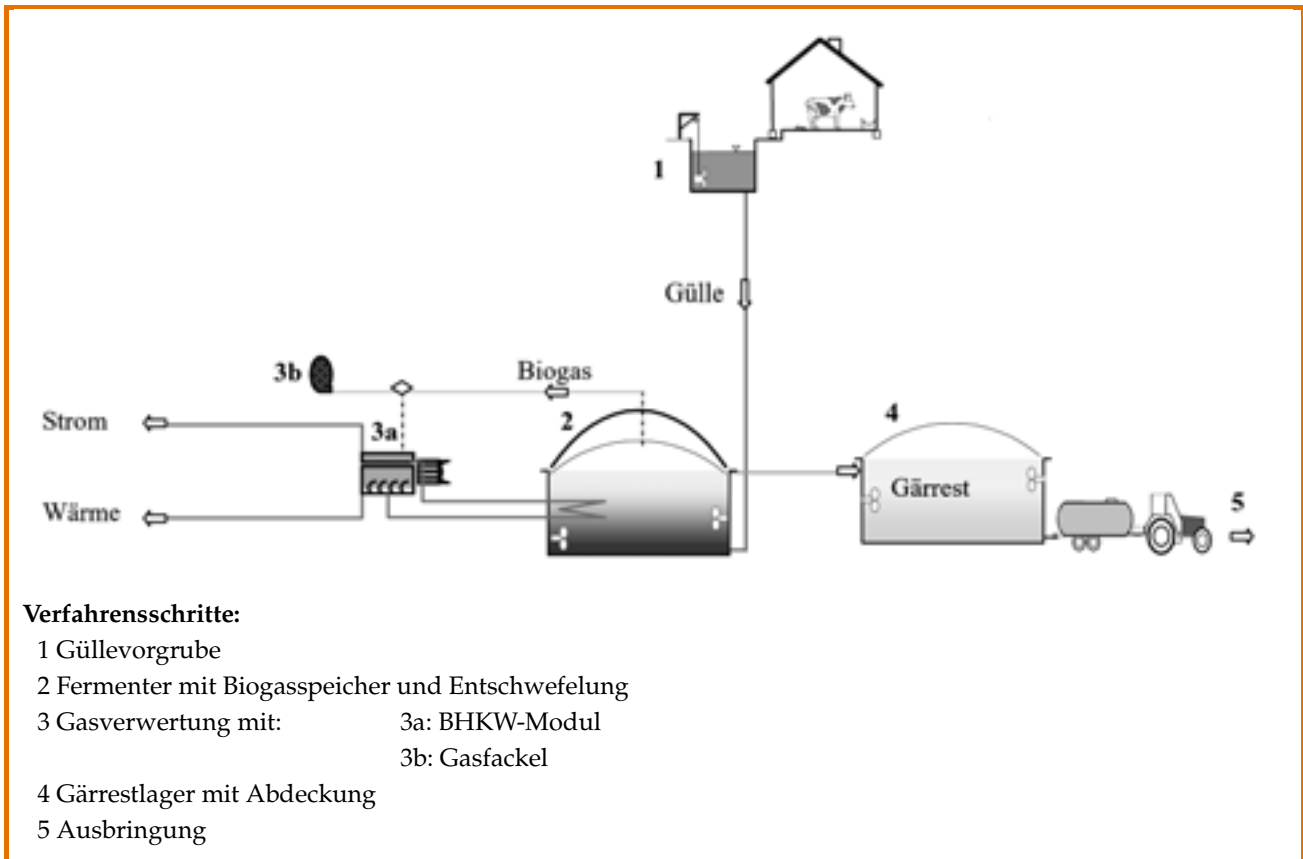


Abb. 6-5: Verfahrensfliessbild der Modellanlage 4

Tabelle 6-13: Übersicht über Verfahrensschritte der Modellanlage 4

Verfahrensschritt/Baugruppe	Dimensionierung (brutto)	Besonderheiten / Funktion
Substratannahme und -vorbereitung		
Güllegrube am Stall	3 bis 4-tägige Vorhaltekapazität	auf Annahmebehälter kann verzichtet werden, falls Güllegrube Füllvolumen von 300 m ³ aufweist und mit Rührwerkstechnik ausgestattet bzw. nachrüstbar ist
Annahmebehälter		
Feststoffeinbringung/ Befülltrichter	---	---
Vorlagebehälter für Kosubstrate	---	---
Hygienisierung	---	---
Vorbereitungstechnik	---	---
Fermentation/Gasaufbereitung		
Fermenter	3.300 m ³	gasdichte Doppelmembran-Abdeckung zur Gasspeicherung interne biologische Entschwefelung 30 d Verweilzeit des Gärsubstrates Raumbelastung: 2,6 kg oTS/m ³ ·d
Gasverwertung		
BHKW	220 kW _{el}	Zündstrahl-BHKW Laufzeit: 8.000 h/a unter Volllast
Gasfackel	110 m ³ Biogas/h	
Gärrestlagerung		
zusätzlicher Lagerbehälter aus Kosubstratvergärung	---	kein Einsatz von Kofermenten: keine zusätzliche Lagerkapazität erforderlich



