

(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
23. Januar 2014 (23.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/012952 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/065041
(22) Internationales Anmeldedatum: 16. Juli 2013 (16.07.2013)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität: 10 2012 212 505.1 17. Juli 2012 (17.07.2012) DE
(71) Anmelder: BEKON HOLDING AG [DE/DE]; Feringastrasse 9, 85774 Unterföhring (DE).
(72) Erfinder: LUTZ, Peter; Oberföhringer Str. 89, 81925 München (DE).
(74) Anwälte: BRANDL, Ferdinand et al.; Winter Brandl Fürniss Hübner Röss Kaiser Polte - Partnerschaft, Alois-Steinecker-Str. 22, 85354 Freising (DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A BIOGAS SYSTEM AND A BIOGAS SYSTEM OPERATED IN SUCH A MANNER

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BIOGASANLAGE UND EINE DERART BETRIEBENE BIOGASANLAGE

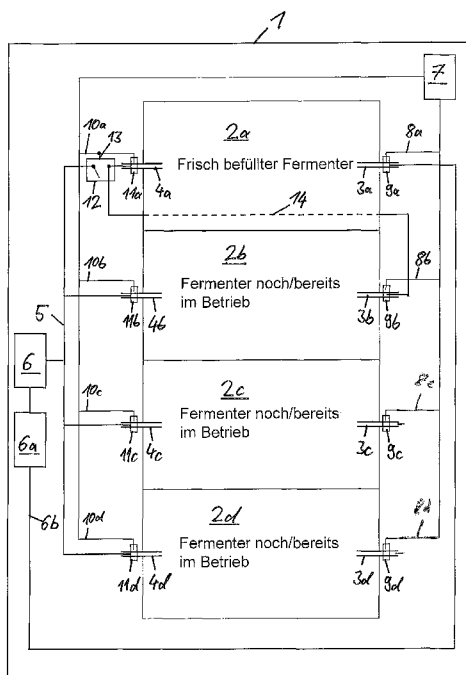


Fig. 1

2a Freshly filled fermenter
2b Fermenter still/already in operation
2c Fermenter still/already in operation
2d Fermenter still/already in operation

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a biogas system (1) according to the principle of dry fermentation with a plurality of biogas fermenters (2a-2d) that are run in batch mode. At least one of the biogas fermenters (2a-2d) has just been loaded with fresh biomass and the other biogas fermenter or fermenters (2a-2d) are in the state of producing more highly concentrated biogas. The method provides for closure of the at least one biogas fermenter (2a-2d) loaded with fresh biomass and connection of the at least one biogas fermenter (2a-2d) loaded with fresh biomass to at least one of the other biogas fermenters (2a-2d) producing biogas. In addition, there is a return of the biogas mixture from the at least one freshly loaded biogas fermenter (2a-2d) to at least one of the other biogas fermenters (2a-2d) producing biogas. After expiration of a defined time duration, the return of the biogas mixture from the freshly loaded biogas fermenter (2a-2d) is stopped. The invention also relates to a biogas system (1) which is suitable for operation in accordance with the method of the invention.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Biogasanlage (1) nach dem Prinzip der Trockenfermentation mit einer Mehrzahl von Biogasfermentern (2a bis 2d), die im Batch-Betrieb gefahren werden. Wenigstens einer der Biogasfermenter (2a bis 2d) wurde gerade mit frischer Biomasse beladen und der oder die übrigen Biogasfermenter (2a bis 2d) im Zustand der Produktion von höher konzentriertem Biogas sind. Das Verfahren sieht ein Schließen des wenigstens einen mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenters (2a bis 2d) und ein Verbinden des wenigstens einen mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenters (2a bis 2d) mit wenigstens einem der übrigen Biogas produzierenden Biogasfermenter (2a bis 2d) vor. Des Weiteren findet eine Rückführung des Biogaskgemisches aus dem wenigstens einen frisch beladenen Biogasfermenter (2a bis 2d) in wenigstens einen der übrigen Biogas produzierenden Biogasfermenter (2a bis 2d) statt. Nach Ablauf einer bestimmten Zeitdauer wird die Rückführung des Biogaskgemisches aus dem frisch beladenen Biogasfermenter (2a bis 2d) beendet. Die Erfindung bezieht sich auf eine Biogasanlage (1), die sich für den Betrieb nach dem erfindungsgemäßen Verfahren eignet.

Verfahren zum Betreiben einer Biogasanlage und eine derart betriebene Biogasanlage

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Biogasanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie auf eine Biogasanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 8.

Aus der Praxis und beispielsweise aus der EP 0 934 998 A2 ist bekannt, dass bei der so genannten Trockenfermentation das zu vergärende Material nicht in eine flüssige Phase überführt wird, wie das zum Beispiel bei der Flüssigvergärung von Bioabfällen der Fall ist. Stattdessen wird das in den Biogasfermenter eingebrachte Gärsubstrat ständig feucht gehalten, indem das Perkolat am Fermenterboden abgezogen und anschließend über der Biomasse wieder versprüht wird. So werden optimale Lebensbedingungen für die für die Vergärung benötigten Bakterien erreicht. Bei der Rezirkulation des Perkolats kann zusätzlich die Temperatur reguliert werden, und es besteht die Möglichkeit, Zusatzstoffe für eine Prozessoptimierung zuzugeben. Notwendig ist die Trockenfermentation beispielsweise bei sehr trockenen oder besonders faserigen Gärsubstraten.

Aus der DE 10 2008 059 803 A1 ist beispielsweise bekannt, dass Bioreaktoren oder Biogasanlagen, die nach dem Prinzip der Trockenfermentation arbeiten, häufig im so genannten Batch-Betrieb betrieben werden. Der Begriff „Batch-Betrieb“ kennzeichnet ein Verfahrensprinzip, bei dem während des Gärprozesses kein weiteres Material zugeführt oder entnommen wird. Die einmal in den Biogasfermenter gefüllte Biomasse bzw. das Gärsubstrat verbleibt dort bis zum Ende der Verweilzeit. Am Ende der Verweilzeit des Gärsubstrats im Gärbehälter wird der jeweilige Fermenterraum vollständig entleert und dann neu befüllt. Das vergorene Substrat kann beispielsweise einer Nachkompostierung zugeführt werden. Nachteilig am Batch-Betrieb ist also, dass der Betrieb des Biogasfermenter zumindest immer dann unterbrochen werden muss,

wenn der Fermenterraum entleert und mit frischem Gärsubstrat befüllt werden muss. Damit einem zur Erzeugung von Strom und/oder Wärme dienenden Blockheizkraftwerk trotzdem kontinuierlich eine ausreichende Menge Biogas zugeführt werden kann, werden in der Biogasanlage mehrere Gärbehälter zeitlich versetzt betrieben.

