

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Juni 2009 (11.06.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/071053 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
C12M 1/107 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001956

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. November 2008 (25.11.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 058 967.2
7. Dezember 2007 (07.12.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ELTAGA LICENSING GMBH [DE/DE];
Nymphenburger Strasse 42, 80335 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PERSKE, Günter [DE/DE]; Im Waldblick 6, 74535 Mainhardt (DE).

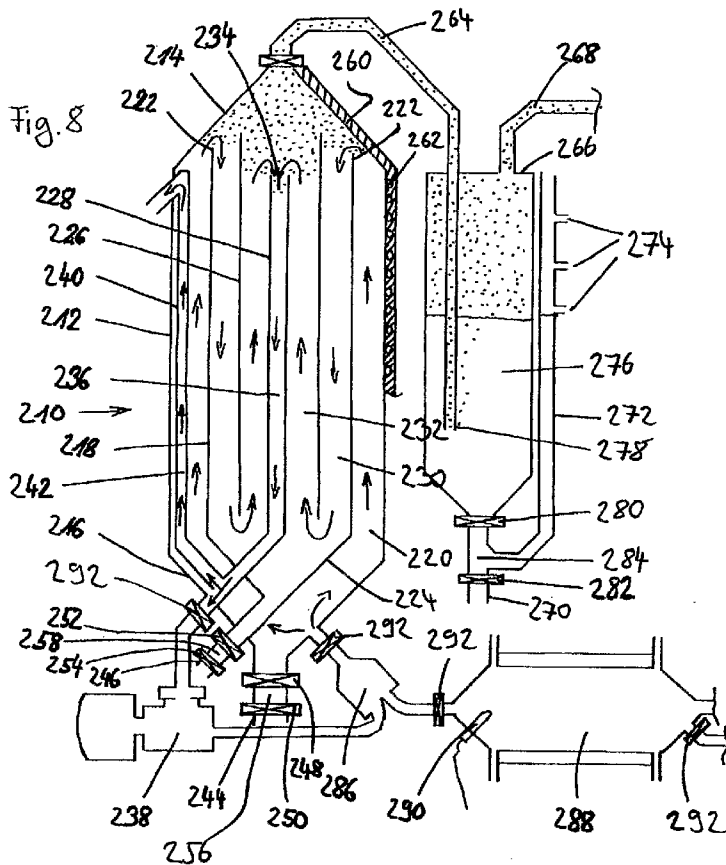
(74) Anwalt: SCHUMACHER & WILLSAU; Nymphenburger Strasse 42, 80335 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING BIOGAS FROM ORGANIC MATTERS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON BIOGAS AUS ORGANISCHEN STOFFEN



(57) Abstract: The invention relates to a device for producing biogas from organic matters, comprising a biogas reactor (210) forming at least one chamber (220, 230, 232), wherein a defined mixture made of fresh substrate comprising organic matters and recirculate comprising organic matters can be supplied to said biogas reactor via a mixing unit (286). According to the invention a controller is provided, which is suited to control a supply of the recirculate and/or of the fresh substrate to the mixing unit (286) at least as a function of a variable correlating with a fresh substrate composition of the fresh substrate supplied to the mixing unit (286) in order to obtain the defined mixture. In addition, the invention also relates to a corresponding method for producing biogas from organic matters.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas aus organischen Stoffen, mit einem zumindest eine Kammer (220, 230, 232) ausbildenden Biogasreaktor (210), dem über eine Mischeinheit (286) ein definiertes Gemisch aus einem organische Stoffe aufweisenden

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/071053 A2



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Frischsubstrat und einem organische Stoffe aufweisenden Rezirkulat zuführbar ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, die geeignet ist, eine Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit (286) zumindest in Abhängigkeit von einer mit einer Frischsubstratzusammensetzung des der Mischeinheit (286) zugeführten Frischsubstrats korrelierenden Größe zu steuern, um das definierte Gemisch zu erhalten. Darüber hinaus bezieht sich die Erfindung auf ein entsprechendes Verfahren zur Erzeugung von Biogas aus organischen Stoffen.

substrats beziehungsweise des Frischgärssubstrats ist üblicherweise mit der Einfüllkammer des Reaktorraums gekoppelt, wobei bevorzugt ein Wärmetauscher der Biogasanlage zwischen der Einfüllkammer und der Vorrichtung zur Herstellung des fertig aufbereiteten Gärssubstrats angeordnet sein kann, um eine geeignete Temperatur des fertig aufbereiteten Gärssubstrats für die Erzeugung des Biogases in dem Reaktorraum zu erhalten. Dem Wärmetauscher ist üblicherweise eine Mischeinheit nachgeschaltet, die somit zwischen dem Wärmetauscher und dem Biogasreaktor beziehungsweise dem Reaktorraum angeordnet ist. Über die Mischeinheit wird dem Reaktorraum letztlich das Gemisch aus dem fertig aufbereiteten Gärssubstrat, nämlich das Frischsubstrat, und dem Rezirkulat zugeführt. Das Rezirkulat umfasst dabei organische Stoffe, die den Biogasreaktor beziehungsweise den Reaktorraum zumindest teilweise bereits durchlaufen beziehungsweise durchströmt haben und der Mischeinheit zur Erzeugung des vorgenannten Gemischs zugeführt und somit dem Biogasreaktor erneut zugeführt werden. Insbesondere handelt es sich daher bei dem Rezirkulat um vorwiegend reaktionslose organische Stoffe. Bei der Biogaserzeugung werden Anaerobbakterien dazu benutzt, organische Stoffe, die nicht mehr mit dem lebenden Organismus in Verbindung stehen, zu zersetzen und in Gas umzuwandeln. Anaerobe Bakterien sind das letzte Bindeglied im natürlichen Kreislauf und kommen in der Natur überall vor, z.B. in Mägen von Wiederkäuern oder im schwarzen Schlamm von Seen und Mooren. Bei der anaeroben Vergärung sind zunächst die fakultativen Methanbakterien und die obligaten Methanbakterien zu unterscheiden. Die organischen Stoffe, die bei der anaeroben Vergärung als Rohstoffe dienen, umfassen beispielsweise organische Stoffe oder Reststoffe aus Industrie, Gastronomie, Handel, Landwirtschaft (Gülle und Festmist) oder nachwachsende Rohstoffe (Maissi-

lage, Grassilage und andere Kurzgewächse). Diese organischen Stoffe bestehen hauptsächlich aus Kohlehydraten, Fetten und Eiweißstoffen. Die fakultativen, wahlfreien Methanbakterien können auch mit Sauerstoff leben. Diese übernehmen eine erste Phase der Aufbereitung und zerlegen die organischen Stoffe in Alkohole, Fettsäuren und deren Salze. Diese erste Phase der Aufbereitung wird als Säurebildnerphase oder Hydrolyse bezeichnet. In einer zweiten Phase übernehmen die obligaten Methanbakterien die Umwandlung in Alkohole, Fettsäuren und deren Salze zu Gas. Diese zweite Phase bezeichnet man als Methanisierungsphase. Die erste und zweite Phase verläuft zeitversetzt um etwa sechs Stunden, wobei während der ersten sechs Stunden die so genannte Hydrolysephase abläuft.

15

Figur 1 zeigt ein Diagramm, welches den allgemeinen Verlauf der natürlichen Vergärung darstellt. Insbesondere zeigt das Diagramm den Abbau einer organischen Trockensubstanz (OTS) in Prozent in Abhängigkeit der verstrichenen Tage (Volllinie). Dabei ist festzustellen, dass während der ersten zwanzig Tage der Abbau der Trockensubstanz sehr langsam in Gang kommt. Nur wenige Bakterien wie in allen organischen Abfällen vorhanden, entwickeln sich bei entsprechendem Futterangebot im logarithmischen Verhältnis (gestrichelte Linie). Im gleichen Verhältnis wie sich die Bakterien entwickeln wird die organische Masse abgebaut und in Gas umgewandelt. Erstrebenswert ist ein Abbau der organischen Trockensubstanz von 70 Prozent, jedoch wird dies gemäß dem Diagramm aus Figur 1 im natürlichen Gärprozess erst nach 40 Tagen annähernd erreicht.

30

Biogasanlagen haben zum Ziel, ein Umfeld für die organische Vergärung zu schaffen, welches ermöglicht, dass diese orga-

nische Vergärung deutlich beschleunigt wird. Jedoch besteht allgemein in der Biogastechnik die Problematik, insbesondere bei den dem Stand der Technik angehörenden Biogasanlagen, dass insbesondere die anaeroben Abläufe in diesen Biogasanlagen nicht in dem beabsichtigten beziehungsweise angestrebten Ausmaß auftreten. Damit derartige anaerobe Abläufe beziehungsweise Prozesse, insbesondere im Rahmen einer anaeroben Biozönose, in geeignetem Ausmaß ablaufen, ist es zum einen erforderlich, gewissen Rahmenbedingungen in der Biogasanlage geeignet festzulegen. Zum anderen ist die Zusammensetzung des fertig aufbereiteten Gärsubstrats (Gärmasse), das Frischsubstrat, von besonderer Bedeutung, um die anaeroben Abläufe in den Biogasanlagen zu begünstigen. Das heißt, bereits bei der Herstellung des für die Biogasanlage aufbereiteten Substrats beziehungsweise des Frischsubstrats ist insbesondere auf dessen Zusammensetzung zu achten, um anschließend in den Biogasanlagen unter Beimischung des Rezirkulats die angestrebten anaeroben Prozesse zu erzielen. Allgemein ist bekannt, das im Zusammenhang mit der Zusammensetzung des Substrats auf ein ausgewogenes Verhältnis von Kohlenstoff und Stickstoff (C/N-Verhältnis) zu achten ist; konkrete Angaben darüber, in welchem verbindlichen ausgewogenen C/N-Verhältnis diese beiden Stoffe beziehungsweise chemischen Elemente in dem Substrat vorliegen müssen, wurden bislang nicht gemacht. Lediglich bestehen ungenaue Angaben dahingehend, dass C/N-Verhältnisse zwischen 10 bis 30 anzustreben sind. Ferner wurde in diesem Zusammenhang auch festgestellt, dass bei Unterschritten oder Überschritten dieser C/N-Verhältnisse Hemmungen im Hinblick auf eine Bakterienkultur mit aller Wahrscheinlichkeit auftreten. Da sämtliche organischen Stoffe zumindest drei Grundbaustoffe, nämlich Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße, umfassen, liegen die beiden chemischen Elemente Kohlenstoff

C und Stickstoff N in jedem Fall auch im Substrat beziehungsweise der Gärmasse vor. Jedoch ist es äußerst problembehaftet, die Mengen von Kohlenstoff C und Stickstoff N der einzelnen organischen Massen in den Substraten abzuschätzen, so dass folglich auch ein exaktes Mischen der einzelnen organischen Massen beziehungsweise Stoffe des Substrats zur Erzielung einer bestimmten punktgenauen Zusammensetzung des Substrats äußerst schwer ist. Zur Erreichung dieser bestimmten punktgenauen Zusammensetzung müsste das entsprechende Substrat beispielsweise im Labor analysiert werden, um über dessen Zusammensetzung Kenntnis zu erlangen und darauf basierend weitere Mischschritte vorzunehmen. Derartige Laboranalysen sind jedoch sehr aufwändig und daher äußerst kostspielig. Weiterhin stehen Resultate solcher Laboranalysen erst nach einer langen Zeitspanne, üblicherweise erst nach ungefähr 3 Wochen, zur Verfügung, in der sich das Substrat bereits nachhaltig auswirkend im Hinblick auf die anaeroben Prozesse verändert haben kann.

20 Übliche Substrate werden gemäß dem Stand der Technik beispielsweise auf der Basis von Silomais, ein Lebensmittel, das bei der Ernte als Häcksel gewonnen wird, hergestellt.

Insbesondere ergeben sich aus den dem Stand der Technik angehörenden Vorrichtungen zur Herstellung des fertig aufbereiteten Gärsubstrats Probleme dahingehend, dass das fertig aufbereitete Gärsubstrat beziehungsweise das Frischsubstrat insbesondere nicht hinreichend für den anaeroben Gärprozess in der Biogasanlage aufbereitet wird, was sich nachhaltig auf die anaerobe Symbiose in dem Reaktorraum der Biogasanlage auswirkt.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die gattungsgemäßen Vorrichtungen zur Erzeugung von Biogas und die gattungsgemäßen Verfahren zur Biogaserzeugung derart weiterzubilden, dass eine höhere Gasausbeute erreicht werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

10 Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas aus organischen Stoffen baut auf dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch auf, dass eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, die geeignet ist, eine Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit zumindest in Abhängigkeit von einer mit einer Frischsubstratzusammensetzung des der Mischeinheit zugeführten Frischsubstrats korrelierenden Größe zu steuern, um das definierte Gemisch zu erhalten. Vorzugsweise wird der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein fertig aufbereitetes Gärsubstrat beziehungsweise Frischsubstrat aus Stroh und Tierexkrementen zugeführt, insbesondere der Mischeinheit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die weitestgehend störstofffrei sind. Das der zumindest einen Kammer des Biogasreaktors zugeführte fertig aufbereitete Gärsubstrat wird vorzugsweise über die Mischeinheit mengengesteuert in Zyklen im Kreislauf gepumpt und dadurch zirkuliert. Dieser mengengesteuerte Kreislaufzyklus lässt sich wahlweise und gezielt zwischen zwei Zugabezyklen von fertig aufbereitetem Gärsubstrat einfädeln. Die im Kreislauf in dem Biogasreaktor gepumpte Gärsubstratmenge beziehungsweise das Rezirkulat ist klar definiert, wobei

der Kreislauf an der Mischeinheit endet, bei der dem Biogasreaktor das Gemisch aus dem fertig aufbereiteten Gärsubstrat beziehungsweise Frischsubstrat und dem Rezirkulat wieder zugeführt wird. So ist gewährleistet, dass die anaerobe Symbiose nicht gestört oder beeinträchtigt wird. Beispielsweise kann das Frischsubstrat beziehungsweise das fertig aufbereitete Frischsubstrat durch einen Freifallmischer hergestellt werden. So erfolgt die Befüllung des Freifallmischers vorzugsweise mit Strohhacksel und dünnflüssiger Gülle sowie Festmist (insbesondere Tierexkrementen) oder anderen organischen Stoffen. Eine drehbare Trommel des Freifallmischers wird hydraulisch abdichtend oder fluiddicht durch eine Vollklappe geschlossen. Danach erfolgt eine kurze Mischphase, in der die Flüssigkeit, insbesondere die dünnflüssige Gülle, von den Feststoffen wie dem Festmist und den Tierexkrementen vollständig gebunden wird. Anschließend erfolgt ein Absaugvorgang mittels einer rotierenden Vakuumpumpe bis auf ca. 913mbar. Damit ist die Anaerobphase eingeleitet und das Frischgärsubstrat wird mittels einer Exenterschneckenpumpe in den der Biogasanlage vorgeschalteten geschlossenen Wärmetauscher gepumpt und auf Reaktortemperatur erwärmt und temperaturgesteuert in den Biogasreaktor beziehungsweise den Reaktorraum über die Mischeinheit gepumpt. Gleichzeitig wird Rezirkulat nach Rezeptur dem Frischgärsubstratstrom in der Mischeinheit zugeführt, so dass in dem Reaktorraum dann ein für Anaerobakterien bevorzugtes Milieu herrscht. Insbesondere erfolgt dabei die Zugabe des Rezirkulat in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Frischsubstrats, die von der Steuereinrichtung ermittelt wird; ebenso denkbar ist aber auch, dass die Steuereinrichtung fortwährend die Zusammensetzung des aufbereiteten Frischsubstrats erfasst und bei Änderungen beziehungsweise Schwankungen der Frischsubstratzusammensetzung

die Zugabe des Rezirkulats in die Mischeinheit fortwährend anpasst. In Kenntnis der Zusammensetzung des Frischsubstrats kann beispielsweise auf Grundlage von Kennlinien, die durch Versuche ermittelt werden, die mengengesteuerte