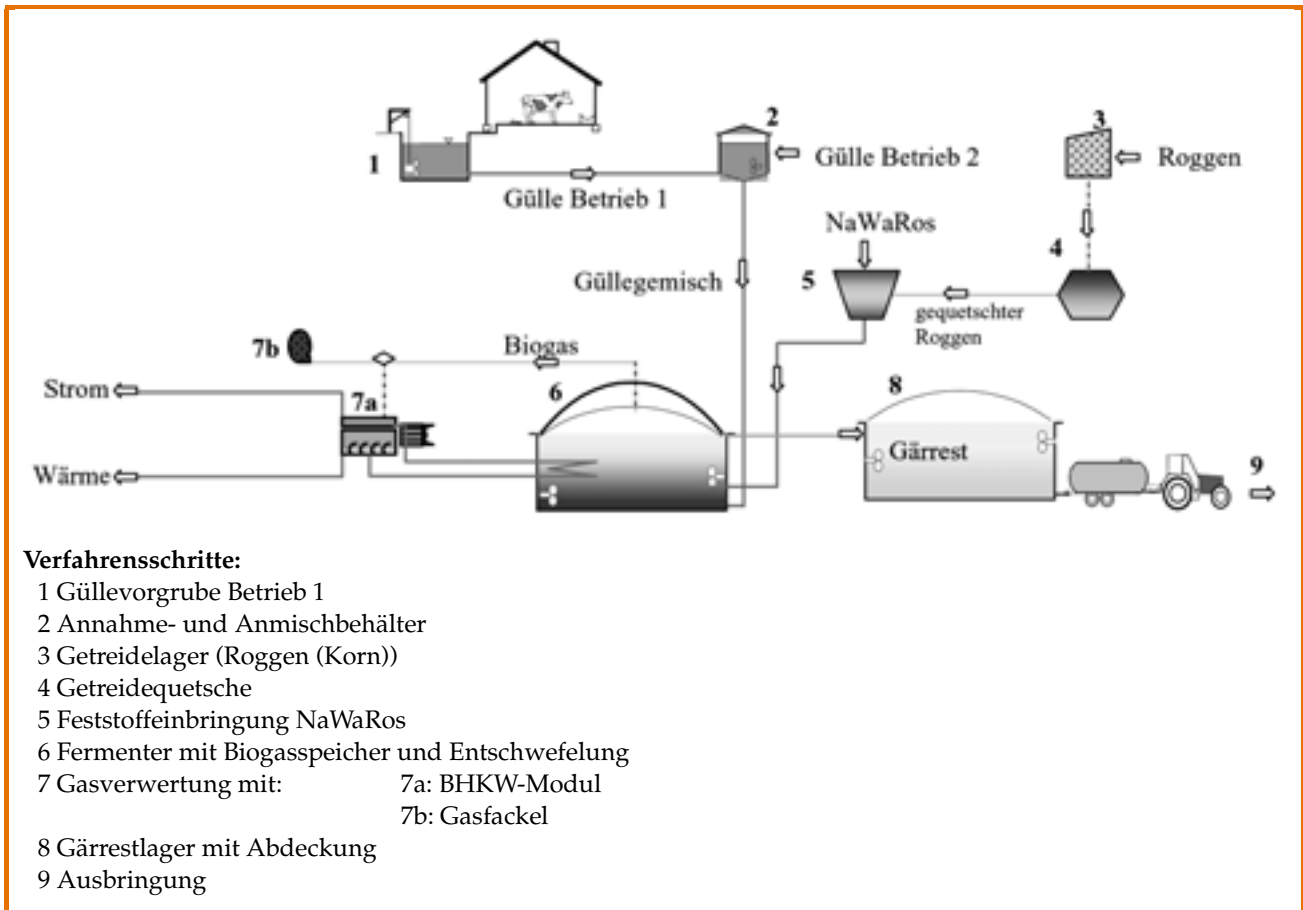


Abb. 6-6: Verfahrensfliessbild der Modellanlage 5

Tabelle 6-14: Übersicht über Verfahrensschritte der Modellanlage 5

Verfahrensschritt/Baugruppe	Dimensionierung (brutto)	Besonderheiten /Funktion
Substratannahme und -vorbereitung		
Güllegrube am Stall	1 bis 2-tägige Vorhaltekapazität	wird verwendet als Güllevorlage
Annahmebehälter	150 m ³	Anmischung von Gülle aus Güllegrube Biogasstandort und von Gülle aus Gemeinschaftsbetrieben
Feststoffeinbringung Befülltrichter	Befülltrichter: 18 m ³	Gras-, Maissilagegemisch und gequetschter Roggen
Vorlagebehälter für Kosubstrate	---	---
Hygienisierung	---	---
Vorbereitungstechnik	abhängig von Anlieferungsintervall	Getreidequetsche für Roggenkörner
Fermentation/Gasaufbereitung		
Fermenter	2.400 m ³	gasdichte Doppelmembran-Abdeckung zur Gasspeicherung interne biologische Entschwefelung 45 d Verweilzeit des Gärsubstrates, Raumbelastung: 3,3 kg oTS/m ³ · d
Gasverwertung		
BHKW	330 kW _{eI}	Gas-Otto-BHKW Laufzeit: 8.000 h/a unter Volllast
Gasfackel	170 m ³ Biogas/h	
Gärrestlagerung		
zusätzlicher Lagerbehälter aus Kosubstratvergärung	1.740 m ³	Abdeckung zur Emissionsminderung Rücknahme von Gärrest-Anteil zur Lagerung in Gemeinschaftsbetrieben