Die DE 10 2008 059 803 A1 greift das oben beschriebene Problem auf – nämlich dass der Batch-Betrieb ein Abschalten der einzelnen Biogasfermenter zum Entleeren und Befüllen notwendig macht, d. h. dass die Biogasproduktion zumindest eines Biogasfermenter gestoppt werden muss. Denn, wie oben beschrieben, muss dann zunächst die bereits vergorene Biomasse aus dem jeweiligen Biogasfermenter entnommen, die frische Biomasse in den Biogasfermenter eingefüllt und die Biogasproduktion wieder aufgenommen werden. Beim Anfahren eines frisch beladenen Biogasfermenters ist der Methananteil in dem erzeugten Biogas zunächst so gering und die Anteile an Kohlendioxid und Stickstoff sind so hoch, dass eine unmittelbare Nutzung des Biogases in einem Blockheizkraftwerk nicht möglich ist. Um diesem Problem zu begegnen, schlägt die DE 10 2008 059 803 A1 vor, die Nicht-Methanbestandteile dieses Gasgemisches, auch als Schwachgas bezeichnet, teilweise abzutrennen und das verbleibende Gasgemisch mit höherem Methananteil so lange wieder zu dem Biogasfermenter zurückzuführen, bis der Methananteil hoch genug ist. Nachteilig daran ist jedoch, dass das Gasgemisch auf diese Weise nur sehr langsam angereichert wird und das Verfahren somit nur wenig effizient ist. Ebenfalls ist nachteilig, dass in jedem Fall ein aufwendiges Abtrennen der Nicht-Methanbestandteile notwendig ist.

Aus der DE 10 2010 028 707 A1 ist ein Verfahren zur Prozessführung von Perkolatoren bzw. Fermentern in zweistufigen Biogaserzeugungsverfahren bekannt, wobei eine Biogasanlage nach dem Prinzip der Trockenfermentation, mit einer Mehrzahl von Fermentern angegeben ist, welche im Batch-Betrieb gefahren werden. Dabei ist ein zeitlicher Ablaufplan angegeben, welcher einen Abluftbetrieb zu Beginn der Perkolation vorsieht, um CO₂ reiches Hydrolysegas aus dem Fermenter abzuführen. Dieses CO₂ reiche und nicht energetisch nutzbare Hydrolysegas kann dann zur Verdrängung methanhaltigem Hydrolysegas in einem Perkolator, welcher vor dem Ende der Perkolation steht, eingesetzt werden. Dieser Vorgang ist durch den Methangasgehalt gesteuert. Zwar stellt eine, nach der DE 10 2010 028 707 A1 aufgebaute Biogasanlage,

Biogas mit konstantem und hohem Methangehalt zur Verfügung, jedoch vermindert sich durch den Abluftbetrieb während dem Beginn der Perkolation die Effizienz der Einrichtung, bzw. muss das CO₂ reiche Gas in einer Gasnutzungsanlage nachbereitet werden.

Einen vergleichbaren Prozess, bei dem jedoch, das CO₂-haltige Spülgas durch das Substrat hindurch geleitet wird, gibt die EP 2 251 408 A1 an.

Die DE 10 2009 025 329 B4 gibt ein Verfahren zum Gasaustausch zwischen zwei oder mehreren Bioreaktoren an, wobei Gas aus dem Gasraum eines oder mehrerer Bioreaktoren in den Gasraum eines oder mehrerer Bioreaktoren geleitet wird. Dazu werden konstant die Messwerte von H₂S, CO₂, CH₄ und O₂ aus allen Bioreaktoren abgefragt und der Austausch zwischen zwei und mehreren Bioreaktoren geregelt. Druck und Schwefel dienen als Werte zur Bestimmung des Zeitpunktes, wann ein Bioreaktor bereit für den Austausch mit einem oder mehreren anderen Bioreaktoren ist. Das in D4 angegebene Verfahren gibt eine Effizienzsteigerung einer Biogasanlage an, jedoch fordert es auch einen erheblichen Einsatz von Mess-, Steuer- und Regeltechnik.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Betrieb einer Biogasanlage sowie eine derart betriebene Biogasanlage zur Verfügung zu stellen, bei denen die Effizienz im Batch-Betrieb unter Einsatz konstruktiv möglichst einfacher Mittel deutlich gesteigert und die kontinuierliche Abgabe verwendbaren Biogases verbessert wird.

Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren zum Betreiben einer Biogasanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine derart betriebene Biogasanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 8. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Biogasanlage nach dem Prinzip der Trockenfermentation mit einer Mehrzahl von Biogasfermentern, die im Batch-Betrieb gefahren bzw. betrieben werden. Wenigstens einer der Biogasfermenter wurde gerade, d.h. vor kurzer Zeit, mit frischer Biomasse beladen und wenigstens einer der übrigen Biogasfermenter befindet sich in einem Zustand, in dem er ein

methanhaltigeres, d.h. besser verwendbares, Biogas produziert. Bei dem Verfahren sind die folgenden Verfahrensschritte vorgesehen:

- Schließen des wenigstens einen mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenters,
- Verbinden des wenigstens einen mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenters mit wenigstens einem der übrigen Biogas produzierenden Biogasfermenter,
- Überführung des Biogasgemisches aus dem wenigstens einen frisch beladenen Biogasfermenter in wenigstens einen der übrigen Biogas produzierenden Biogasfermenter,
- Beenden der Überführung des Biogasgemisches aus dem frisch beladenen Biogasfermenter, nach Ablauf einer bestimmten Zeitdauer.

Das Biogas aus dem frisch beladenen Biogasfermenter, das so genannte Schwachgas, wird in einen einzigen oder gleichzeitig in mehrere andere, aktuell betriebene und verwendbares Biogas – Biogas mit hoher Methankonzentration - erzeugende Biogasfermenter rückgeführt. Durch das Vermischen des Schwachgases mit dem methanhaltigeren Biogas eines oder mehrerer der übrigen Biogasfermenter lässt sich die Schwankung der Methankonzentration im Mischbiogas aus allen Biogasfermentern und die Änderungsgeschwindigkeit der Methankonzentration, auf einfache Weise verringern. Häufig wird das in den Biogasfermentern erzeugte Biogas einem BHKW mit Gasmotor zugeführt. Dem Gasmotor vorgeschaltet ist ein sogenannter Gasmischer, der das Biogas mit der notwendigen Luft zur Verbrennung mischt und bei unterschiedlichen Methankonzentrationen im Biogas für ein brennbares Biogas/Luft-Gemisch sorgt. Diese Gasmischer weisen eine gewisse Trägheit auf, so dass bei schnellen und/oder starken Schwankungen der Methankonzentration im Biogas unter Umständen ein nicht mehr brennbares Biogas/Luftgemisch dem Gasmotor zugeführt wird und der Gasmotor abstirbt. Durch die Gasüberführung gemäß der vorliegenden Erfindung wird Schwankung der Methankonzentration verringert und zusätzlich erfolgt die Änderung der Methankonzentration im Mischbiogas aus allen Biogasfermentern langsamer, so dass der Gasmischer trotz seiner Trägheit immer ein brennbares Biogas/Luft-Gemisch für den Gasmotor bereitstellen kann.

Die bestimmte Zeitdauer richtet sich nach der Größe der Biogasanlage bzw. der Anzahl der einzelnen Biogasfermenter, der Größe der einzelnen Biogasfermenter und/oder der Art der zu vergärenden Biomasse und stützt sich auf Erfahrungswerte. Die Zeitdauer wird dabei so gewählt, dass nach geschalteten Biogasverwertungsvorrichtungen, z. B. BHKW mit Gasmotor, Gasaufbereitungseinrichtungen, usw., kontinuierlich mit verwertbarem Biogas versorgt werden können.