5 Zugabe des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats genau definiert beziehungsweise vorgegeben werden. Beispielsweise lässt sich durch Versuche ermitteln, welches C/N-Verhältnis in dem Frischsubstrat bestimmter Menge bei bestimmten Frischsubstratzusammensetzungen vorliegt und in Kennlinien

10 erfassen. Basierend auf diesen Kennlinien kann somit durch weitere Versuche ermittelt werden, welche Mengen von Rezirkulat der bestimmten Menge von Frischsubstrat in der Mischeinheit beizumischen sind, um das gewünschte C/N-Verhältnis zu erhalten. Besonders bevorzugt wird durch diese Steuerung

15 ein Gemisch aus Frischsubstrat und Rezirkulat erzeugt, das ein C/N-Verhältnis im Bereich von 15:1 bis 25:1, bevorzugt 19:1 bis 21:1 und besonders bevorzugt von 20 : 1 aufweist. Dabei weist dieses Gemisch dieses C/N-Verhältnis nach dem Zusammenmischvorgang des Frischsubstrats und des Rezirkulats in der Mischeinheit unmittelbar vor Eintritt in den Biogasreaktor auf. Besonders bevorzugt weist dieses Gemisch dann einen pH-Wert von größer 7 auf. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann jedes benötigte fertig aufbereitete Gärsubstrat hergestellt werden. Dabei können beispielsweise

25 Schweinegülle, Hühnergülle oder andere organische Abfallstoffe verwendet werden. Entscheidend sind in diesem Zusammenhang beispielsweise die Rezeptur beziehungsweise die Zusammensetzung des Frischgärsubstrats sowie die Menge des zugeführten Rezirkulats. Um ein Gemisch in der Mischeinheit

30 zu erhalten, das das besonders bevorzugte C/N-Verhältnis von 20:1 aufweist und einen pH-Wert von größer als 7 hat, sind insbesondere die folgenden Zufuhrmengen beziehungsweise Zufuhrverhältnisse sowie Frischsubstratzusammensetzungen

denkbar, die durch die Steuereinrichtung auf der Grundlage der Kennlinien eingestellt werden können. Bei einem täglichen Eintrag in den Biogasreaktor von 12 Tonnen (12 t/d) Frischsubstrat wird eine Zusammensetzung des Frischsubstrats von 10,75 Tonnen/Tag Rindergülle und 1,245 Tonnen/Tag Stroh eingestellt. Dies entspricht in Gewichtsanteilen 89,60 Gewichtsprozent Rindergülle und 10,40 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhacksel. Ein derartiges Frischsubstrat weist dann in etwa ein C/N-Verhältnis von 46,6:1 auf. Anhand der vorgenannten Kennlinien steuert die Steuereinrichtung die Rezirkulatzufuhr in die Mischeinheit, die in etwa zu 5,7 Tonnen/Tag (t/d) festgelegt wird, wodurch in der Mischeinheit das besonders bevorzugte C/N-Verhältnis von 20:1 in dem Gemisch aus Frischsubstrat und Rezirkulat erzielt wird. Im Falle einer Frischsubstratzusammensetzung aus 9,6 t/d Rindergülle, 0,9 t/d Stroh und 1,5 t/d Rindermist, d.h. 80 Gewichtsprozent Rindergülle, 7,5 Gewichtsprozent Stroh und 12,5 Gewichtsprozent Rindermist, wird eine Rezirkulatzufuhr von 4,7 t/d in die Mischeinheit durch die Steuereinrichtung eingestellt, um das C/N-Verhältnis von 40,40:1 in dem Frischsubstrat auf ein C/N-Verhältnis von 20:1 in dem Gemisch aus dem Frischsubstrat und dem Rezirkulat einzustellen. Im Falle einer Frischsubstratzusammensetzung aus 10,75 t/d Schweinegülle und 1,245 t/d Stroh, d.h. 89,60 Gewichtsprozent Schweingülle und 10,40 Gewichtsprozent Stroh, wird eine Rezirkulatzufuhr von 2,9 t/d in die Mischeinheit durch die Steuereinrichtung eingestellt, um das C/N-Verhältnis von 33,14:1 in dem Frischsubstrat auf ein C/N-Verhältnis von 20:1 in dem Gemisch aus dem Frischsubstrat und dem Rezirkulat einzustellen. Im Falle einer Frischsubstratzusammensetzung aus 9,6 t/d Schweinegülle, 0,9 t/d Stroh und 1,5 t/d Schweinemist, d.h. 80 Gewichtsprozent Schweingülle, 7,5 Gewichts-

prozent Stroh und 12,5 Gewichtsprozent Schweinemist, wird eine Rezikulatzufuhr von 1,4 t/d in die Mischeinheit durch die Steuereinrichtung eingestellt, um das C/N-Verhältnis von 25,0:1 in dem Frischsubstrat auf ein C/N-Verhältnis von 20:1 in dem Gemisch aus dem Frischsubstrat und dem Rezikulat einzustellen. Die einigen wenigen vorangehenden Werte sind dabei durch umfangreiche Versuche ermittelt worden, wobei die Substratzusammensetzungen in diesem Fall anhand eines Freifallmischers unter Absaugung von Luft erzielt wurden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann in vorteilhafter Weise derart weitergebildet werden, dass die Steuereinrichtung geeignet ist, Gewichtsprozentage von entsprechenden Komponenten des Frischsubstrats zu ermitteln und auf der Grundlage dieser Ermittlung die Zufuhr des Rezikulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit zu steuern. Beispielsweise kann bei Verwendung des Vertikalmischers eine Wiegeeinrichtung vorgesehen sein, über die das entsprechende Gewicht des zugeführten Strohhäcksels und der Gülle sowie des Festmists ermittelt werden kann; beispielsweise dadurch, dass die Zufuhr von Strohhäcksel und Gülle/Festmist zeitlich versetzt erfolgt, so dass fortlaufend eine entsprechende Gewichtszunahme des in dem Vertikalmischer befindlichen Frischgärssubstratgemischs ermittelt werden kann und dadurch auf die prozentualen Anteile der entsprechenden Gärsubstratkomponenten geschlossen werden kann. Vorzugsweise ist die Wiegeeinrichtung programmierbar und berührungslos an dem Vertikalmischer montiert. Unverfälschte Daten sind somit gewährleistet. Zusätzlich kann auch der Gärsubstrat-Mixer beziehungsweise die Mischeinheit eine Wiegeeinrichtung aufweisen, die an einen Steuerkreis angeschlossen ist und dazu eingerichtet ist, einen Datenaustausch mit ei-

ner Steuereinrichtung, beispielsweise eines Personal Computers (PC), durchzuführen. Insbesondere kann die Befüllung des Vertikalmischers nach Gewicht bei Stroh und Festmist sowie nach Durchflussmenge bei der dünnflüssigen Gülle, 5 woraus sich dessen Gewicht herleiten lässt, vorgenommen werden. Eine Entleerung des Vertikalmischers kann beispielsweise über eine Drehzahlsteuerung zur Exenterschneckenpumpe, die wiederum mit dem Wärmetauscher gekoppelt ist, erfolgen. Sämtliche aus dem Stand der Technik bekannte 10 Einrichtungen zur direkten oder indirekten Erfassung des Gewichts oder der Gewichtsanteile der Komponenten des Frischsubstrats können verwendet werden, so dass die genaue Frischsubstratzusammensetzung ermittelt werden kann.

15 Weiterhin kann die erfindungsgemäße Vorrichtung so ausgebildet werden, dass die Steuereinrichtung geeignet ist, die Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit derart zu steuern, dass sich in dem definierten Gemisch ein C/N-Verhältnis von 20:1 einstellt. Wie bereits 20 erwähnt wird das C/N-Verhältnis von 20:1 besonders bevorzugt und trägt in besonders vorteilhafter Weise zu einer erhöhten Gasausbeute in der Biogasanlage bei, wie durch Versuche nachgewiesen wurde. Jedoch sind auch C/N-Verhältnisse im Bereich von 15:1 bis 25:1, bevorzugt 19:1 25 bis 21:1, im Hinblick auf die Gasausbeute tolerierbar. Dabei weist dieses Gemisch, wie bereits erwähnt, dieses C/N-Verhältnis nach dem Zusammenmischvorgang des Frischsubstrats und des Rezirkulats in der Mischeinheit unmittelbar vor Eintritt in den Biogasreaktor auf.

30

Darüber hinaus kann die erfindungsgemäße Vorrichtung derart verwirklicht werden, dass die Steuereinrichtung geeignet ist, die Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsub-

strats zur Mischeinheit derart zu steuern, dass sich in dem definierten Gemisch ein C/N-Verhältnis von 20:1 und ein pH-Wert, der größer als 7 ist, einstellen. Insbesondere wird bei dem Mischvorgang in der Mischeinheit das Ziel verfolgt, bei dem Mischvorgang in der Mischeinheit das Ziel verfolgt, 5 Gärsubstratgemische beziehungsweise definierte Gemische in der Mischeinheit aus Stroh, dünnflüssiger Gülle und Tierexkrementen herzustellen, die nach den Erfordernissen der Biologie unter Berücksichtigung der vorgenannten Rahmenbedingungen erfolgen. Dabei handelt es sich insbesondere um definierte Substratgemische aus dem Frischsubstrat und dem 10 Rezirkulat mit einem pH-Wert > 7 und einem C/N-Verhältnis von 20:1. Das so entstehende definierte Gemisch erfüllt die Kriterien der Biologie, weil durch die Rezeptur beziehungsweise die gesteuerte Zufuhr in die Mischeinheit das Verhältnis von Kohlenstoff:Stickstoff von 20:1 vorliegt und 15 einen pH-Wert aufweist, der größer als 7 ist. So ist ein wichtiger Baustein für die Rahmenbedingungen im Gärprozess geschaffen. Der Biogasprozess nach den Kriterien des pH-Werts von größer 7 und dem C/N-Verhältnis von 20:1 beinhaltet das Milieu für eine optimal ablaufende Biozönose in einer anaeroben Symbiose. Hierin bestimmen Methanbakterien den Biogasprozess. Methanbakterien besitzen antibiotische Kräfte, die in dem von ihnen beherrschten Bereich alle anderen Mikroorganismen und darunter selbst pathogene Keime 20 in ihrer Lebensfähigkeit stark beeinträchtigen oder gar vernichten. 25

Ferner kann die erfindungsgemäße Vorrichtung so ausgestaltet werden, dass das Frischsubstrat vor Erreichen der 30 Mischeinheit einen Trockensubstanzgehalt von 22% aufweist und 7 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhäcksel, und 93 Gewichtsprozent Rindergülle/Festmist oder 15 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhäcksel, und 85 Gewichts-

prozent Schweinegülle/Festmist umfasst. Insbesondere wird somit das große Potential von Tierexkrementen, d.h. Gülle und Festmist, sowie Stroh zu einem gärfähigen Substrat nach den Erfordernissen einer gut funktionierenden Biozönose genutzt. Dabei sind die einzelnen Anteile des fertig aufbe-

5 reiteten Frischsubstrats bereits vor Erreichen der Mischeinheit klar definiert. Das fertig gemischte und aufbereitete Frischsubstrat entspricht der nach Rezept erstellten Mischung und wird mengengesteuert über eine geschlossene

10 Exenterschneckenpumpe der Mischeinheit zugeführt, wobei das Frischsubstrat vor Erreichen der Mischeinheit vorzugsweise den der Biogasanlage zugeordneten Wärmetauscher durchläuft. In der Mischeinheit wird dem Frischsubstrat das Rezirkulat zugeführt, so dass das daraus entstehende Gemisch einen pH-

15 Wert von größer 7, vorzugsweise von 7,4, aufweist. Beispielsweise weist das Frischsubstratgemisch 7 Gewichtsprozent Stroh und 93 Gewichtsprozent Rindergülle/Festmist auf. Ein Frischsubstrat aus Schweinegülle hat vorzugsweise einen pH-Wert von 7,6 und weist vorzugsweise 15 Gewichtsprozent

20 Stroh und 85 Gewichtsprozent Schweinegülle/Festmist auf. Die Zusammenmischung in der Mischeinheit erfolgt immer nach den Kriterien des pH-Werts und nach den Erfordernissen des durch Versuche ermittelten besonders vorteilhaften C/N-Verhältnisses von 20:1. Dabei wird das punktgenaue Verhältnis des Gemischs in der Mischeinheit beispielsweise im

25 Frischsubstrat durch den Zugabestrom beziehungsweise das Einmischen des Rezirkulats in die Mischeinheit erzielt. Anschließend erfolgt die Zufuhr des Gemischs in der Mischeinheit in den Biogasreaktor. Bevorzugt wird zur Herstellung