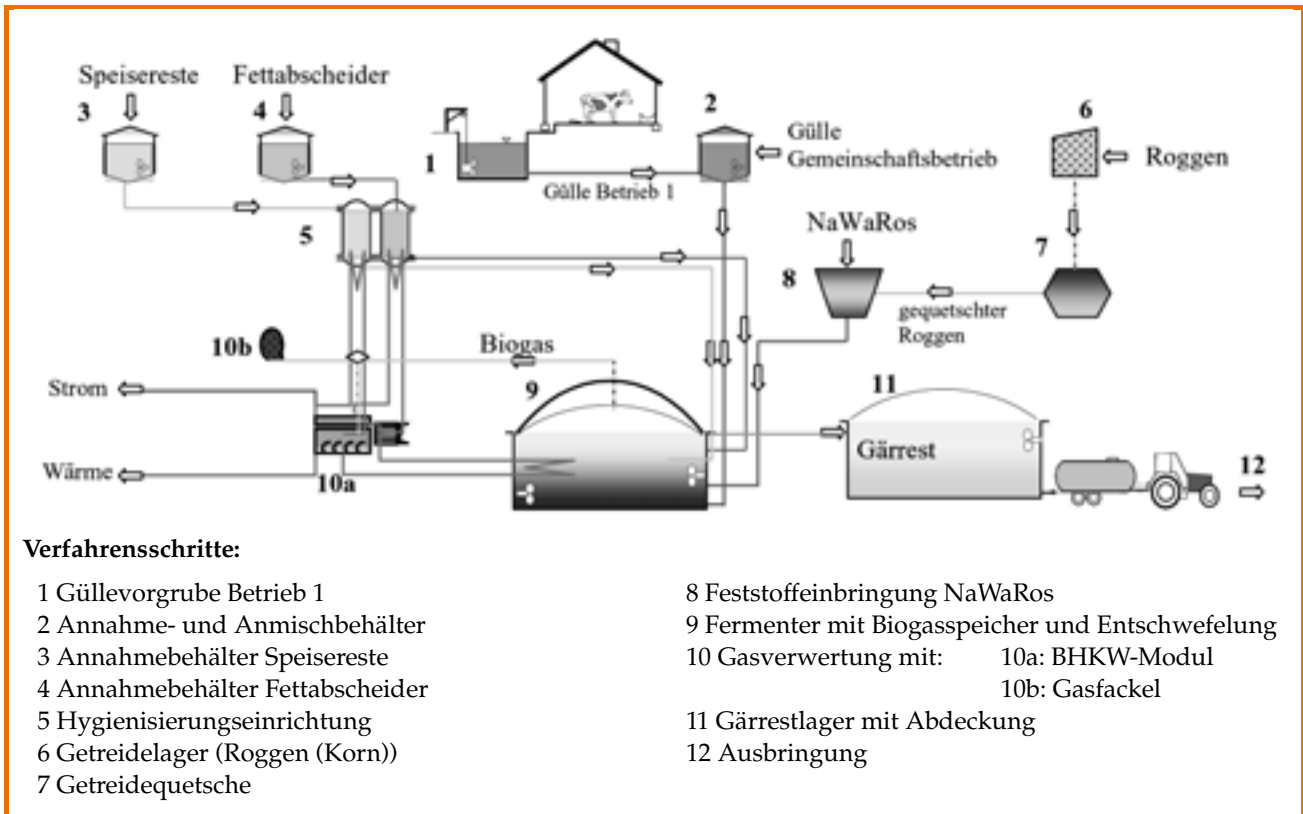


Abb. 6-7: Verfahrensfließbild der Modellanlage 6

Tabelle 6-15: Übersicht über Verfahrensschritte der Modellanlage 6

Verfahrensschritt/Baugruppe	Dimensionierung (brutto)	Besonderheiten/Funktion
Substratannahme und -vorbereitung		
Güllegrube am Stall	---	---
Annahmebehälter	150 m ³	Annahme und Anmischung von Gülle aus Gemeinschaftsbetrieben
Feststoffeinbringung/ Befülltrichter	Befülltrichter: 13 m ³	Gras-, Maissilagegemisch und gequetschter Roggen
Vorlagebehälter für Kosubstrate	abhängig vom Anlieferungsintervall	Küchen- und Speiserestecharge, Fettabscheidercharge
Hygienisierung	12 m ³ /d	Küchen- und Speiserestecharge, Fettabscheidercharge
Vorbereitungstechnik	abhängig vom Anlieferungsintervall	Quetsche für Roggenkörner
Fermentation/Gasaufbereitung		
Fermenter	3.000 m ³	gasdichte Doppelmembran-Abdeckung zur Gasspeicherung interne biologische Entschwefelung 48 d Verweilzeit des Gärsubstrates, Raumbelastung: 3,4 kg oTS/m ³ · d
Gasverwertung		
BHKW	500 kW _{el}	Gas-Otto-BHKW Installierte Leistung Laufzeit: 8.000 h/a unter Vollast
Gasfackel	240 m ³ Biogas/h	
Gärrestlagerung		
zusätzlicher Lagerbehälter aus Kosubstratvergärung	2.800 m ³	Abdeckung zur Emissionsminderung Rücknahme von Gärrest-Anteil zur Lagerung in Gemeinschaftsbetriebe