Vorzugsweise wird die bestimmte Zeitdauer, während der die Überführung des Biogasmisches aus dem frisch beladenen Biogasfermenter erfolgt, so in einer Steuereinrichtung hinterlegt, dass die Zeitdauer parametrierbar, d.h. manuell durch einen Bediener oder automatisch durch eine technische Einrichtung veränderbar, ist. Beispielsweise kann die Zeitdauer je nach Größe der gesamten Biogasanlage – Anzahl der Biogasfermenter – und je nach Größe der Biogasfermenter verändert bzw. eingestellt werden. Dadurch, dass die Steuereinrichtung die Überführung und/oder das Beenden der Überführung in Abhängigkeit der bestimmten Zeitdauer steuert, lässt sich die Biogasanlage besonders flexibel und effizient betreiben.

Noch flexibler lässt sich die Biogasanlage betreiben, wenn sich die bestimmte Zeitdauer auch während des laufenden Betriebs der Biogasanlage durch weitere Parameter und/oder manuell durch einen Bediener beeinflussen lässt. Beispielsweise könnte die Konzentration bestimmter Biogasanteile, insbesondere die Methankonzentration, gemessen werden und in Abhängigkeit davon, die bestimmte Zeitdauer verkürzt oder verlängert werden, um den Betriebsablauf zeitlich und/oder qualitativ zu optimieren.

Um die Betriebssicherheit der Biogasanlage zu erhöhen, kann vorgesehen sein, dass nach dem Schließen des wenigstens einen mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenter ein sauerstofffreies oder zumindest ein möglichst sauerstoffarmes Spülgas in den Biogasfermenter eingeleitet wird. Der Biogasfermenter wird vor dem Öffnen solange gespült, bis gewährleistet ist, dass beim Öffnen des Biogasfermenters durch die einströmende Luft kein explosives Biogas/Luft-Gemisch mehr entstehen kann. Die Unfallgefahr wird dadurch erheblich verringert.

Das Verfahren gestaltet sich besonders einfach, da das Überführen des Biogasgemisches von dem wenigstens einen frisch beladenen Biogasfermenter durch ein Druckgefälle erfolgt, das sich durch das bloße Verbinden des mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenter – Umgebungsdruck - mit den übrigen Biogasfermentern – leicht erhöhter Druck durch das erzeugte Biogas - ergibt. Dadurch sind keine weiteren Hilfsmittel, insbesondere keine Fördermittel notwendig.

In einer vorteilhaften Ausführungsvariante des Verfahrens wird zur Bestimmung der bestimmten Zeitdauer die Methankonzentration in dem Biogasgemisch aus allen Biogasfermentern in einer Biogassammelleitung gemessen. Die Dauer der Überführung des Schwachgases in einen oder mehrere bereits Biogas produzierende Biogasfermenter wird so gewählt, dass die Methankonzentration in der Biogassammelleitung einen durch die nach geschaltete Biogasverwertungsvorrichtung vorgegebenen Minimalwert nicht unterschreitet. Wenn die Methankonzentration in der Biogassammelleitung dabei kontinuierlich oder in Intervallen gemessen wird, wird ein besonders genauer und effizienter Betrieb der gesamten Biogasanlage erreicht, da sämtliche Maßnahmen zur Überführung des Biogases auch in Abhängigkeit der gemessenen Methankonzentration erfolgen bzw. gesteuert werden können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass der wenigstens eine frisch beladene Biogasfermenter nicht nur mit einem einzigen, sondern mit mehreren der übrigen Biogasfermenter verbunden, so dass sein Biogasgemisch entsprechend zu mehreren Biogasfermentern überführt wird. Dadurch lässt sich die Effizienz des Verfahrens noch mal erheblich steigern.

Es ist ebenfalls sehr zweckmäßig, wenn die Überführung bzw. die Einleitung des anzureichernden Biogases, d.h. des Schwachgases, an einer Stelle der übrigen Biogasfermenter erfolgt, die möglichst weit von der Stelle entfernt ist, an der das in dem jeweiligen Biogasfermenter erzeugte Biogas abgezogen bzw. entnommen wird. Hierdurch wird die Verweildauer zum Anreichern des Schwachgases auf eine konstruktiv einfache Weise verlängert.

Eine Biogasanlage, die sich zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens eignet, verfügt über eine Mehrzahl von Biogasfermentern, die nach dem Prinzip der Trockenfermentation arbeiten, wobei jeder Biogasfermenter wenigstens einen Biogasauslass sowie wenigstens einen Gaseinlass aufweist. Weiter verfügt die Biogasanlage über wenigstens eine Gasüberführleitung mit einer Ventileinrichtung, durch die der Biogasauslass eines Biogasfermenters mit dem Gaseinlass eines anderen für eine bestimmte Zeitdauer verbindbar ist. Diese Biogasanlage eignet sich vorteilhafterweise dazu, den Methangehalt des Schwachgases eines frisch beladenen Biogasfermenters auf besonders einfache Weise zu erhöhen und den Schwefelwasserstoffgehalt zu reduzieren, da das Biogas nicht aus der Biogasanlage herausgeleitet, sondern innerhalb der Biogasanlage auf wenigstens einen anderen Biogasfermenter verteilt und somit die Verweildauer des Schwachgases in der Biogasanlage verlängert wird.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Biogasanlage verfügt über eine Messeinrichtung zur Erfassung der Methankonzentration in einer Biogassammelleitung in der das Biogas aus allen Biogasfermentern zusammen geführt wird.

Zweckmäßig ist es, wenn die Steuereinrichtung die Verbindung des Gasauslasses des wenigstens einen frisch beladenen Biogasfermenters mit dem Gaseinlass wenigstens eines der übrigen Biogasfermenter mittels der Gasüberführleitung steuert und/oder regelt. Dabei kann die Steuerung/Regelung nur in Abhängigkeit der bestimmten Zeitdauer und/oder auch in Abhängigkeit von einem oder mehreren Parametern der Biogasanlage erfolgen. Insbesondere kann hierfür die Methankonzentration in der Biogassammelleitung berücksichtigt werden.

Idealerweise sind der Gaseinlass für das überführte Schwachgas und der Biogasauslass für das angereicherte bzw. verwendungsfertige Biogas in den Biogasfermentern möglichst weit voneinander entfernt. Insbesondere können diese an sich gegenüberliegenden Enden des jeweiligen Biogasfermenters angeordnet sein. Dadurch lässt es sich erreichen, dass das mit Methan anzureichernde Schwachgas

zusätzlich zur verlängerten Verweildauer auch einen möglichst langen Transportweg bestreiten muss.

Der Gaseinlass kann im Bodenbereich des jeweiligen Biogasfermenters angeordnet sein. Dadurch muss das Schwachgas die Biomasse durchströmen und die Verweildauer des Schwachgases in dem jeweiligen Biogasfermenter verlängert sich. Folglich ergibt sich eine besonders effektive Vermischung zwischen Schwachgas und in dem Biogasfermenter erzeugtem Biogas mit hoher Methankonzentration.