30 des fertig aufbereiteten Frischsubstrats Häcksel verwendet, insbesondere nachwachsende Rohstoffe, vornehmlich Getreidestroh. Jedoch kann jede Art von Häcksel, insbesondere Pflanzenstroh, und Gülle bei dem erfindungsgemäßen Verfah-

ren verwendet werden. Insbesondere können folgende organische Stoffe zur Herstellung des fertig aufbereiteten Gärsubstrats beziehungsweise des Frischsubstrats verwendet werden: Wirtschaftsdünger, wie beispielsweise Gülle und Festmist, nachwachsende Rohstoffe, wie beispielsweise Maissilage, Grassilage, Getreidekörner, organische Stoffe der weiterverarbeitenden Agrarindustrie, organische Reststoffe aus Kommunen und Schlachtrückstände sowie Grün- und Rasenschnitte. Besonders bevorzugt ist jedoch die Verwendung von Tierexkrementen in der Form von Festmist unter Zufuhr von dünnflüssiger Gülle sowie Strohhäcksel, so dass diese organischen Stoffe zu einem gärfähigen fertig aufbereiteten Gärsubstrat beziehungsweise Frischsubstrat nach den Erfordernissen einer gut funktionierenden Biozönose aufbereitet, insbesondere gemischt, werden können. Dabei sind die einzelnen Anteile des Substrats klar definiert. Insbesondere die zielgerichtete Zerkleinerung von Stroh zu Strohhäcksel ist vorteilhaft, um die Bedingungen für ein gärfähiges Substrat beziehungsweise Frischsubstrat zu schaffen. Vorteilhaft ist besonders, dass durch das erfindungsgemäße Verfahren kleine landwirtschaftliche Betriebe teilnehmen können, die Festmist liefern und gehäckseltes Stroh empfangen können. In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, dass als Häcksel Pflanzenstroh verwendet wird, das mit der Gülle und dem Festmist vermengt wird, um das Frischsubstrat beziehungsweise das fertig aufbereitete Gärsubstratgemisch zu erhalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung von Biogas aus organischen Stoffen baut auf dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch auf, dass eine Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit zumindest in Abhängigkeit von einer mit einer Frischsubstratzusammenset-

zung des der Mischeinheit zugeführten Frischsubstrats korrelierenden Größe gesteuert wird, um das definierte Gemisch zu erhalten. Dadurch ergeben sich die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erläuterten Vorteile auf
5 gleiche oder ähnliche Weise, weshalb zur Vermeidung von Wiederholungen auf die entsprechenden Ausführungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwiesen wird.

10 Gleiches gilt sinngemäß für die folgenden bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, weshalb auch diesbezüglich zur Vermeidung von Wiederholungen auf die entsprechenden Ausführungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwiesen wird.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in vorteilhafter Weise derart weitergebildet werden, dass Gewichtsprozente von entsprechenden Komponenten des Frischsubstrats ermittelt werden und auf der Grundlage dieser Ermittlung die Zufuhr
20 des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit gesteuert wird.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren so ausgeführt werden, dass die Zufuhr des Rezirkulats und/oder des
25 Frischsubstrats zur Mischeinheit derart gesteuert wird, dass sich in dem definierten Gemisch ein C/N-Verhältnis von 20:1 einstellt.

Darüber hinaus kann das erfindungsgemäße Verfahren derart
30 verwirklicht werden, dass die Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit derart gesteuert wird, dass sich in dem definierten Gemisch ein C/N-

Verhältnis von 20:1 und ein pH-Wert, der größer als 7 ist, einstellen.

Ferner kann das erfindungsgemäße Verfahren so ausgestaltet
5 werden, dass das Frischsubstrat vor Erreichen der Mischeinheit so ausgebildet wird, dass es einen Trockensubstanzgehalt von 22% aufweist und 7 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhäcksel, und 93 Gewichtsprozent Rindergülle/Festmist oder 15 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere
10 Strohhäcksel, und 85 Gewichtsprozent Schweinegülle/Festmist umfasst.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren beispielhaft erläutert.

15

Es zeigen:

Figur 1 ein Diagramm, welches den allgemeinen Verlauf der natürlichen Vergärung darstellt;

20

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Herstellung eines Frischsubstrats in einer Seitenansicht;

25 Figur 3 eine schematische Darstellung der Vorrichtung von Figur 2 in einer Draufsicht;

Figur 4 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung zur Herstellung eines Frischsubstrats in einer Draufsicht;

30

Figur 5 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung zur Herstellung eines Frischsubstrats in einer Seitenansicht;

5 Figur 6 eine schematische Darstellung der Vorrichtung von Figur 5 in einer weiteren Seitenansicht;

Figur 7 eine schematische Darstellung der Vorrichtung von Figur 5 in einer Draufsicht; und

10

Figur 8 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist.

15

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung 10 zur Herstellung eines fertig aufbereiteten Gärsubstrats beziehungsweise eines Frischsubstrats in einer Seitenansicht. Hingegen zeigt Figur 3 eine schematische Darstellung der Vorrichtung 10 von Figur 2 in einer Draufsicht. Die Vorrichtung 10 zur Herstellung des fertig aufbereiteten Gärsubstrats beziehungsweise des Frischsubstrats, das anschließend einer später näher erläuterten Biogasanlage beziehungsweise einem Biogasreaktor zugeführt wird, umfasst in diesem Fall einen Freifallmischer 12, der nach Art eines an sich bekannten Betonmischers mit drehbarer Trommel (Trommelmischer) ausgebildet ist. Insbesondere handelt es sich um einen stationären Betonmischer in den Größenklassen von 6 m³ bis 15 m³ Nennfüllung. So umfasst der Freifallmischer insbesondere die lediglich schematisch dargestellte drehbare Trommel, deren Ein- und Auslassöffnung verschwenkt werden kann. Die Trommel kann dabei derart in eine Zuführ- und Abführstellung verschwenkt werden, dass ihr das Gärsub-

20

25

30

strat über die Ein- und Auslassöffnung zugeführt werden kann. Weiterhin kann die Trommel in eine Mischstellung verschwenkt werden, bei der der eigentliche später näher erläuterte Mischprozess stattfindet. Zu diesem Zweck sind innerhalb der Trommelwand meist schräg positionierte Schaufeln angebracht, die in Mischpositionierung das zugeführte Gärsubstrat anheben können, das dann durch Schwerkrafteinwirkung wieder nach unten fällt. Bei geänderter Trommeldrehrichtung fördern die Schaufeln das Gärsubstrat zur Ein- und Auslassöffnung und zusammen mit der Verschwenkung der Trommel in die Zuführ- und Abführstellung wird die Entleerung der Trommel bewirkt. Der Freifallmischer 12 ist weiterhin mit einer hydraulisch abdichtenden beziehungsweise fluiddichtenden Klappe verschließbar, die zum Öffnen und Schließen der Ein- und Auslassöffnung der Trommel geeignet ist. Darüber hinaus ist der Freifallmischer 12 derart modifiziert, dass durch in die Trommel mündende Saugstutzen an der Vollverschlussklappe beziehungsweise der Klappe eine normal rotierende Vakuumpumpe angeschlossen ist.

20

Unmittelbar an der Ein- und Auslassöffnung der Trommel des Freifallmischers 12 ist ein Übergabetrichter 14 angeordnet, in den eine Strohgebläseleitung 16 zur Zufuhr von zerkleinertem Stroh (Strohhäcksel) und eine Frischgüllezuführleitung 18 zur Zufuhr von Frischgülle in den Übergabetrichter 14 münden. Weiterhin ist eine Fördereinrichtung 20 mit einem Förderband vorgesehen, das an deren einem Endabschnitt an einer Oberkante des Übergabetrichters 14 endet und sich mit deren anderem Endabschnitt in einem Trichter 22 zur Aufbewahrung von Festmist erstreckt. Dadurch ist über die Fördereinrichtung 20 Festmist von dem Trichter 22 in den Übergabetrichter 14 förderbar. Ferner ist eine in den Übergabebehältergrund beziehungsweise Übergabebehälterboden

30

mündende Abführleitung vorgesehen, über die mittels einer Exzentrerschneckenpumpe 24 das fertig aufbereitete Gärsubstrat beziehungsweise das Frischsubstrat in einen Wärmetauscher der später näher erläuterten Biogasanlage abführbar ist.

Das Verfahren zur Herstellung des fertig aufbereiteten Gärsubstrats beziehungsweise des Frischsubstrats, das einer später näher erläuterten Mischeinheit des Biogasreaktors zugeführt wird, anhand der Vorrichtung 10 gestaltet sich wie folgt. Bei dem Verfahren werden zur Herstellung des Gärsubstrats in diesem Fall Strohhäcksel und Tierexkremente in der Form von Festmist sowie dünnflüssige Gülle verwendet. Andere organische Stoffe zur Mischung sind jedoch auch denkbar. Zunächst wird über die Strohgebläseleitung 16 geschreddertes Stroh beziehungsweise Strohhäcksel in den Freifallmischer 12 eingeblasen. Dabei kann das Strohhäcksel beispielsweise von einem nicht dargestellten Strohschredder mit elektrischem Antrieb herrühren und über ein Gebläse in die Strohgebläseleitung 16 eingeblasen werden, die das Strohhäcksel dem Freifallmischer 12 zuführt. Insbesondere werden bei der Herstellung des Strohhäcksels Rundstrohbällen mit einem Durchmesser bis zu 1,5 m und/oder Quaderbällen verwendet und derart geschreddert, dass die Strohhäcksellänge in etwa 10-25mm, bevorzugt 10mm, 12mm oder 18 mm beträgt. Das Häckselgut wird somit direkt vom Strohschredder über die Strohgebläseleitung 16 in den Freifallmischer 12 geblasen, wobei nahezu gleichzeitig oder kurz verzögert eine Beaufschlagung von Frischgülle über die Frischgüllezuführleitung 18 und eine Förderung von Festmist über die Fördereinrichtung 20 erfolgt. Anschließend wird der Freifallmischer zum Mischen der organischen Stoffe in der Trommel betrieben und in dessen Mischstellung verfahren. Dieser

Zuführvorgang der organischen Stoffe wird beispielsweise über eine an dem Freifallmischer 12 vorgesehene Wiegeeinrichtung kontrolliert und so gesteuert, dass ein gewünschtes Mischungsverhältnis von Gülle/Festmist zu Strohhäcksel
5 eingestellt werden kann. Dabei werden die ermittelten Gewichtsanteile der Gülle, des Festmists sowie des Strohhäcksel beispielsweise in einem Speicher abgelegt, so dass die genaue Zusammensetzung des Frischsubstrats, insbesondere die Gewichtsprozentage der Komponenten des Frischsubstrats,
10 zu jedem Zeitpunkt feststellbar und abrufbar ist. Insbesondere kann eine Dosierung der einzelnen Substratkomponenten, nämlich die Befüllung der Trommel des Freifallmischers mit Stroh nach Gewicht und mit Gülle nach Durchflussmenge vorgenommen werden. Darüber hinaus kann die Fördermenge von
15 Festmist ebenso über die Fördereinrichtung 20 eingestellt werden. Eine entsprechende Entleerung der Trommel kann über eine Drehzahlsteuerung der Exenterschneckenpumpe erfolgen. Alternativ kann aber auch eine Füllstandsmessung in der Trommel oder in dem Übergabebehälter vorgenommen werden. In
20 dem Freifallmischer 12 lässt sich jede gewünschte Frischsubstratmischung wirkungsvoll herstellen, wobei gleichzeitig gewährleistet ist, dass die zugeführte Frischgülle von den Feststoffen, wie Festmist und dem Strohhäcksel, vollständig gebunden wird und die in den Feststoffen befindliche Luft entweicht. Danach erfolgt eine kurze Mischphase,
25 in der die Flüssigkeit von den Feststoffen vollständig gebunden wird. Anschließend wird die Klappe der Trommel geschlossen und es erfolgt ein Absaugvorgang mittels einer fluidtechnisch mit der Trommel gekoppelten rotierenden Vakuumpumpe. Dadurch wird die Anaerobphase des Frischgärsubstrats eingeleitet. Luft sammelt sich insbesondere über dem Frischgärsubstrat in der Trommel des Freifallmischers an und wird mit der an der Trommel vorgesehenen normal rotie-

renden Vakuumpumpe abgesaugt, so dass der in der Trommel herrschende Atmosphärendruck von 1013,25 mbar um 100mbar auf 913mbar verringert wird. Das fertig gemischte Frischsubstrat entspricht der gewünschten Frischgärssubstratmischung, die Trommel wird über die Klappe geöffnet, die Drehrichtung der Trommel wird zum Entleeren der Trommel eingestellt und das Gärsubstratgemisch wird mengengesteuert über den Übergabetrichter 14 der Exenterschneckenpumpe 24 zugeführt, die die gewünschte Frischgärssubstratmischung in den der später näher erläuterten Biogasanlage vorgeschalteten Wärmetauscher fördert. Das so entstandene aufbereitete Gärsubstrat beziehungsweise Frischsubstrat hat dann einen pH-Wert von 7,4 und besteht aus 7 Gewichtsprozent Stroh und 93 Gewichtsprozent Gülle/Festmist; bevorzugt wird Rindergülle verwendet. Ebenso kann das Gärsubstrat aber auch aus Schweinegülle hergestellt werden, die einen pH-Wert von 7,6 hat, wobei das Frischsubstrat dann aus 15 Gewichtsprozent Stroh und 85 Gewichtsprozent Schweinegülle/Festmist besteht. Die Frischsubstratmischung kann ebenso aus mehreren und verschiedenen Tierexkrementen sowie aus Festmist und Stroh bestehen. Die Zusammenmischung erfolgt immer nach den vorgegebenen Rahmenbedingungen des pH-Werts und nach dem bestimmten gewünschten C/N-Verhältnis, wobei zumindest das exakte C/N-Verhältnis dann unter Zugabe eines Rezirkulats in einer Mischeinheit der später näher erläuterten Biogasanlage eingestellt wird.

Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Vorrichtung zur Herstellung eines Frischgärssubstrats in einer Draufsicht. Bei der Beschreibung dieser Ausführungsform wird im Folgenden zur Vermeidung von Wiederholung lediglich auf die Unterschiede zur ersten Ausführungsform eingegangen. Dabei werden zur ersten

Ausführungsform gleiche oder ähnliche Komponenten mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet. In diesem Fall umfasst die Vorrichtung 10 zwei Freifallmischer 12, wobei ein Strohschredder 26 den beiden Freifallmischern 12 über ein
5 Gebläse 28 und eine Strohgebläseleitung 16 Strohhacksel zuführen kann. Dabei ist in der Strohgebläseleitung 16 eine Verzweigung vorgesehen, bei der sich die Strohgebläseleitung 16 zu den beiden Freifallmischern 12 verzweigt. Insbesondere ist eine fluidtechnische Weiche an der Verzweigung
10 vorgesehen, über die sich die Zufuhr des Strohhackseles zu den beiden Freifallmischern einstellen lässt. Darüber hinaus ist eine Frischgüllezuführleitung 18 vorgesehen, die analog zur Strohgebläseleitung 16 ebenso eine Verzweigung aufweist, an der sich die Frischgüllezuführleitung 18 zu
15 den beiden Freifallmischern 12 verzweigt, wodurch beide Freifallmischer 12 mit Gülle beaufschlagt werden können. Ferner ist eine Austragsschurre beziehungsweise eine Befüllungseinrichtung 14 in Analogie zu dem Übergabebehälter 14 der ersten Ausführungsform vorgesehen, über die die Frischgärs
20 gärssubstratmischung von den Freifallmischern 12 einer Exzenterschneckenpumpe 24 zuführbar ist, um die Frischgärssubstratmischung über eine Leitung 30 dem Wärmetauscher der später näher erläuterten Biogasanlage zuzuführen.

25 Das Verfahren kann bei der zweiten Ausführungsform sinngemäß wie bei der ersten Ausführungsform durchgeführt werden, lediglich mit dem Unterschied, dass zwei Freifallmischer befüllt und entleert werden müssen, um das fertig aufbereitete Gärssubstratgemisch beziehungsweise das Frischsubstrat
30 in der gewünschten Gärssubstratmenge zu erzielen.

Figur 5 zeigt eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der Vorrichtung 100 zur Herstellung eines

fertig aufbereiteten Gärsubstrats beziehungsweise eines Frischsubstrats in einer Seitenansicht. Weiterhin zeigt Figur 6 eine schematische Darstellung der Vorrichtung 100 von Figur 5 in einer weiteren Seitenansicht, während Figur 7

5 eine schematische Darstellung der Vorrichtung 100 von Figur 5 in einer Draufsicht zeigt. Bei dieser Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 100 zumindest einen aus dem Stand der Technik bekannten Vertikalmischer 112, insbesondere zwei

10 Vertikalmischer 112, mit beispielsweise jeweils zwei Mischschnecken beziehungsweise Vertikalmischschnecken 136 wobei die Vertikalmischer 112 jedoch auf bestimmte Weise modifiziert sind, wie nachstehend beispielhaft an einem der Vertikalmischer 112 erläutert wird. Der Vertikalmischer 112 umfasst einen Behälter 138 sowie einen daran schwenkbar an-

15 gebrachten modifizierten Deckel 134 mit zwei Entlüftungsöffnungen 133 und einer Saugöffnung 132, an die beispielsweise eine nicht gezeigte Vakuumpumpe angeschlossen sein kann, um einen Unterdruck in dem Vertikalmischer 112, insbesondere in dem Behälter 138, erzeugen zu können, insbesondere

20 auf 913mbar. Die Saugöffnung 132 und die Vakuumpumpe bilden zumindest teilweise eine Absaugvorrichtung aus. Weiterhin ist an dem Vertikalmischer 112 eine Mantelheizung zur Beheizung des Gärsubstratgemischs in dem Behälter 138 des Vertikalmischers 112 vorgesehen. Darüber hinaus umfasst

25 die Vorrichtung 100 einen Strohschredder 126 mit Gebläse, über den Strohhacksel über eine Strohgebläseleitung 116 dem Vertikalmischer 112 oder beiden Vertikalmischern 112 zuführbar ist. Insbesondere ist das Strohhacksel an einer Oberkante des den Vertikalmischer 112 teilweise ausbildenden

30 Behälters 138, der über den Deckel 134 verschließbar ist, über die Strohgebläseleitung 116 zuführbar. Ferner ist eine Güllezuführleitung 118 vorgesehen, über die Frischgülle dem Behälter 138 des Vertikalmischers 112 ebenso an der Ober-

kante des Behälters zuführbar ist. Eine Abdichtung zwischen dem Deckel 134 und dem Behälter 138 erfolgt mit entsprechenden Dichtungen.

5 Die Mantelheizung ist auf dem Außenmantel des Behälters 138 angeordnet und wird durch Heizrohre für eine Niedertemperaturheizung ausgebildet, die durch eine Isolierung geschützt sind. Neben der Saugöffnung 132 sind in dem Deckel 134 des Vertikalmischers 112 auch die vorgenannten Entlüftungsöff-

10 nungen 133 zur Entlüftung des Behälters 138 vorgesehen, die über ein Ventil mittels Kugelhahn geöffnet und geschlossen werden können und insbesondere beim Einblasen von Stroh-

15 häcksel geöffnet sind. Weiterhin ist der Behälter 138 des Vertikalmischers 112 mit einem Schneckenförderer, insbesondere einem Querschneckenförderer 124, gekoppelt, über den die Gärsubstratmischung aus dem Behälter 138 mittels in dem Behälter 138 vorgesehenen Längsförderschnecken 140 einem nicht näher interessierenden weiteren Gärsubstratmischer einer Biogasanlage zuführbar ist. Der Vertikalmischer 112,

20 der Querschneckenförderer 124 sowie die später näher erläuterte Mischeinheit befinden sich vorzugsweise in einem klimatisierten Raum mit entsprechender Zu- und Abluft. Die Vorrichtung 100 ist Emissionsfrei, da die abgesaugte Luft über die Saugöffnung 132 über einen Filter geleitet wird,

25 der sowohl eine Geruchs- als auch Feinstaubemissionen verhindert. Die beiden Vertikalmischer 112 sind mit einer nicht dargestellten programmierbaren Wiegeeinrichtung ausgestattet. Die Vorrichtung 100 ist im Hinblick auf ihre Anlagengröße an die jeweils an der im Gärprozess benötigten

30 Gärsubstratmengen angepasst und kann beispielsweise Inhalte von 12 m³ bis 60 m³ und größer umfassen.

Das Verfahren zur Herstellung von Frischgärsubstraten, insbesondere aus Strohhäcksel, Gülle und Tierexkrementen in der Form von Festmist, gestaltet sich wie folgt. Zunächst wird der Strohschredder 126 über einen elektrischen Antrieb
5 betrieben, so dass dem Behälter 138 des Vertikalmischers 112 der Strohhäcksel über die Strohgebläseleitung 116 zugeführt wird. Dabei wird das Strohhäcksel insbesondere aus Rundstrohhallen und/oder Quaderballen mit einem Durchmesser bis 1,5 m oder einer entsprechenden Kantenlänge hergestellt.
10 Eine Häcksellänge des geschredderten Strohhäcksels beträgt dabei zwischen 5mm und 25mm, besonders bevorzugt 10mm, 12mm, 18 mm. Das Strohhäcksel wird somit direkt vom Strohschredder 126 in den Behälter 138 des Vertikalmischers 112, der insbesondere als ein Großraumcontainer ausgebildet
15 sein kann, eingeblasen und mit dünnflüssiger Frischgülle über die Frischgüllezuführleitung 118 beaufschlagt. Weiterhin wird Festmist über eine nicht dargestellte Fördereinrichtung definiert bei der Zuführung der Frischgülle und des Strohhäcksels zugeführt und der Vertikalmischer 112
20 wird kurz betrieben. Der Zuführvorgang wird über eine Wiegeeinrichtung kontrolliert und so gesteuert, das ein Mischungsverhältnis von Gülle/Festmist zu Stroh 62% zu 7,3% (Angaben in Gewichtsprozent) beträgt. Dadurch, dass das Gülle/Festmist/Stroh-Gemisch in etwa einen Trockensubstanzgehalt von 41,5% aufweist, ist es noch nicht pumpfähig.
25 Dieses Gemisch wird nachfolgend als Gemisch der Aufbereitungsstufe I beziehungsweise Qualitätsstufe I bezeichnet. Anschließend wird eine Durchlüftung des Behälters 138 unter weiterem Betrieb des Vertikalmischers 112 zum Mischen vorgenommen, so dass eine Verrottung des Gemischs der Aufbereitungsstufe I aerob erfolgen kann. Dadurch wird zwangsläufig eine Eigenerwärmungsphase in Gang gesetzt. Diese beginnt bereits nach wenigen Stunden ab Herstellung des Ge-

30

mischs der Aufbereitungsstufe I und kann in einem Tag eine Temperatur von 40 °C und mehr erreichen. Die Temperatur im Gemisch der Aufbereitungsstufe I wird beispielsweise über einen Temperatursensor erfasst, wobei bei Erreichen von 35 °C eine weitere Temperaturerhöhung durch weitere Zufuhr von Frischgülle verhindert wird, während gleichzeitig der Vertikalmischer 112 weiter betrieben wird. Die zugeführte Frischgülle ist genau definiert und reduziert den Trockensubstanzanteil auf 31 %. Dieses Gemisch wird nachfolgend als Gemisch der Aufbereitungsstufe II beziehungsweise der Qualitätsstufe II bezeichnet. Durch weitere kurze Mischzyklen im Vertikalmischer 112 wird das Gemisch der Aufbereitungsstufe II gut durchlüftet, wobei nach einer Ruhephase von circa 4 bis 6 Stunden eine erneute Eigenerwärmungsphase beginnt. Bei Erreichen einer Gemischstemperatur von 35 °C wird wieder durch erneutes Zuführen von Frischgülle eine weitere Gemischserwärmung verhindert. Durch das erneute definierte Zuführen der Frischgülle wird ein Trockensubstanzgehalt von etwa 22% erreicht. Weiterhin erfolgt der Betrieb des Vertikalmischers 112 zum Mischen des Gärsubstratgemischs. Das nun entstandene Gemisch wird nachfolgend als Gemisch der Aufbereitungsstufe III beziehungsweise Qualitätsstufe III bezeichnet. Das Gemisch der Aufbereitungsstufe III wird in etwa nach 5 Tagen erzielt, spätestens nach Erreichen von 35 °C. Nun erfolgt eine Schließung des Behälters 138 mittels des Deckels 134 und eine Absaugung des Sauerstoffs aus dem Vertikalmischer 112, insbesondere aus dem Behälter 138, so dass anaerobe Verhältnisse in dem Vertikalmischer 112, insbesondere in dem Behälter 138, entstehen. Nach einer vorbestimmten Zeitspanne werden die Längsförderschnecken 140 sowie eine Querförderschnecke des Querschneckenförderers 124 betrieben, um das fertig aufbereite-

te Gärsubstrat beziehungsweise das Frischsubstrat der später näher erläuterten Biogasanlage zuzuführen.

In einer alternativen Ausführungsform ist vorgesehen, dass
5 das Frischgärsubstratgemisch durch abwechselndes Zuführen von Strohhäcksel und dünnflüssiger Gülle sowie Festmist in einen Container quasi "lagenweise" erzeugt wird und auf eine Mischung mittels Schaufeln wie bei dem Freifallmischer sowie mittels der Mischschnecke wie bei dem Vertikalmischer
10 verzichtet werden kann. Ansonsten lässt sich die dritte Ausführungsform der Figuren 5 bis 7 sinngemäß auf diese alternative Ausführungsform übertragen.

Figur 8 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas. Der Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas ist beispielsweise, wie nachstehend näher erläutert wird, das durch die Vorrichtungen der Figuren 2 bis 7 hergestellte Frischsubstrat beziehungsweise das fertig aufbereitete Gärsubstrat zuführbar.
15

20 In diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst der Biogasreaktor 210 einen Außenbehälter 212, der vorzugsweise in einem mittleren Abschnitt zylindrisch und in einem oberen Abschnitt 214 sowie in einem unteren Abschnitt 216 jeweils zum Ende hin konisch verjüngt ist. Im Inneren des Außenbehälters 212 ist ein Innenbehälter 218 aufgenommen, der becherförmig ist und im Wesentlichen mit konstantem Abstand zum Außenbehälter 212 angeordnet ist, so dass zwischen dem Außenbehälter 212 und dem Innenbehälter 218 eine Einfüllkammer 220 ausgebildet wird, die den Innenbehälter 218 einhüllt. Der Außenbehälter 212 sowie der Innenbehälter 218 sind vorzugsweise aus Stahl, jedoch ist auch eine Ausführung mit anderen Werkstoffen wie beispielsweise Kunststoff-
25
30

fen realisierbar. Eine Oberkante des Innenbehälters 218, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Überlaufkante 222 fungiert, ist soweit in den sich nach oben verjüngenden oberen Abschnitt 214 geführt, dass sich die Querschnittsfläche der dazwischen liegenden Einfüllkammer 220 nach oben hin um etwa 50% verengt. Im unteren Bereich ist der Innenbehälter 218 ähnlich zum Außenbehälter 212 nach unten verjüngt. Der Innenbehälter 218 ist vorzugsweise zylinderförmig und im sich verjüngenden unteren Abschnitt 224 konisch ausgebildet. Innerhalb des Innenbehälters 218 ist eine zylinderförmige Innenröhre 226 so angeordnet, dass zwischen Innenröhre 226 und Innenbehälter 218 im Wesentlichen der gleiche Abstand ausgebildet wird, wie zwischen Innenbehälter 218 und Außenbehälter 212. Die Unterkante der Innenröhre 226 erstreckt sich fast so weit nach unten wie der zylindrische Abschnitt (der nicht verjüngte Abschnitt) des Innenbehälters 218. Die Oberkante der Innenröhre 226 erstreckt sich weiter nach oben als die Überlaufkante 222. Im Inneren der Innenröhre 226 befindet sich ein Rücklaufrohr 228, welches sich im Inneren der Innenröhre 226 nach unten in den Abschnitt 224 des Innenbehälters 218 erstreckt, wo das Rücklaufrohr 228 aus dem Innenbehälter 218 austritt. Das Rücklaufrohr 228 erstreckt sich so weit nach oben, dass die Oberkante des Rücklaufrohrs 228 hinsichtlich der Vertikalen unterhalb der Überlaufkante 222 platziert ist. Vorteilhafterweise erstreckt sich die Oberkante des Rücklaufrohrs 228 im Wesentlichen so weit nach oben wie der mittlere (vorzugsweise zylindrische) Abschnitt des Außenbehälters 212. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind der Außenbehälter 212, der Innenbehälter 218, die Innenröhre 226 und das Rücklaufrohr 228 konzentrisch angeordnet. Zwischen der Außenseite der Innenröhre 226 und der Innenseite des Innenbehälters 218 wird eine erste, im Wesentlichen zylinderfö-