6.3.3 Investitionsbedarf Modellanlagen

Die folgende Tabelle 6-16 gibt eine Übersicht über den Investitionsbedarf der Modellanlagen auf Basis o.g. Verfahrens-Baugruppen.

Tabelle 6-16: Investitionsbedarf der Modellanlagen für Verfahrensschritte / Baugruppen

Mittlerer Investitionsbedarf Baugruppen	Investition [€]					
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5	Modell 6
Basisausstattung						
Substratannahme	22.100	19.500	37.205	43.000	32.500	32.500
Fermenter	94.500	94.500	113.000	320.000	220.000	300.000
Blockheizkraftwerk	65.000	85.000	178.000	206.000	316.000	362.500
Gasfackel	12.000	12.000	25.000	25.000	25.000	25.000
Summe	193.600	211.000	353.205	594.000	593.500	720.000
Zusatzausstattung						
Summe Annahme Kosubstrate (Fette/Speisereste)						80.500
Summe Feststoffeintrag inkl. ggf. Vorbereitungstechnik		12.000	27.500		30.000	37.500
Hygienisierung						57.000
Gärrestlager (zusätzliche Kapazität.) mit Abdeckung	29.180	38.000	32.000		72.000	104.000
Summe	29.180	50.000	59.500	0	102.000	279.000
Summe Basisausstattung und Zusatzausstattung	222.780	261.900	412.705	594.000	695.500	999.000
Planungs- /Genehmigungskosten (+10%)	22.278	26.100	41.271	59.400	69.550	99.900
Gesamtinvestition	245.057	287.100	453.976	653.400	765.050	1.098.900

6.4 Literaturverzeichnis

- | | |
|--|---|
| <p>/6-1/ Weiland, P.; Rieger, Ch.: Wissenschaftliches Messprogramm zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich. (FNR-FKZ: 00NR179). 1. Zwischenbericht, Institut für Technologie und Systemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig (2001)</p> <p>/6-2/ Weiland, P.; Rieger, Ch.: Wissenschaftliches Messprogramm zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich. (FNR-FKZ: 00NR179). 2. Zwischenbericht, Institut für Technologie und Systemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig (2002)</p> <p>/6-3/ Weiland, P.; Rieger, Ch.: Wissenschaftliches Messprogramm zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich. (FNR-FKZ: 00NR179). 3. Zwischenbericht, Institut für Technologie und Systemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig (2002)</p> | <p>/6-4/ Weiland, P.; Rieger, Ch.: Wissenschaftliches Messprogramm zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich. (FNR-FKZ: 00NR179). 4. Zwischenbericht, Institut für Technologie und Systemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig (2003)</p> <p>/6-5/ Linke, B.; Mähnert, M.: Kinetik der Biogasgewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen bei kontinuierlicher Prozessführung als Grundlage für die Bemessung von landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Laufendes FNR-gefördertes Forschungsprojekt des ATB Potsdam und der BTN Biotechnologie Nordhausen GmbH</p> <p>/6-6/ Keymer, U.: Biogas – Menge und Qualität. Berechnung, Meßmethoden, Optimierung. In: Landtechnik-Bericht (32), Mitterleitner, H. (Hrsg.), Landtechnischer Verein in Bayern e.V., Freising, (1999)</p> |
|--|---|