Eine vorteilhafte Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass sich die Gaseinlässe mit einer Quelle mit sauerstoffarmem Spülgas verbinden lassen. Damit kann ein Biogasfermenter vor dem Öffnen und neu beladen mit Spülgas gespült und die Bildung eines explosiven Biogas/Luft-Gemisches kann sicher verhindert werden.

Im Folgenden werden vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Im Einzelnen zeigen:

- Figur 1 eine stark schematisierte Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Biogasanlage mit einer Mehrzahl von Biogasfermentern,
- Figur 2 eine schematisierte Draufsicht einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Biogasanlage,
- Figur 3 eine schematisierte Draufsicht einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Biogasanlage, und
- Figur 4 eine schematisierte Draufsicht einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Biogasanlage.

Gleiche Komponenten sind in den Figuren durchgängig mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Figur 1 zeigt eine stark schematisierte Draufsicht einer erfindungsgemäßen Biogasanlage 1, die nach dem Prinzip der Trockenfermentation arbeitet. Die hier dargestellte Biogasanlage 1 weist mehrere Biogasfermenter 2a bis 2d zum Fermentieren bzw. Vergären von schüttbaren Gärsubstraten bzw. Biomassen auf. In diesem Ausführungsbeispiel sind genau vier Biogasfermenter 2a bis 2d gezeigt, wobei die Erfindung auch auf weniger oder mehr Biogasfermenter anwendbar ist.

Die Biogasfermenter 2a bis 2d werden im so genannten Batch-Betrieb betrieben, d.h., dass die zu vergärenden Biomassen während des gesamten Gärprozesses innerhalb der Biogasfermenter 2a bis 2d verbleiben und die Biogasfermenter 2a bis 2d zeitlich versetzt betrieben werden. Jeder einzelne der Biogasfermenter 2a bis 2d verfügt jeweils über einen Gaseinlass 3a bis 3d zum Einleiten von Schwachgas aus einem frisch beladenen Biogasfermenter bzw. sauerstoffarmen Spülgas, wobei die Gaseinlässe 3a bis 3d vorzugsweise im Bodenbereich bzw. bodennahen Bereich der Biogasfermenter 2a bis 2d angeordnet sind. An einer Stelle, die sich möglichst weit entfernt von den Gaseinlässen 3a bis 3d befindet, weist jeder Biogasfermenter 2a bis 2d jeweils einen Gasauslass 4a bis 4d zur Biogasentnahme auf. Die Stelle bzw. Position der Gasauslässe 4a bis 4d an den Biogasfermentern 2a bis 2d ist so gewählt, dass der Transportweg des eingeleiteten Schwachgases vom jeweiligen Gaseinlass 3a bis 3d bis zum Gasauslass 4a bis 4d möglichst lang ist.

Die Gasauslässe 4a bis 4d der Biogasfermenter 2a bis 2d werden über wenigstens eine Gasleitung 5 in einer Gassammelleitung 6 zusammengeführt. Über die Gassammelleitung 6 wird das in der Biogasanlage produzierte Biogas einer Biogasverwertungsvorrichtung 6a, wie zum Beispiel einem Blockheizkraftwerk 6a zugeführt. Das Blockheizkraftwerk 6a ist über eine Abgasleitung 6b mit den Gaseinlässen 3a bis 3d verbindbar. Damit kann einzelnen Biogasfermentern selektiv Abgas aus dem BHKW 6a als Spülgas zugeführt werden.

Wie in Figur 1 dargestellt, verfügt die Biogasanlage 1 weiter über eine Steuereinrichtung 7. Diese ist jeweils über Datenleitungen 8a bis 8d mit einer Ventileinrichtung 9a bis 9d, die den jeweiligen Gaseinlass an jedem der Gaseinlässe 3a bis 3d regelt, angeschlossen und ist für eine Betätigung der Ventileinrichtungen 9a bis 9d

eingerrichtet. Weiter ist die Steuereinrichtung 7 jeweils mittels weiterer Datenleitungen 10a bis 10d an einer weiteren Ventileinrichtung 11a bis 11d, die den jeweiligen Gasauslass an jedem der Gasauslässe 4a bis 4d regelt, angeschlossen und ist für eine entsprechende Betätigung der Ventileinrichtungen 11a bis 11d eingerichtet.

Die Biogasanlage 1 verfügt außerdem über wenigstens eine weitere Ventileinrichtung 12, die über eine weitere Datenleitung 13 mit der Steuereinrichtung 7 verbunden ist. Des Weiteren ist in der Biogasanlage 1 wenigstens eine Gasüberföhrleitung 14 vorgesehen. Die Gasüberföhrleitung 14 ist mittels der Ventileinrichtung 12 mit einem Ende mit wenigstens einen der Gasauslässe 4a bis 4d und mit einem anderen Ende mit wenigstens einem der Gaseinlässe 3a bis 3d der Biogasfermenter 2a bis 2d verbindbar. Das heißt, dass wenigstens einer der Gasauslässe 4a bis 4d von der Gassammelleitung 6 getrennt und stattdessen mit der Gasüberföhrleitung 14 verbunden werden kann. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Gasauslass 4a mit dem Gaseinlass 3b mittels der Gasüberföhrleitung 14 verbunden.

Die Steuereinrichtung 7 ist dazu eingerichtet, die Gaseinlässe 3a bis 3d, die Gasauslässe 4a bis 4d und die Ventileinrichtung 12 zum Verbinden und Trennen der Gasüberföhrleitung 14 zu steuern und/oder zu regeln. Insbesondere ist die Ventileinrichtung 12 dazu eingerichtet, die Gasüberföhrleitung 14 bedarfsweise an- bzw. abzukoppeln und den jeweiligen Gasauslass 4a bis 4d stattdessen von der Gassammelleitung 6 ab- bzw. anzukoppeln. Die bedarfsgerechte Kopplung der Gasüberföhrung erfolgt durch die Steuereinrichtung 7, die diesen Vorgang zeitgesteuert und/oder in Abhängigkeit von weiteren Parametern steuert bzw. regelt. Die Daten für die Zeitsteuerung und/oder die weiteren Parameter sind parametrierbar, d.h. programmierbar.

Der Betrieb der erfindungsgemäßen Biogasanlage 1 kann wie nachfolgend beschrieben ablaufen.

Der in Figur 1 dargestellte Biogasfermenter 2a wurde nach der vollständigen Vergärung einer darin befindlichen Biomasse heruntergefahren, abgeschaltet, entleert und befindet sich nun in einem Zustand, in dem er mit einer frischen, zu vergärenden Biomasse

beladen bzw. befüllt ist. Nach erneuter Inbetriebnahme des Biogasfermenter 2a dauert es einige Zeit, bis das sich während der Vergärung bildende Biogas einen Methangehalt bzw. eine Methankonzentration aufweist, die eine sinnvolle bzw. effiziente Weiterverwendung in einer nach geschalteten Biogasverwertungsvorrichtung zulässt.