mige Zwischenkammer 230 ausgebildet. Zwischen der Außenseite des Rücklaufrohres 228 und der Innenseite der Innenröhre 226 wird eine zweite, im Wesentlichen zylinderförmige Zwischenkammer 232 ausgebildet. Die erste Zwischenkammer 230 und die zweite Zwischenkammer 232 stehen im unteren Bereich miteinander in Verbindung. Die Oberkante des Rücklaufrohres 228 bildet eine Einfüllöffnung 234 aus. Im Inneren des Rücklaufrohres 228 ist ein Rücklaufkanal 236 ausgebildet. Das Rücklaufrohr 228 führt wie bereits erwähnt im unteren Abschnitt 224 des Innenbehälters 218 aus dem Innenbehälter 218 heraus, tritt im unteren Abschnitt 216 durch die Wandung des Außenbehälters 212 und führt in eine Impfpumpe 238, die vorzugsweise eine Exenterschneckenpumpe ist. Am Abschnitt des Rücklaufrohres 228, welcher innerhalb der Einfüllkammer 220 verläuft, zweigt ein Ablaufrohr 240 ab, welches sich in der Einfüllkammer 220 so weit nach oben erstreckt, dass sich eine obere Öffnung des Ablaufrohres 240 in etwa auf gleicher Höhe wie die Einfüllöffnung 234 des Rücklaufrohres 228 befindet. Das Ablaufrohr 240 ist im oberen Bereich so ausgeführt, dass der obere Abschnitt des Rohres um mehr als 90 Grad umgebogen ist und sich der umgebogene Abschnitt durch die Wandung des Außenbehälters 212 nach Außen erstreckt. Der von dem Ablaufrohr 240 ausgebildete Ablaufkanal 242 ist somit U-förmig mit dem Rücklaufkanal 236 verbunden, so dass der Rücklaufkanal 236 und der Ablaufkanal 242 eine kommunizierende Röhre ausbilden. Die Einfüllkammer 220 ist so ausgeführt, dass sie in einem unteren Bereich von Außen mit organischen Stoffen bzw. einer organischen Substanz befüllbar ist. Die organische Substanz wird auf eine später genauer erläuterte Art und Weise auch durch die Einfüllkammer 220, die erste Zwischenkammer 230 und die zweite Zwischenkammer 232 gefördert, wobei die organische Substanz noch Sedimente oder Schwerstoffe aufwei-

sen kann. Daher zweigt am untersten Ende des Außenbehälters 212 und des Innenbehälters 218 jeweils ein Rohrstück 244 und 246 ab, welches nahe des jeweiligen Behälters mit einem Schieber 248, 252 versehen ist und in einem gewissen Abstand dazu mit einem weiteren Schieber 250, 254 versehen ist. Mit den jeweiligen Schiebern kann das jeweilige Rohrstück 244, 246 wahlweise geöffnet und geschlossen werden. Der Abstand des Schiebers 250 vom Schieber 248 beträgt vorzugsweise etwa 80 cm und der Abstand des Schiebers 252 zum Schieber 254 beträgt vorzugsweise 60 cm. Im Normalbetrieb sind die Schieber 248 und 252 geöffnet und die Schieber 250 und 254 geschlossen. Wenn sich somit im organischen Substrat befindliche Sedimente nach unten absetzen, gleiten diese entlang der Abschnitte 216 und 224 zur Mitte des jeweiligen Behälters 212, 218 und verlassen diesen durch den jeweiligen geöffneten Schieber 248, 252 in das jeweilige Rohrstück 244, 246. Dort werden die Sedimente an den geschlossenen Schiebern 250, 254 angesammelt. Der Rohrabschnitt zwischen dem Schieber 248 und 250 sowie der Rohrabschnitt zwischen dem Schieber 252 und 254 bilden demnach jeweils einen Sammelraum 256, 258 für Sedimente aus. Vorzugsweise sind die Rohrabschnitte bei den Sammelräumen 256, 258 durchsichtig ausgebildet, beispielsweise mittels Plexiglas, so dass die Menge an angesammelten Sedimenten überwacht werden kann. Bei Erreichen einer bestimmten Menge können die angesammelten Sedimente entleert werden, indem die jeweiligen Schieber 248 und 252 geschlossen werden, um ein Auslaufen der Behälter 212, 218 zu verhindern. Dann werden die jeweiligen Schieber 250 und 254 geöffnet und die Sammelräume 256, 258 entleert. Für den Normalbetrieb werden die Schieber 250 und 254 wieder geschlossen und die Schieber 248 und 252 geöffnet.

Vorzugsweise kann durch eine nicht in Figur 8 dargestellte Verbindung des Sammelraums 258 und der Einfüllkammer 220, beispielsweise mittels eines Bypasses, ein Kreislauf ausgebildet werden. Insbesondere kann in dem Bypass eine Pumpe
5 vorgesehen sein, so dass bei Betrieb der Pumpe zumindest zeitweise ein Kreislauf der organischen Stoffe zwischen der Einfüllkammer 220 und der Zwischenkammer 230 hergestellt wird. Dadurch lassen sich insbesondere zumindest in der Zwischenkammer 230 entstandene Schwimmschichten über den
10 Sammelraum 258 abführen und der Einfüllkammer 220 zuführen.

Eine nur abschnittsweise dargestellte Isolation 260 umgibt den Außenbehälter 212 vollständig (die Zu- und Ableitungen sind ausgespart), so dass die für die Erzeugung von Biogas
15 vorteilhafte Temperatur von vorzugsweise 35°C im Inneren des Biogasreaktors 210 möglichst konstant gehalten werden kann und damit weniger Energie zum Aufrechterhalten dieser Temperatur zugeführt werden muss. In die Isolation 260 ist eine Heizung 262 eingebettet, die im bevorzugten Ausführungsbeispiel in Form von spiralförmig angeordneten Wasserleitungen ausgebildet ist, welche Wasser führen, das beispielsweise in einem nicht dargestellten Blockheizkraftwerk erwärmt wird. Alternativ können ebenso Heizdrähte in die Isolation 260 eingebettet sein. Vorzugsweise umgibt die
20 Heizung 262 den Außenbehälter 212 von unten bis unterhalb des oberen Abschnittes 214. Zum Schutz der Isolation 260 kann die Isolation 260 samt Heizung 262 von einem Schutzmantel, wie beispielsweise einem Blechmantel, umgeben sein. Am oberen Ende des Außenbehälters 212, dies ist das verjüngte Ende des oberen Abschnittes 214 ist eine Gasabfuhrleitung 264 abzweigt. Diese Gasabfuhrleitung 264 ist außerhalb des Außenbehälters 212 neben diesem nach unten geführt, wobei ein Endabschnitt der Gasabfuhrleitung 264 in
25
30

einen Flüssigkeitsbehälter 266 eintritt und sich innerhalb dieses Flüssigkeitsbehälters 266 nach unten erstreckt. Der Flüssigkeitsbehälter 266 ist vorzugsweise ein zylindrischer Behälter dessen unterer Abschnitt sich konisch nach unten
5 verjüngt. An der Oberseite des Flüssigkeitsbehälters 266 ist eine Gaseinspeisleitung 268 abgezweigt, über die das gewonnene Biogas einem nicht dargestellten Gasspeicher zugeführt wird, von dem aus es einem nicht dargestellten Blockheizkraftwerk zur Verstromung zur Verfügung steht. Am
10 unteren Ende des Flüssigkeitsbehälters 266 ist ein Rohrstück 270 aus dem Flüssigkeitsbehälter 266 herausgeführt. Von diesem Rohrstück 270 zweigt ein Steigrohr 272 ab, das neben dem Flüssigkeitsbehälter 266 bis zur Oberkante des Flüssigkeitsbehälters 266 nach oben geführt ist. Das Steigrohr 272 ist oben offen und zwischen der Oberkante des
15 Steigrohres 272 und mehr als 1 m unterhalb der Oberkante sind drei Öffnungen 274 ausgebildet, wobei sich die Unterseite der Öffnungen mehr als 1 m unterhalb der Oberkante des Steigrohres 272 befindet. Der Abstand zwischen der Untersten der drei Öffnungen 274 und der Obersten der drei Öffnungen 274 beträgt vorzugsweise 1m. Das Steigrohr 272 ist nach dem Prinzip kommunizierender Röhren mit dem Innenraum des Flüssigkeitsbehälters 266 verbunden. Der Innenraum des Flüssigkeitsbehälters 266 ist im Betrieb mit einer Flüssigkeit 276, vorzugsweise Wasser, befüllt deren Flüssigkeitspegel sich mittels der Öffnungen 274 einstellen lässt.
25 Durch das Prinzip der kommunizierenden Röhren herrscht im Steigrohr 272 der gleiche Flüssigkeitspegel wie im Flüssigkeitsbehälter 266, so dass falls die Unterste der Öffnungen 274 geöffnet ist, der Flüssigkeitsbehälter 266 bis zu einem Pegel mit Flüssigkeit 276 befüllt werden kann, der dem Pegel der Untersten der Öffnungen 274 entspricht. Wird die Unterste der Öffnungen 274 verschlossen, beispielsweise
30

mittels eines Pfropfens, so ist der Flüssigkeitsbehälter 266 mit einem höheren Flüssigkeitspegel befüllbar, der einem Pegel der weiter oben befindlichen Öffnungen 274 entspricht. Falls alle Öffnungen 274 verschlossen sind, kann
5 der Flüssigkeitsbehälter 266 vollständig befüllt werden, wobei bei Erreichen der vollständigen Befüllung die Flüssigkeit bis zur Oberkante des Steigrohres 272 reicht. Das aus dem Außenbehälter 212 herausgeführte Ende 278 der Gasabführleitung 264 ist so innerhalb des Flüssigkeitsbehälters 266 angeordnet, dass dieses Ende 278 in die Flüssigkeit 276 eingetaucht ist. Die untere Öffnung des Endes 278 ist 2 m von der Obersten der Öffnungen 274 des Steigrohres 272 beabstandet. Die Eintauchtiefe der Gasabführleitung 264 in die Flüssigkeit 276 beträgt somit minimal 1 m, wenn die
10 Unterste der drei Öffnungen 274 geöffnet ist, und maximal 2 m, wenn nur die Oberste der drei Öffnungen 274 geöffnet ist. Durch diese einstellbare Eintauchtiefe des Endes 278 der Gasabführleitung 264 kann der Druck innerhalb des Außenbehälters 212 auf einen konstanten Druck eingestellt
15 werden. Bei Befüllung mit Wasser wird somit mit einer Eintauchtiefe von 1 m ein Druck von 0,1 bar im Außenbehälter 212 erreicht. Bei einer Eintauchtiefe von 2 m wird ein Druck von 0,2 bar im Außenbehälter 212 eingestellt. Am unteren Ende des Flüssigkeitsbehälters 266 ist wie vorstehend
20 beschrieben das Rohrstück 270 herausgeführt. Dabei ist im Rohrabschnitt zwischen dem Austritt am Flüssigkeitsbehälter 266 und der Abzweigung des Steigrohres 272 ein Schieber 280 sowie im Rohrabschnitt nach der Abzweigung des Steigrohres 272 ein Schieber 282 vorgesehen. Mit diesen beiden Schiebern 280, 282 kann der Durchfluss durch das Rohrstück 270
25 wahlweise geöffnet oder geschlossen werden. Im Normalbetrieb ist der Schieber 280 geöffnet und der Schieber 282 geschlossen, wodurch ein Sammelraum 284 für Sedimente aus-

gebildet wird. Somit werden im Biogas enthaltene Verunreinigungen durch die Flüssigkeit 276 ausgefiltert. Das Gas steigt in der Flüssigkeit 276 nach oben und die herausgefilterten Sedimente setzen sich in der Flüssigkeit 276 nach unten ab, werden dort durch die sich verjüngende Form des unteren Abschnittes des Flüssigkeitsbehälters 266 zur Mitte geführt und sammeln sich im Sammelraum 284. Im Bereich dieses Sammelraums 284 kann das Rohrstück 270 durchsichtig, beispielsweise mittels Plexiglas ausgeführt sein, so dass die Ansammlung an Sedimenten überwacht werden kann. Wenn die Ansammlung an Sedimenten im Sammelraum 284 eine bestimmte Menge erreicht hat, kann der Schieber 280 geschlossen werden und der Schieber 282 geöffnet werden, so dass am unteren Ende des Rohrstücks 270 die Sedimente aus dem System entleert werden können. Nach dem Entleeren des Sammelraums 284 wird der Schieber 282 geschlossen und der Schieber 280 wieder geöffnet.

Wie vorstehend erwähnt kann der die Einfüllkammer 220 von unten befüllt werden. Dazu erstreckt sich durch die Wandung des Außenbehälters 212 im unteren Abschnitt 216 ein Rohrstück, das die Einfüllkammer 220 mit dem Ausgang einer Mischeinheit 286 verbindet. Der Ausgang der Mischeinheit 286 verjüngt sich zur Einfüllkammer 220 hin, vorzugsweise um 50%. Die Eingänge der Mischeinheit 286 sind mit Rohren verbunden, mittels derer die Mischeinheit 286 mit den Ausgängen der Impfpumpe 238 und eines Wärmetauschers 288 verbunden sind. Die Mischeinheit 286 mischt organische Stoffe, die von der Impfpumpe 238 (das Rezirkulat) und vom Wärmetauscher 288 (das Frischsubstrat) zugeführt werden, vorzugsweise in einem vordefinierten Verhältnis, das zumindest von einer mit einer Frischsubstratzusammensetzung des der Mischeinheit zugeführten Frischsubstrats korrelierenden

Größe abhängt. Der Wärmetauscher 288 weist einen Temperatursensor 290 auf, der nahe dessen Ausgang angeordnet ist und mit dem die Temperatur des im Wärmetauscher befindlichen organischen Substrats beziehungsweise des Frischsubstrats ermittelt werden kann. Der Wärmetauscher 288 ist eingangsseitig mit einer Frischsubstrat-Pumpe verbunden, welche vorzugsweise die vorstehend im Zusammenhang mit der Vorrichtung der Figuren 2 bis 7 erläuterte Exenterschneckenpumpe ist.