Erfindungsgemäß erfolgt deshalb eine Überführung des in dem frisch beladenen Biogasfermenter 2a erzeugten Biogas mit geringem Methangehalt, sogenanntes Schwachgas zu wenigstens einem der übrigen Biogasfermenter 2b bis 2d. In der Steuereinrichtung 7 kann hierfür genau festgelegt werden, ob, ab wann und für wie lange, d.h. für welche Zeitdauer, eine Verbindung und/oder eine Überführung des Schwachgases aus dem frisch beladenen Biogasfermenter 2a in die übrigen Biogasfermenter erfolgen soll.

Wird der frisch beladene Fermenter 2a in Betrieb genommen, steuert die Steuereinrichtung 7 den Gasauslass 4a bzw. die Ventileinrichtung 12 an, um den Gasauslass 4a von der Gassammelleitung 6 zu trennen und diesen stattdessen mit der Gasüberführleitung 14 zu verbinden. Die Gasüberführleitung 14 wird also mit einem Ende mit dem Gasauslass 4a des frisch beladenen Biogasfermenters 2a und mit dem anderen Ende mit dem Gaseinlass 3b des Biogasfermenters 2b, der vergleichsweise höher konzentriertes Biogas produziert, verbunden. Auf diese Weise wird das Schwachgas aus dem Biogasfermenter 2a zu dem Biogasfermenter 2b überführt. Diese Überführung erfolgt für die in der Steuereinrichtung 7 festgelegte Zeitdauer. Im frisch beladenen Biogasfermenter 2a herrscht unmittelbar nach dem Schließen Umgebungsdruck, während in dem Biogas mit hoher Methankonzentration produzierenden Biogasfermenter ein leichter Überdruck herrscht. Dieser Druckunterschied führt dazu, dass Biogas mit hoher Methankonzentration in den frisch beladenen Biogasfermenter 2a strömt. Während die Biogasfermenter 2a und 2b auf diese Weise miteinander verbunden sind, beginnt die Biogasproduktion in dem frisch beladenen Biogasfermenter 2a und der Druck in dem frisch beladenen Biogasfermenter 2a steigt bis er größer als der Druck in dem Biogasfermenter 2b ist. Folglich strömt zunächst das Gasgemisch aus Schwachgas und eingeströmtem Biogas und schließlich nur noch das Schwachgas in den Biogasfermenter 2b.

Nach Ablauf der in der Steuereinrichtung 7 festgelegten Zeitdauer kann davon ausgegangen werden, dass das in dem frisch beladenen Biogasfermenter 2a erzeugte Biogas eine ausreichend hohe Methankonzentration aufweist, so dass die Gasüberführung beendet werden kann. Wird nunmehr der Biogasfermenter 2a wieder direkt mit der Biogassammelleitung 6 verbunden, bleibt die Biogasqualität bzw. die Methankonzentration in der Biogassammelleitung ausreichend hoch, d. h. sie liegt über einem bestimmten Grenzwert, der von der nach geschalteten Biogasverwertungsvorrichtung abhängt. Ist die Biogasverwertungsvorrichtung ein BHKW darf der Methangehalt je nach verwendetem Gasmotor nicht unter z. B. 40% absinken. Die Biogasanlage 1 befindet sich nun im Normalbetrieb, in dem das Biogas sämtlicher Biogasfermenter 2a bis 2d der Gassammelleitung 6 zugeführt wird.

Ausgehend von dem dargestellten Ausführungsbeispiel, lassen sich das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Biogasanlage auf vielfältige Weise abändern.

Eine mögliche Abwandlung ist in Figur 2, die eine schematische Draufsicht auf die erfindungsgemäße Biogasanlage 1 zeigt, dargestellt. Demnach ist es möglich, dass der Gasausslass 4a des Biogasfermenter 2a gleichzeitig oder stufenweise mit den zwei Gaseinlässen 3b und 3c, d.h. mit mehr als einem einzigen Gaseinlass der Biogasfermenter 2b bis 2d, verbunden wird. Dies bedeutet, dass das Schwachgas aus dem Biogasfermenter 2a auf mehrere der übrigen Biogasfermenter 2b bis 2d aufgeteilt werden kann.

Eine weitere mögliche Konfiguration der Biogasanlage 1 ist in Figur 3, die ebenfalls eine schematische Draufsicht auf die Biogasanlage 1 zeigt, dargestellt. Gemäß dieser Ausführungsform ist vorgesehen, dass zusätzlich zu der oben beschriebenen zeitabhängigen Steuerung der Biogasüberführung auch eine Messung von bestimmten Biogasbestandteilen erfolgt. Hierzu ist in der Gassammelleitung 6 eine Messeinrichtung 15 zur Messung der Konzentration der Biogasbestandteile des Biogasgemisches, insbesondere der Methankonzentration, in der Biogassammelleitung 6 vorgesehen. Die Messeinrichtung 15 ist mittels einer Datenleitung 16 mit der Steuereinrichtung 7 verbunden. Somit kann die Gasüberführung des frisch beladenen Biogasfermenters 2a

auch in Abhängigkeit Methankonzentration in der Biogassammelleitung 6, gesteuert und/oder geregelt werden. Beispielsweise kann die für die Gasüberführung bestimmte Zeitdauer in Abhängigkeit der gemessenen Biogasbestandteile verkürzt oder verlängert werden. Es ist auch denkbar, dass die Gasüberführung unterbrochen und wieder aufgenommen wird.

In Figur 4 ist eine alternative Ausführungsform der Biogasanlage 1 in einer schematischen Draufsicht dargestellt. Um die Biogasanlage 1 und insbesondere die Biogasfermenter 2a bis 2d konstruktiv einfach auszubilden, ist in dieser Ausführungsform vorgesehen, dass die Gasüberführleitung 14 mit den Gaseinlässen 3a bis 3d zu verbinden ist. Auf diese Weise wird die Leitungsführung der Gasüberführleitung 14 erheblich vereinfacht. In diesem Fall sind die Ventileinrichtungen 9a bis 9d als 3-Wege-Ventile ausgeführt. Es können zusätzlich auch sämtliche Ventile 10a bis 10d als 3-Wege-Ventile ausgeführt sein, wodurch sich die Anzahl der benötigten Komponenten nochmals reduzieren lässt. Insgesamt stellt diese Ausführungsform die einfachste und kostengünstigste Variante der erfindungsgemäßen Biogasanlage 1 dar.

Bei Verbindung des mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenters 2a mit der Gasüberführleitung 14 strömt zunächst Biogas mit hoher Methankonzentration aus den übrigen Biogasfermentern 2b bis 2d in den Biogasfermenter 2a. Die Biogasproduktion (zunächst Schwachgas) in dem frisch beladenen Biogasfermenter 2a läuft an und der Gasdruck in dem frisch beladenen Biogasfermenter 2a erhöht sich, so dass Biogas bzw. Schwachgas aus dem frisch beladenen Biogasfermentern 2a in die bereits Biogas produzierenden Biogasfermenter 2 b bis 2d strömt und sich das Schwachgas, Biogas mit geringer Methankonzentration, mit Biogas mit hoher Methankonzentration vermischt. Aufgrund der längeren Verweildauer des Schwachgases in der Biogasanlage bevor es die Biogassammelleitung 6 erreicht, erfolgt die Änderung der Methankonzentration in der Biogassammelleitung 6 langsamer, so dass der Gasmischer eines nach geschalteten BHKWa 6a mit Gasmotor mehr Zeit zum Einstellen eines brennbaren Biogas/Luft-Gemisches hat.

In Fig. 4 wird der frisch beladene Biogasfermenter 2a über die Gasüberführleitung 14 mit allen drei übrigen Biogasfermentern 2b bis 2d verbunden. Über die

Steuereinrichtung 7 ist es auch möglich den frisch beladenen Biogasfermenter 2a nur mit einem oder mit zweien der drei übrigen Biogasfermenter 2b bis 2d zu verbinden.

Bei einer Biogasanlage mit einer größeren Anzahl von Biogasfermentern ist es auch denkbar, dass gleichzeitig zwei oder mehr der Biogasfermenter oder nur mit geringer zeitlicher Abweichung mit frischer Biomasse neu befüllt werden und die Gasüberführung dann verteilt auf die verbleibenden, nicht frisch befüllten Biogasfermenter erfolgt.

Bezugszeichenliste

1	Biogasanlage
2a bis 2d	Biogasfermenter
3a bis 3d	Gaseinlässe
4a bis 4d	Biogasauslässe
5	Gasleitung
6	Biogassammelleitung
6a	BHKW
7	Steuereinrichtung
8a bis 8d	Datenleitungen
8a bis 9d	Ventileinrichtungen
10a bis 10d	Datenleitungen
11a bis 11d	Ventileinrichtungen
12	Ventileinrichtung
13	Datenleitung
14	Gasüberführleitung
15	Methansensor
16	Datenleitung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Biogasanlage (1) nach dem Prinzip der Trockenfermentation mit einer Mehrzahl von Biogasfermentern (2a bis 2d), die im Batch-Betrieb gefahren werden, wobei wenigstens einer der Biogasfermenter (2a bis 2d) gerade mit frischer Biomasse beladen wurde und der oder die übrigen Biogasfermenter (2a bis 2d) im Zustand der Produktion von höher konzentrierten Biogas sind, mit den Verfahrensschritten:
 - a) Schließen des wenigstens einen mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenters (2a bis 2d),
 - b) Verbinden des wenigstens einen mit frischer Biomasse beladenen Biogasfermenters (2a bis 2d) mit wenigstens einem der übrigen Biogas produzierenden Biogasfermenter (2a bis 2d),
 - c) Rückführung des Biogasgemisches aus dem wenigstens einen frisch beladenen Biogasfermenter (2a bis 2d) in wenigstens einen der übrigen Biogas produzierenden Biogasfermenter (2a bis 2d),
 - d) Beenden der Rückführung des Biogasgemisches aus dem frisch beladenen Biogasfermenter (2a bis 2d), nach Ablauf einer bestimmten Zeitdauer.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die bestimmte Zeitdauer parametrierbar in einer Steuereinrichtung (7) hinterlegt wird und das Rückführen und/oder das Beenden der Rückführung des Biogasgemisches in Abhängigkeit dieser Zeitdauer von der Steuereinrichtung (7) gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine mit frischer Biomasse beladene Biogasfermenter (2a bis 2d) nach dem Schließen mit einem sauerstoffarmen Spülgas gespült wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Spülgas Abgas aus einem den Biogasfermentern (2a bis 2d) nachgeschalteten Blockheizkraftwerk (6a) oder einer Gasaufbereitungseinrichtung zugeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückführung des Biogasgemisches durch ein sich einstellendes Druckgefälle zwischen dem wenigstens einen frisch beladenen Biogasfermenter (2a bis 2d) und dem wenigstens einen der übrigen Biogasfermenter (2a bis 2d) erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der bestimmten Zeitdauer die Methankonzentration im Biogasgemisch aus allen Biogasfermentern (2a bis 2d) gemessen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Stelle, an der dem wenigstens einen übrigen Biogasfermenter (2a bis 2d) das Biogasgemisch aus dem wenigstens einen frisch beladenen Biogasfermenter (2a bis 2d) zugeführt wird, und der Stelle, an der das höher konzentrierte Biogas aus dem wenigstens einen übrigen Biogasfermenter (2a bis 2d) abgeführt wird, ein möglichst großer Abstand vorgesehen ist.
8. Biogasanlage (1), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Mehrzahl von nach dem Prinzip der Trockenfermentation arbeitenden Biogasfermenter (2a bis 2d) zur Erzeugung von Biogas im Batch-Betrieb, wobei jeder Biogasfermenter einen Biogasauslass (4a bis 4d) und einen Gaseinlass (3a bis 3d) aufweist, und der Biogasauslass (4a bis 4d) wenigstens eines Biogasfermenters (4a bis 4d) mittels einer Gasrückführleitung (14) und einer Ventileinrichtung (12) mit dem Biogaseinlass (3a bis 3d) wenigstens eines weiteren Biogasfermenters (2a bis 2d) für eine bestimmte Zeitdauer verbindbar ist.
9. Biogasanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Biogasauslässe (4a bis 4d) in einer Biogassammelleitung zusammengeführt sind und dass in der Biogassammelleitung eine Methankonzentrationssensor vorgesehen ist.

10. Biogasanlage nach einem der Ansprüche 8 oder 9, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung (7) zur steuerbaren Verbindung der Gasrückführleitung (14) von einem der Biogasfermenter (2a bis 2d) mit dem Gaseinlass (3a bis 3d) von wenigstens einem der übrigen Biogasfermenter (2a bis 2d).
11. Biogasanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Gaseinlass (3a bis 3d) und der Biogasauslass (4a bis 4d) der Biogasfermenter (2a bis 2d) möglichst weit voneinander entfernt und insbesondere an gegenüberliegenden Enden des jeweiligen Biogasfermenters (2a bis 2d) angeordnet sind.
12. Biogasanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Gaseinlass (3a bis 3d) im Bodenbereich des jeweiligen Biogasfermenters (2a bis 2d) angeordnet ist.
13. Biogasanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine mit frischer Biomasse beladene Biogasfermenter (2a bis 2d) mit einer Quelle sauerstoffarmen Spülgases verbindbar ist.