10

Zwischen Wärmetauscher 288 und Mischeinheit 286, zwischen Mischeinheit 286 und Außenbehälter 212, zwischen Impfpumpe 238 und Außenbehälter 212 sowie zwischen Außenbehälter 212 und Flüssigkeitsbehälter 266 ist jeweils ein Schieber 292 angeordnet, mit dem die jeweiligen Rohrverbindungen wahlweise geöffnet und geschlossen werden können. Im Normalbetrieb sind all diese Schieber 292 geöffnet, jedoch kann es beispielsweise wartungsbedingt erforderlich sein, dass beim Austausch einer Komponente die jeweiligen der Komponente vor- und/oder nachgeschalteten Schieber 292 geschlossen werden, um einen Austausch der Komponente zu ermöglichen, ohne dass organische Stoffe aus dem System austreten.

15
20

Nachfolgend wird der Betrieb der Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas aus Figur 8 beziehungsweise ein Verfahren zur Erzeugung von Biogas unter Verwendung der Vorrichtung aus Figur 8 beschrieben. Bei Verfahren vom Stand der Technik wurde zu wenig beachtet, dass die beiden Arten an Methanbakterien der fakultativen Methanbakterien und die obligaten Methanbakterien in Symbiose leben, d.h. sie ergänzen sich und sind voneinander abhängig. Die eingangs beschriebene erste Phase (Hydrolyse oder Säurebildnerphase) und zweite Phase (Methanisierungsphase) des Gärprozesses ver-

25
30

laufen zeitversetzt um etwa sechs Stunden, wobei während der ersten sechs Stunden die so genannte Hydrolysephase abläuft. Die vorbereiteten Alkohole und Fettsäuren müssen auch in der danach ablaufenden zweiten Phase verarbeitet werden können. Dazu ist es wesentlich, dass keine Störungen durch Rühren oder Mischen wie im erfindungsgemäßen Verfahren durch eine erneute, überhöhte Säurebildung die erste Phase aus dem Gleichgewicht bringen. Jede Zugabe von Frischsubstrat aktiviert die Säurebildung, so dass es zur Anhäufung von Säureprodukten kommt, wenn die Aufbereitung der organischen Stoffe nicht optimal funktioniert, erliegt der eigentliche Gärprozess der Überproduktion von Säureprodukten. Daher wurde im vorliegenden Verfahren bewusst die Säurebildnerphase (Hydrolyse) in den Vordergrund gerückt, wodurch sich das vorliegende Verfahren von vielen Verfahren aus dem Stand der Technik unterscheidet. Im vorliegenden Verfahren sind Hydrolyse und Methanisierung im Gleichgewicht und werden nicht wie bei Verfahren aus dem Stand der Technik getrennt durchgeführt. Würde man die Hydrolyse und Methanisierung getrennt voneinander durchführen, müsste man ein vorgesäuertes Substrat in den aktiven Prozess einschleusen, was zur Folge hätte, dass sich Säurekonzentrationen bilden und der Prozess lange Zeit für die Gleichgewichtsherstellung benötigt, teilweise 20 bis 30 Tage und mehr. Der gleiche Nachteil entsteht durch Rühren und Mischen sowie Einblasen von Gas. Im vorliegenden Prozess wird bewusst auf Störungen dieses Gleichgewichtes durch Rühren und Mischen verzichtet.

Die Frischsubstrat-Pumpe wird mittels einer nicht dargestellten Steuerung angesteuert und pumpt das Frischsubstrat in den Wärmetauscher 288 und von dort weiter in die Mischeinheit 286 und schließlich in die Einfüllkammer 220 des

Biogasreaktors 210. Dann schaltet die Frischsubstrat-Pumpe ab. Das in den Wärmetauscher 288 zugeführte Frischsubstrat wird erwärmt, im vorliegenden Ausführungsbeispiel auf 37°C, was mittels des Temperatursensors 90 überwacht wird. Diese
5 Erwärmung wird beispielsweise durch Einleitung eines heißen Fluids in den Wärmetauscher 288 erreicht, wobei das Fluid räumlich vom Frischsubstrat getrennt ist. Dieses Fluid hat vorzugsweise eine Temperatur von etwa 80°C. Sobald der Temperatursensor 290 erfasst, dass die Temperatur von 37°C er-
10 reicht ist, wird die Frischsubstrat-Pumpe eingeschaltet, so dass neues Frischsubstrat in den Wärmetauscher 288 eingetragen wird und das vorgewärmte Frischsubstrat aus dem Wärmetauscher 288 austritt und in die Mischeinheit 286 eintritt. Mit der Frischsubstrat-Pumpe wird gleichzeitig auch
15 die Impfpumpe 238 betrieben, was später genauer erläutert wird. Die Frischsubstrat-Pumpe bleibt vorzugsweise so lange eingeschaltet, bis der Temperatursensor 290 eine Temperatur gleich oder kleiner 35°C erfasst. Dann wird die Frischsubstrat-Pumpe ausgeschaltet, so dass das neu in den Wärmetau-
20 scher 288 zugeführte organische Frischsubstrat, welches noch nicht vorgewärmt ist, nun vorgewärmt werden kann bis es eine Temperatur von 37°C erreicht und wie vorstehend beschrieben weitertransportiert wird. Die Intervalle, in denen das organische Frischsubstrat zugeführt wird, können
25 variabel gestaltet werden und die Frischsubstrat-Pumpe wird vorzugsweise nicht ausschließlich abhängig vom Temperatursensor 290 gesteuert, sondern auch in Abhängigkeit von der Frischsubstratzusammensetzung. Gleiches gilt für die Impfpumpe 238. Vielmehr ist die Steuerung mittels Temperatursensor 290 so zu verstehen, dass eine Grundvoraussetzung
30 für die Zufuhr des Frischsubstrates ist, dass dieses eine minimale Temperatur von 35°C aufweist. Die Intervalle können auch länger sein, wie für die Vorwärmung des Frischsub-

strats im Wärmetauscher 288 erforderlich. Somit kann bei
schneller Vorwärmung des Frischsubstrates im Wärmetauscher
288 eine nahezu kontinuierliche Zufuhr oder eine Zufuhr von
Frischsubstrat in bestimmten Zyklen erfolgen. Die Impfpumpe
5 238 dient dazu, aus dem Biogasreaktor 210 abgeführtes Sub-
strat, nämlich das so genannte Rezirkulat, welches eben-
falls eine Temperatur von 35°C aufweist, in die Mischein-
heit 286 einzuspeisen. Wie vorstehend erwähnt, werden die
Frischsubstrat-Pumpe und die Impfpumpe 238 synchron betrie-
10 ben. Jedoch werden die Frischsubstrat-Pumpe und die Impf-
pumpe 238 beispielsweise so von einer Steuereinrichtung an-
gesteuert, dass eine Zufuhr zur Mischeinheit 286 des vorge-
nannten Rezirkulats und des Frischsubstrats, das beispiels-
weise von den Vorrichtungen gemäß den Figuren 2 bis 7 her-
15 gestellt wird, zumindest in Abhängigkeit von einer mit ei-
ner Frischsubstratzusammensetzung des der Mischeinheit 286
zugeführten Frischsubstrats korrelierenden Größe erfolgt,
um ein definiertes Gemisch in der Mischeinheit 286 zu er-
halten. Insbesondere werden durch die Steuereinrichtung die
20 Gewichtsprozent von entsprechenden Komponenten des Frisch-
substrats ermittelt, beispielsweise des Strohhäcksels, der
dünnflüssigen Gülle und des Festmists. Auf der Grundlage
dieser Ermittlung wird die Zufuhr des Rezirkulats und/oder
des Frischsubstrats zur Mischeinheit 286 gesteuert. Insbe-
25 sondere werden die Menge des der Mischeinheit 286 zugeführ-
ten Rezirkulats und die Menge des der Mischeinheit zuge-
führten Frischsubstrats basierend auf der ermittelten Zu-
sammensetzung des Frischsubstrats gesteuert. Vorzugsweise
wird die Zufuhr des Rezirkulats und des Frischsubstrat in
30 die Mischeinheit 286 so gesteuert, dass sich in dem in der
Mischeinheit 286 befindlichen Gemisch ein C/N-Verhältnis
von 20:1 sowie ein pH-Wert, der größer als 7 ist, einstel-
len. Beispielsweise kann ein solches Gemisch unter defi-

nierter Zufuhr von Rezirkulat dann erzielt werden, wenn das Frischsubstrat vor Erreichen der Mischeinheit 286 einen Trockensubstanzgehalt von 22% aufweist und 7 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhäcksel, und 93 Gewichtsprozent Rindergülle/Festmist oder 15 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhäcksel, und 85 Gewichtsprozent Schweinegülle/Festmist umfasst. Durch die Zusammenmischung des Rezirkulats mit Frischsubstrat im richtigen Verhältnis tritt eine Belebung im Gärprozess ein, so dass schließlich die restlichen organischen Stoffe angegriffen und abgebaut werden. Diese Maßnahme trägt wesentlich zur hohen Abbaurate der organischen Stoffe des vorliegenden Verfahrens bei, welche über 70% und höher liegen kann.

In der Mischeinheit 286 werden darin befindlichen organischen Stoffe durch den konisch verjüngten Ausgang der Mischeinheit 286 weiter vermischt. Am Ende eines Gärprozesses ist der größte Teil der organischen Stoffe abgebaut und die Methanbakterien liegen in höchster Konzentration vor. Durch diese Einimpfung der Methanbakterien in das Frischsubstrat mittels der Mischeinheit 286 ist gewährleistet, dass der Gärprozess sehr stürmisch beginnt, denn die große Anzahl von Bakterien trifft auf eine große Masse an Frischsubstrat und bewirkt so den stürmisch beginnenden Gärprozess. Nach Eintritt in die Einfüllkammer 220 steigt das Substrat in der Einfüllkammer 220, getrieben von nachfolgendem Substrat, nach oben. Das in der Einfüllkammer 220 nach oben strömende Substrat wird bei Erreichen der Verengung im oberen Bereich der Einfüllkammer 220 verdichtet, so dass keine Schwimmschichten entstehen. Die an der Überlaufkante 222 überquellende Gärmasse stürzt über die Überlaufkante 222 in die erste Zwischenkammer 230. Bei diesem Stürzen über die Überlaufkante 222 entgast die Gärmasse voll-

ständig nach oben. Zudem werden eventuelle Zusammenballungen des Substrats aufgebrochen. Das Biogas sammelt sich im oberen Abschnitt 214 des Außenbehälters 212, wie durch Punkte in Figur 8 dargestellt ist. Da die Oberkante der Innenröhre 226 höher ist, als die Überlaufkante 222, wird vermieden, dass die Gärmasse sich direkt von der Einfüllkammer 220 in die zweite Zwischenkammer 232 bewegt. Vielmehr bewegt sich die in die erste Zwischenkammer 230 eingefüllte Gärmasse in dieser nach unten. Diese Bewegung der Gärmasse nach unten wird durch die nachgefüllte Gärmasse vorangetrieben. Im unteren Bereich des Innenbehälters 218 ist die erste Zwischenkammer 230 mit der zweiten Zwischenkammer 232 verbunden, so dass die Gärmasse, welche am unteren Ende aus der ersten Zwischenkammer 230 austritt, in das untere Ende der zweiten Zwischenkammer 232 eintritt. In dieser zweiten Zwischenkammer 232 steigt die Gärmasse nach oben. Durch das Prinzip kommunizierender Gefäße herrscht in der ersten Zwischenkammer 230 und in der zweiten Zwischenkammer 232 im Wesentlichen der gleiche Füllstandspegel. Dieser Füllstandspegel entspricht der Einfüllöffnung 234. Erreicht die Gärmasse in der zweiten Zwischenkammer 232 die Einfüllöffnung 234, so stürzt die Gärmasse in den Rücklaufkanal 236 und sinkt in diesem nach unten. Die Höhe, um welche das Substrat im Rücklaufkanal 236 nach unten stürzt hängt mitunter vom Druck ab, mit dem der Innenraum des Biogasreaktors 210 beaufschlagt ist. Auch beim Stürzen von der zweiten Zwischenkammer 232 in den Rücklaufkanal 236 wird die Biomasse vollständig entgast. Dadurch, dass der Ablaufkanal 242 mit dem Rücklaufkanal 236 eine kommunizierende Röhre ausbildet, hängt der Füllstandspegel im Ablaufkanal 242 vom Füllstandspegel im Rücklaufkanal 236 ab. Etwa die Hälfte des im Rücklaufkanal 236 sich nach unten bewegenden Substrats verlässt den Biogasreaktor über den Ablaufkanal

242 und die andere Hälfte wird durch die Impfpumpe 238 in die Mischeinheit 286 gefördert, wo sie mit dem neu zugeführten Frischsubstrat, wie vorstehend erläutert, vermischt wird. Innerhalb des Außenbehälters 212 wird die Biomasse
5 durch die Heizung 262 auf einer Temperatur von ca. 35°C gehalten. Das vorliegende Verfahren läuft im mesophilen Bereich (30°C-38°C) ab, weil in diesem Bereich die Abbauraten höher sind und somit eine größere Gasmenge erzeugt werden kann. Die im Verfahren vorliegenden Methanbakterien sind
10 sehr empfindlich und benötigen möglichst eine gleichbleibende Temperatur, die keinen starken Schwankungen unterworfen ist.

Der Rücklaufkanal 236 wird nach etwa 8 bis 10 Tagen erreicht wobei das Substrat an dieser Position nur noch reaktionslose Gärmasse beinhaltet, welche mit den vorherrschenden Gärbakterien hoch angereichert ist. Das sich im oberen Abschnitt 214 des Außenbehälters 212 angesammelte Biogas wird mittels des Flüssigkeitsbehälters 266 auf einem konstanten Druck gehalten und zunächst über die Gasabfuhrleitung 264 in den Flüssigkeitsbehälter 266 kontinuierlich abgeführt und von dort über die Gaseinspeisleitung 268 zu einem nicht dargestellten Gasspeicher eingespeist. Dabei werden keine Druckventile eingesetzt, welche leicht verschleiben würden, sondern der Druck wird über die Eintauchtiefe von 1 m bis 2 m konstant gehalten. Die Förderung der Gärmasse im ganzen System erfolgt mittels Pumpendruck der Pumpen 238 und 292, durch das hydrostatische Gefälle von der Überlaufkante 222 zur Einfüllöffnung 234 und durch den Gasdruck im oberen Abschnitt 214 von 0,1 bis 0,2 bar. Über das statische Gefälle sowie den Innendruck kann die Förderwirkung für die im Biogasreaktor befindlichen organischen Stoffe variiert werden, d.h. das statische Gefälle und/oder

der Innendruck können auf die Konsistenz der organischen Stoffe abgestimmt werden.