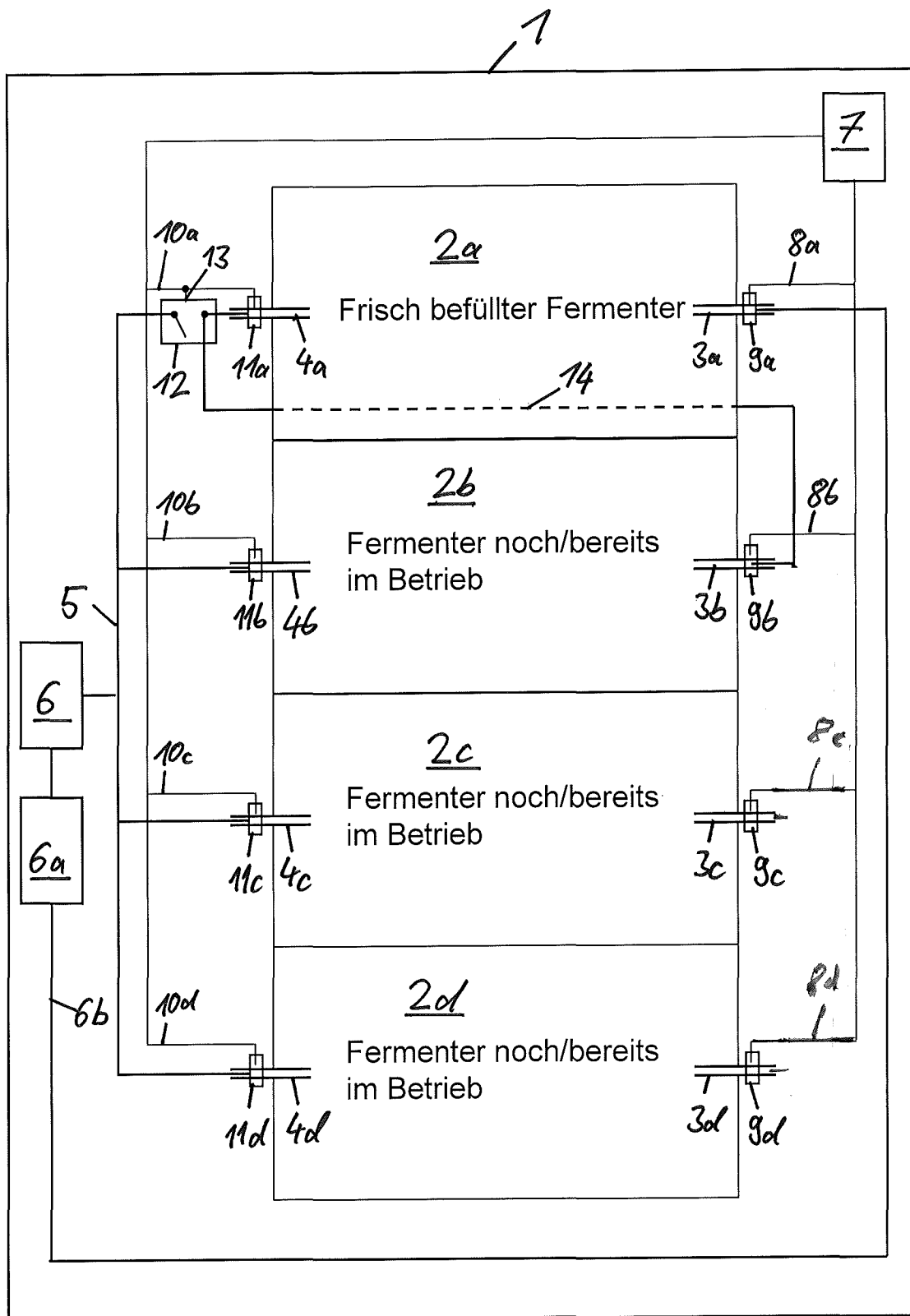


Fig. 1

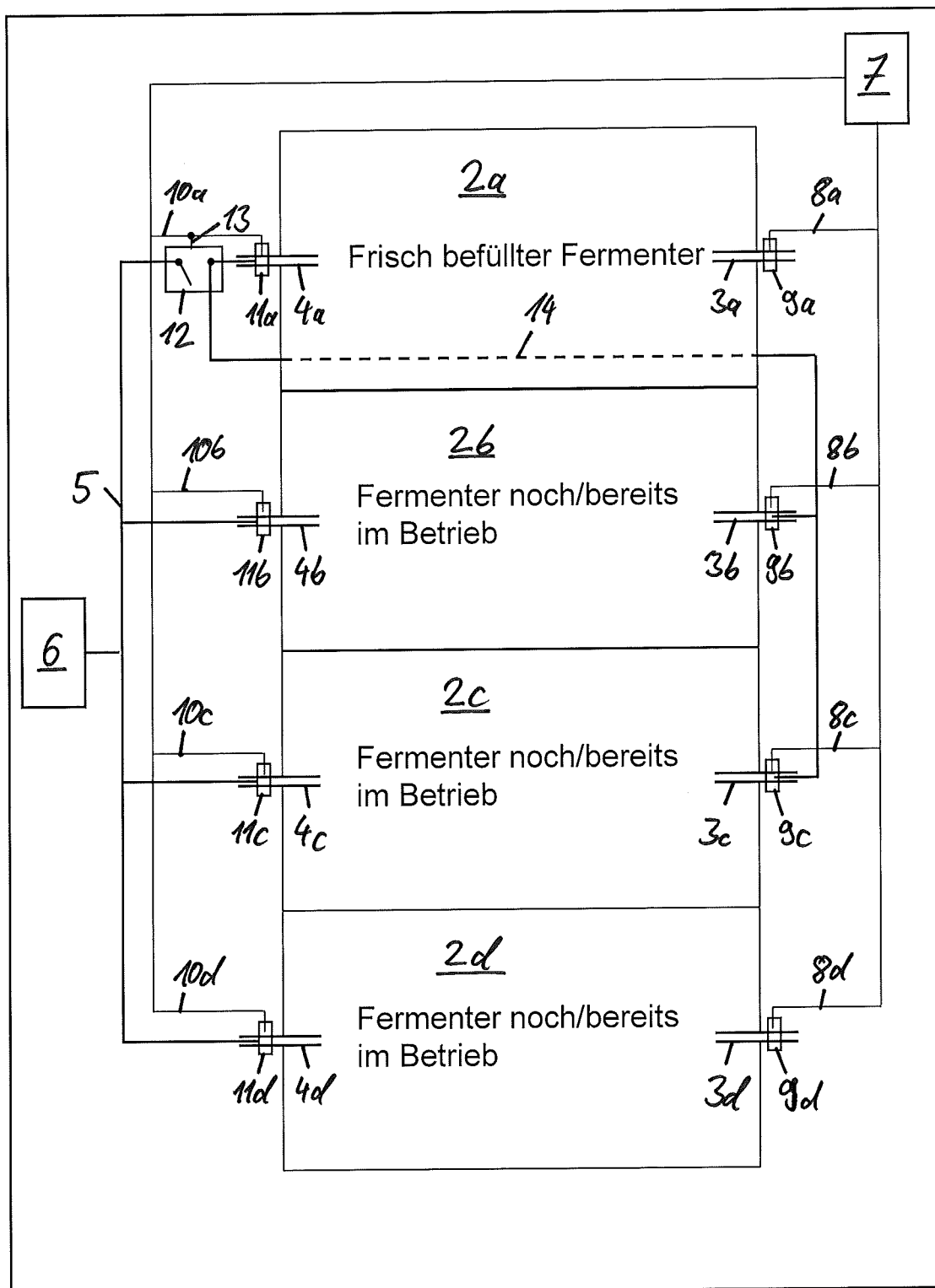


Fig. 2

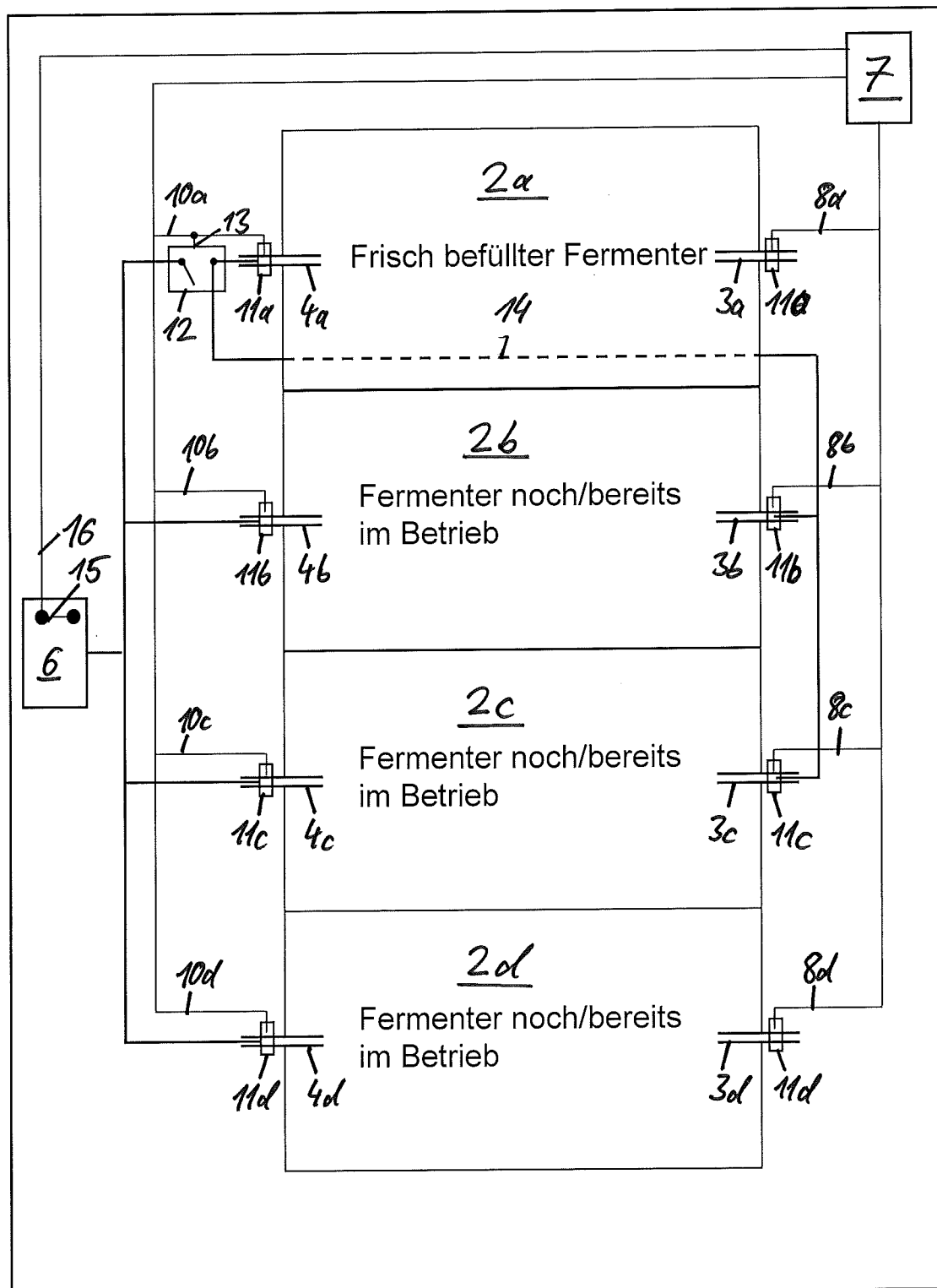


Fig. 3

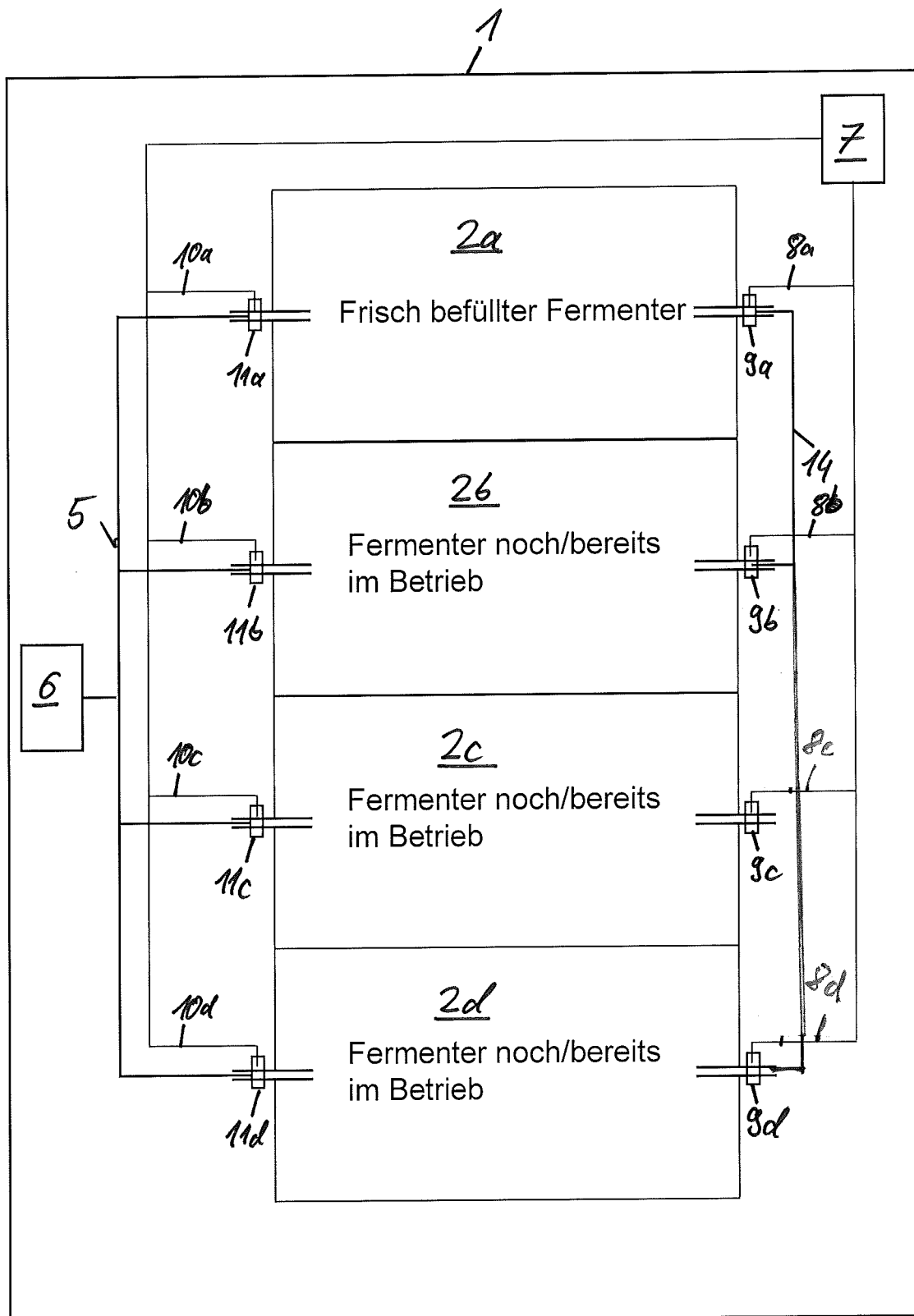


Fig. 4