Im Ergebnis wird ein Gärprozess erlangt, in dem organische Bestandteile in verhältnismäßig kurzer Zeit, etwa 6 bis 10 Tage, bis zu 70% und mehr reduziert werden. Das bedeutet die Gewinnung einer großen Gasmenge und bei entsprechenden Rahmenbedingungen eine sehr gute Wirtschaftlichkeit. Die Umwandlung der organischen Stoffe findet in geschlossenen Behältern statt, so dass keine Gerüche nach außen austreten. Die Gärreststoffe, die am Ablaufrohr 240 austreten, haben einen erdigen Geruch und sind frei von Schleimstoffen und in jeder Hinsicht umweltverträglich. Diese können ohne weitere Behandlung als Naturdünger auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden. Sollte eine Weiterbehandlung aus zwingenden Gründen erforderlich sein, so ist eine Fest-Flüssigtrennung angebracht und mit geringem Aufwand möglich, weil sich die ausgegorenen Reststoffe leicht trennen lassen.

Alternativ zum beschriebenen Ausführungsbeispiel ist es möglich, bei der in Figur 8 dargestellten Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas den Wärmetauscher 288 entfallen zu lassen und das Frischsubstrat mittels Dampfeintragung vorzuwärmen.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste:

| | | |
|----|-----|---|
| 5 | 10 | Vorrichtung |
| | 12 | Freifallmischer |
| | 14 | Übergabebehälter bzw. Übergabetrichter |
| | 16 | Strohgebläseleitung |
| | 18 | Güllezuführleitung |
| 10 | 20 | Fördereinrichtung mit Förderband |
| | 22 | Trichter für Festmist |
| | 24 | Exzentrerschneckenpumpe |
| | 26 | Strohschredder |
| | 28 | Gebälse |
| 15 | 30 | Leitung |
| | 32 | Trommelklappe mit Saugöffnungen |
| | 100 | Vorrichtung |
| | 112 | Vertikalmischer |
| | 116 | Strohgebläseleitung |
| 20 | 118 | Güllezuführleitung |
| | 124 | Schneckenförderer (Querschneckenförderer) |
| | 126 | Strohschredder |
| | 132 | Saugöffnung |
| | 133 | Entlüftungsöffnungen |
| 25 | 134 | Deckel |
| | 136 | Vertikalmischschnecken |
| | 138 | Behälter |
| | 140 | Längsförderschnecken |
| | 210 | Biogasreaktor |
| 30 | 212 | Außengehäuse |
| | 214 | Oberer Abschnitt des Außengehäuses |
| | 216 | Unterer Abschnitt des Außengehäuses |
| | 218 | Innengehäuse |

- 220 Einfüllkammer
- 222 Überlaufkante
- 224 Unterer Abschnitt des Innenbehälters
- 226 Innenröhre
- 5 228 Rücklaufrohr
- 230 Erste Zwischenkammer
- 232 Zweite Zwischenkammer
- 234 Einfüllöffnung
- 236 Rücklaufkanal
- 10 238 Impfpumpe
- 240 Ablaufrohr
- 242 Ablaufkanal
- 244 Rohrstück
- 246 Rohrstück
- 15 248 Schieber
- 250 Schieber
- 252 Schieber
- 254 Schieber
- 256 Sammelraum
- 20 258 Sammelraum
- 260 Isolation
- 262 Heizung
- 264 Gasabführleitung
- 266 Flüssigkeitsbehälter
- 25 268 Gaseinspeisleitung
- 270 Rohrstück
- 272 Steigrohr
- 274 Öffnungen
- 276 Flüssigkeit
- 30 278 Ende der Gasabführleitung
- 280 Schieber
- 282 Schieber
- 284 Sammelraum

- 286 Mischeinheit
- 288 Wärmetauscher
- 290 Temperatursensor
- 292 Schieber

ANSPRÜCHE

5 1. Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas aus organischen
Stoffen, mit einem zumindest eine Kammer (220, 230, 232)
ausbildenden Biogasreaktor (210), dem über eine Mischein-
heit (286) ein definiertes Gemisch aus einem organische
10 Stoffe aufweisenden Frischsubstrat und einem organische
Stoffe aufweisenden Rezirkulat zuführbar ist, **dadurch ge-
kennzeichnet**, dass eine Steuereinrichtung vorgesehen ist,
die geeignet ist, eine Zufuhr des Rezirkulats und/oder des
Frischsubstrats zur Mischeinheit (286) zumindest in Abhän-
15 gigkeit von einer mit einer Frischsubstratzusammensetzung
des der Mischeinheit (286) zugeführten Frischsubstrats kor-
relierenden Größe zu steuern, um das definierte Gemisch zu
erhalten.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
20 dass die Steuereinrichtung geeignet ist, Gewichtsprozent
von entsprechenden Komponenten des Frischsubstrats zu er-
mitteln und auf der Grundlage dieser Ermittlung die Zufuhr
des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischein-
heit (286) zu steuern.

25

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass die Steuereinrichtung geeignet ist, die Zu-
fuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur
Mischeinheit (286) derart zu steuern, dass sich in dem de-
30 finierten Gemisch ein C/N-Verhältnis von 20:1 einstellt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch
gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung geeignet ist,

die Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit (286) derart zu steuern, dass sich in dem definierten Gemisch ein C/N-Verhältnis von 20:1 und ein pH-Wert, der größer als 7 ist, einstellen.

5

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Frischsubstrat vor Erreichen der Mischeinheit (286) einen Trockensubstanzgehalt von 22% aufweist und 7 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhäcksel, und 93 Gewichtsprozent Rindergülle/Festmist oder 15 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhäcksel, und 85 Gewichtsprozent Schweinegülle/Festmist umfasst.

6. Verfahren zur Erzeugung von Biogas aus organischen Stoffen durch eine Biogasanlage, die einen zumindest eine Kammer (220, 230, 232) ausbildenden Biogasreaktor (210) umfasst, dem über eine Mischeinheit (286) ein definiertes Gemisch aus einem organische Stoffe aufweisenden Frischsubstrat und einem organische Stoffe aufweisenden Rezirkulat zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit (286) zumindest in Abhängigkeit von einer mit einer Frischsubstratzusammensetzung des der Mischeinheit (286) zugeführten Frischsubstrats korrelierenden Größe gesteuert wird, um das definierte Gemisch zu erhalten.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass Gewichtsprozent von entsprechenden Komponenten des Frischsubstrats ermittelt werden und auf der Grundlage dieser Ermittlung die Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit (286) gesteuert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit (286) derart gesteuert wird, dass sich in dem definierten Gemisch ein C/N-Verhältnis von
5 20:1 einstellt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zufuhr des Rezirkulats und/oder des Frischsubstrats zur Mischeinheit (286) derart gesteuert
10 wird, dass sich in dem definierten Gemisch ein C/N-Verhältnis von 20:1 und ein pH-Wert, der größer als 7 ist, einstellen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch**
15 **gekennzeichnet**, dass das Frischsubstrat vor Erreichen der Mischeinheit (286) so ausgebildet wird, dass es einen Trockensubstanzgehalt von 22% aufweist und 7 Gewichtsprozent Stroh, insbesondere Strohhäcksel, und 93 Gewichtsprozent Rindergülle/Festmist oder 15 Gewichtsprozent Stroh, insbe-
20 sondere Strohhäcksel, und 85 Gewichtsprozent Schweinegülle/Festmist umfasst.

FIG. 1

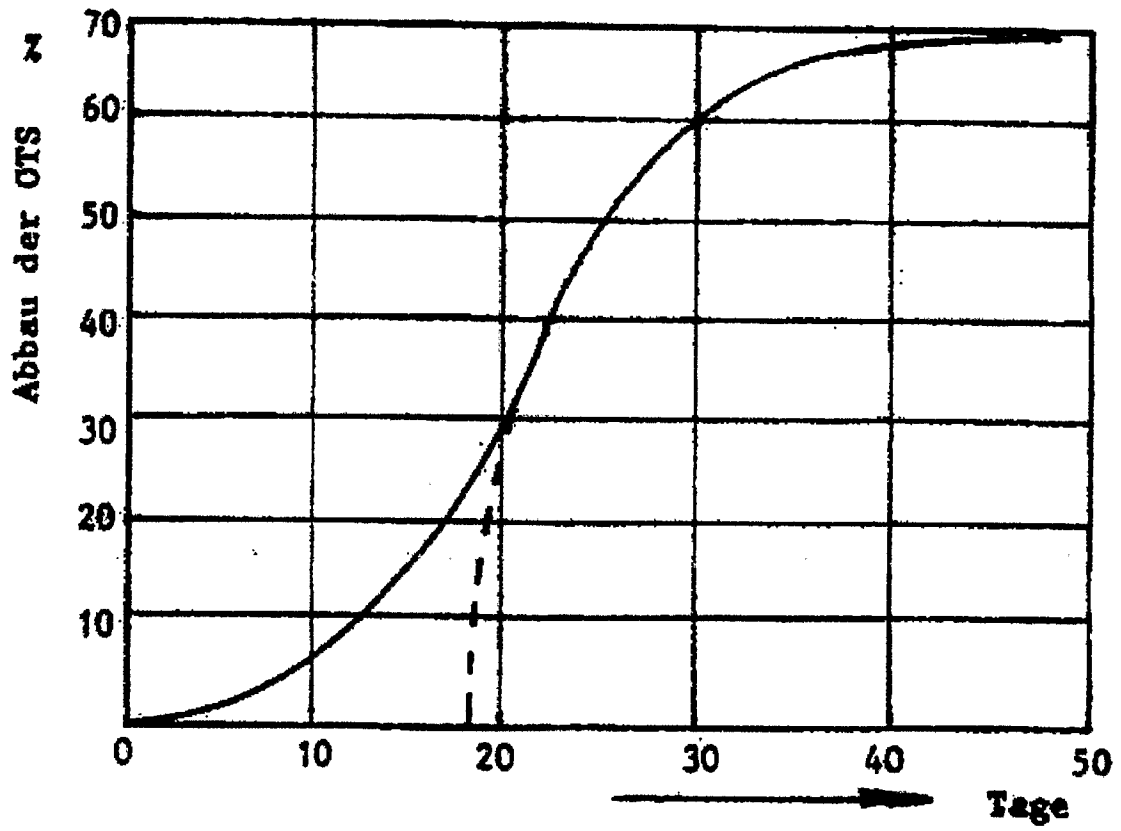


Fig. 2

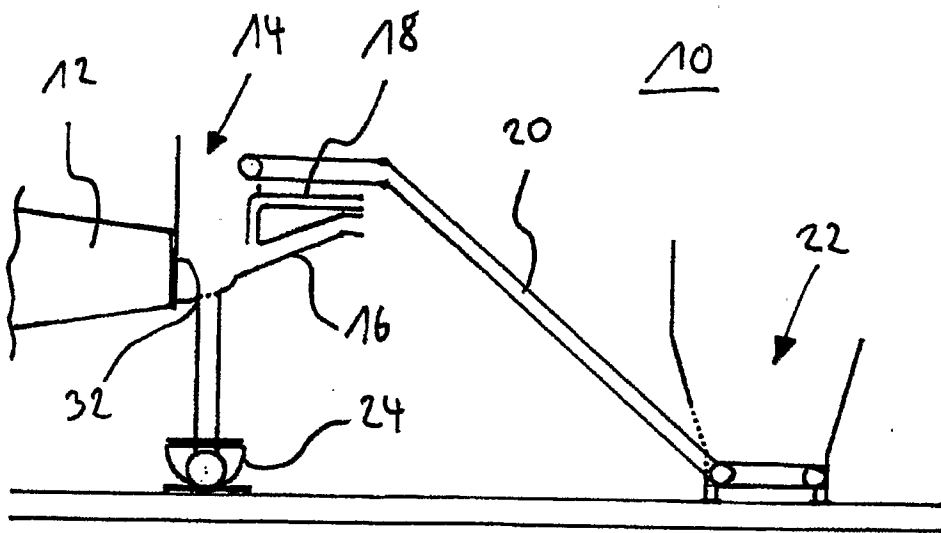


Fig. 3

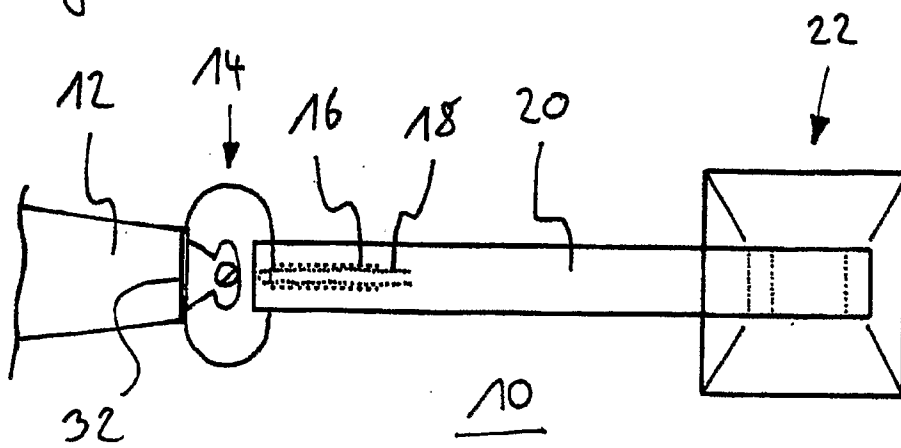
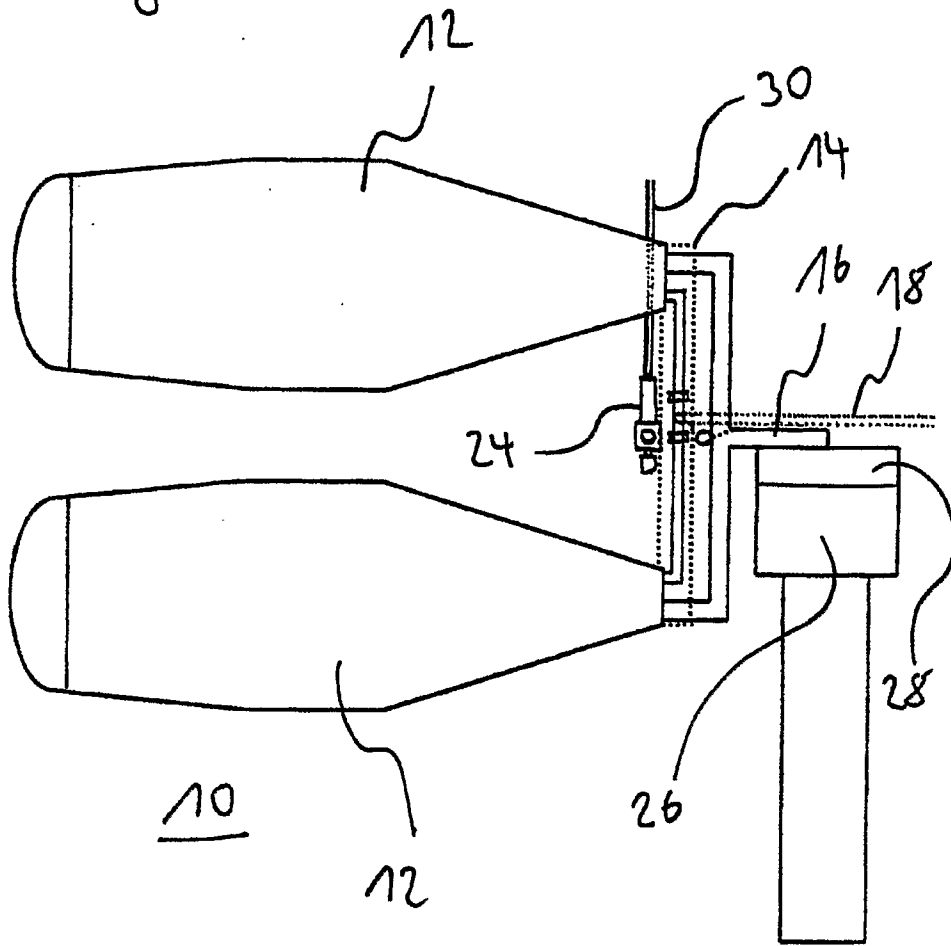


Fig. 4



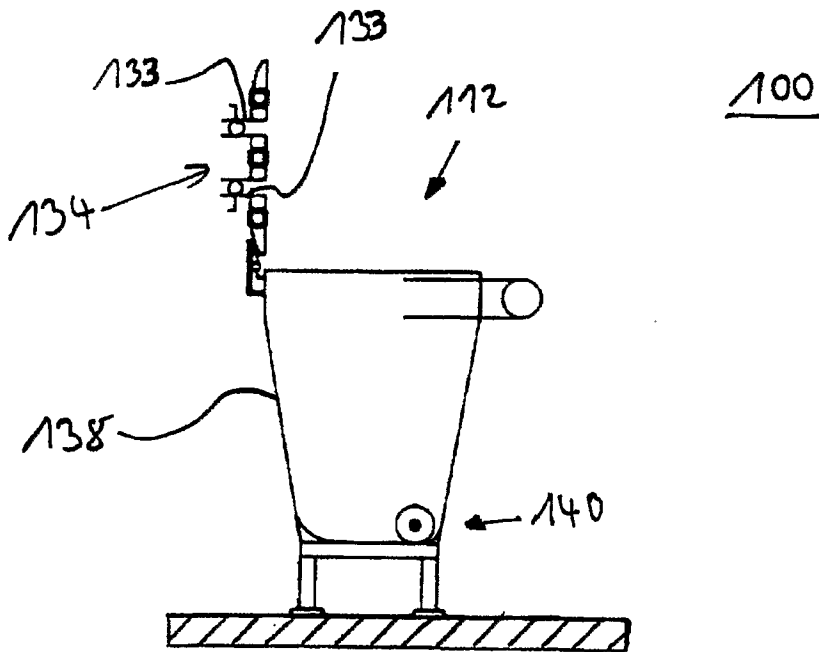
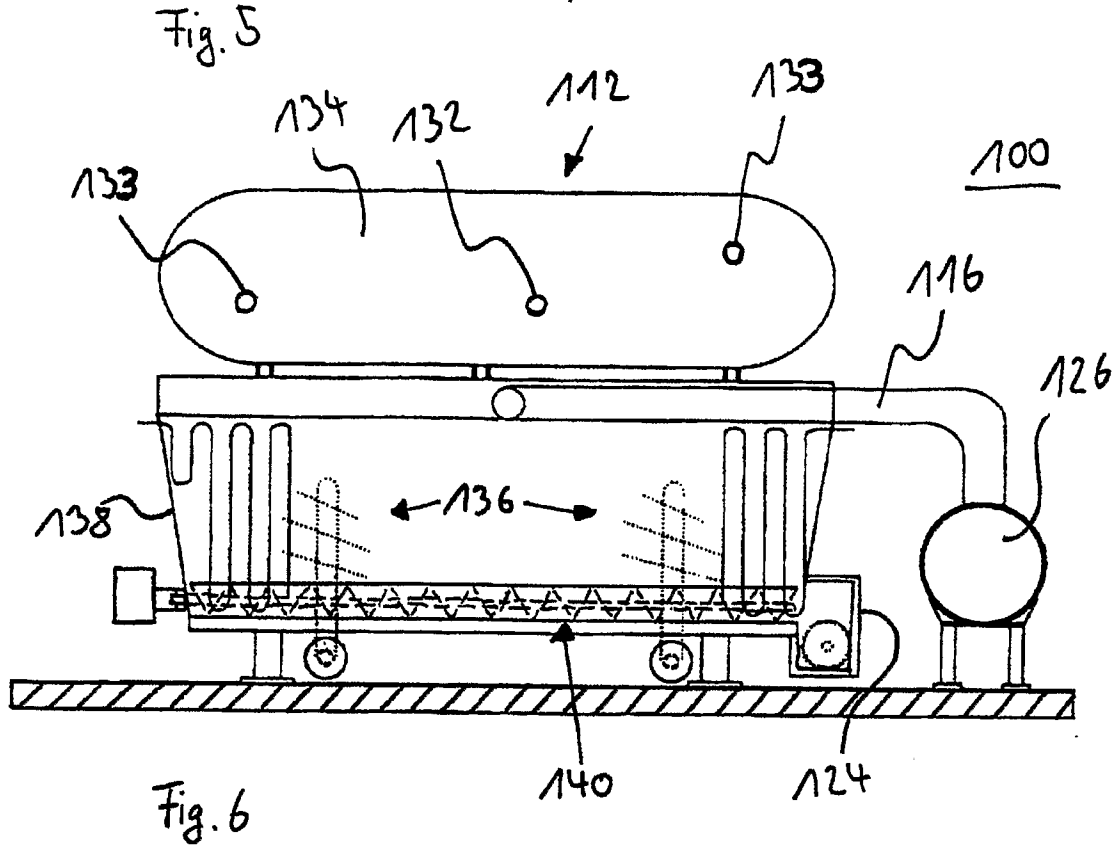
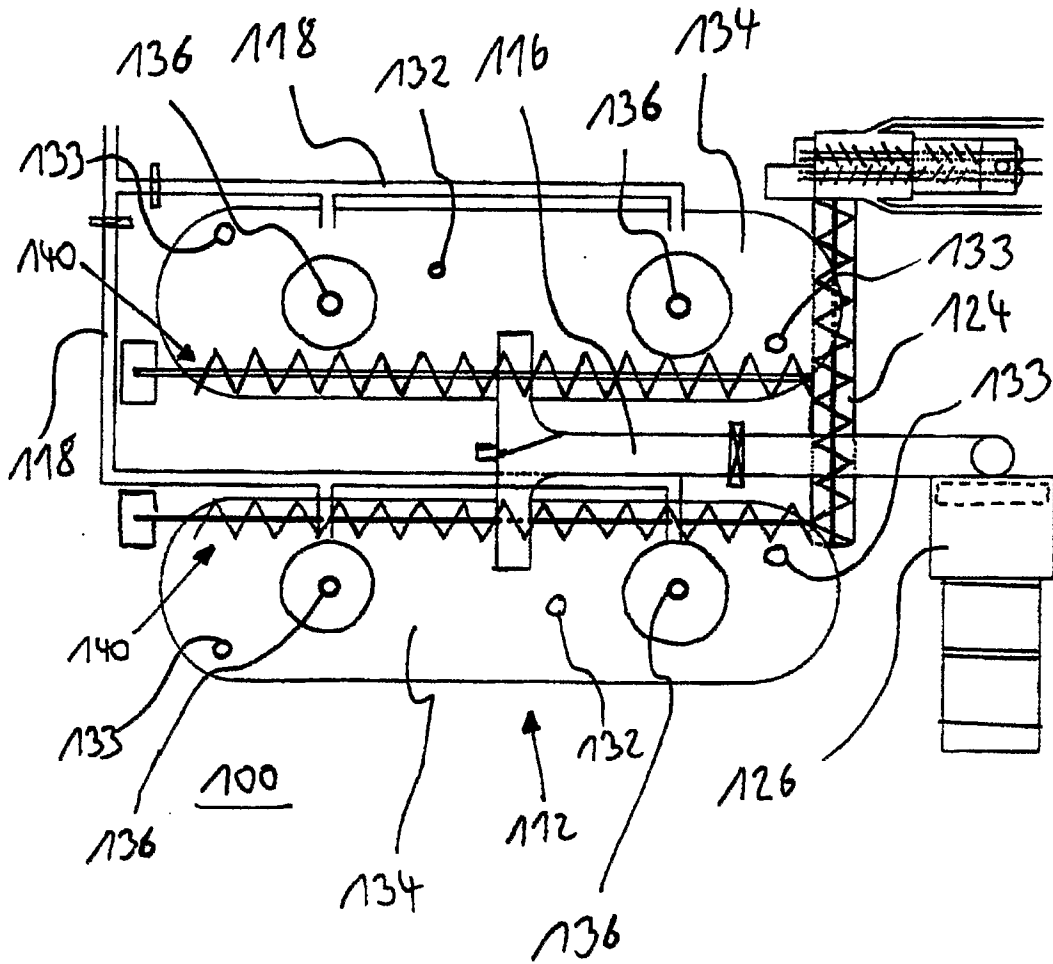


Fig. 7



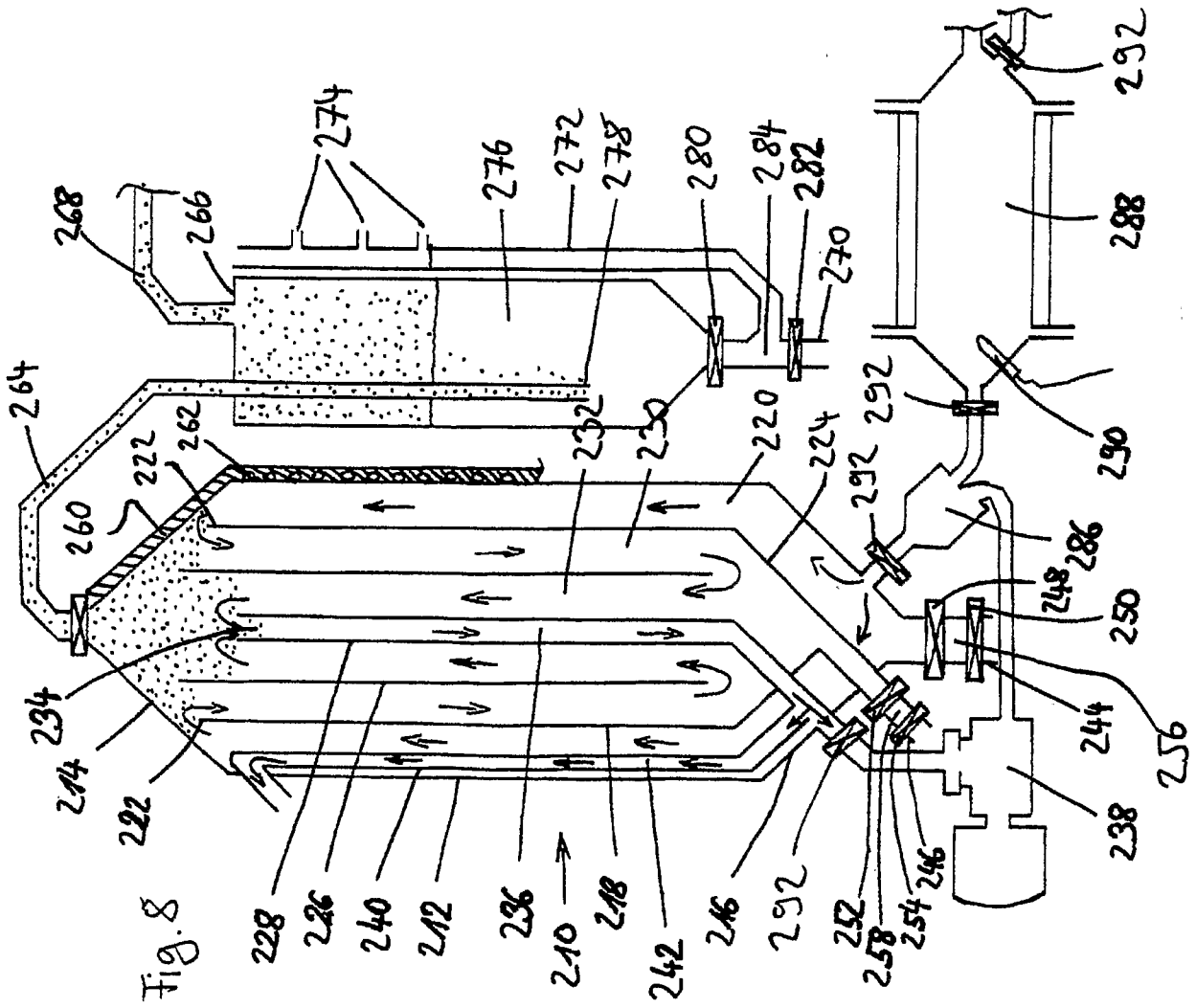


Fig. 8