



(10) **DE 10 2009 053 143 A1** 2011.05.12

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 053 143.2**

(22) Anmeldetag: **05.11.2009**

(43) Offenlegungstag: **12.05.2011**

(51) Int Cl.: **C12M 1/107 (2006.01)**  
**C12P 5/02 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**GKE Consult Beratende Ingenieure GmbH, 44789  
Bochum, DE**

(74) Vertreter:

**Schneiders & Behrendt Rechts- und  
Patentanwälte, 44787 Bochum**

(72) Erfinder:

**Erfinder wird später genannt werden**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	44 37 717	C1
DE	10 2007 024911	A1
DE	10 2006 008026	A1
DE	199 47 339	A1
DE	36 04 415	A1
AT	3 80 899	B
EP	0 934 998	B1

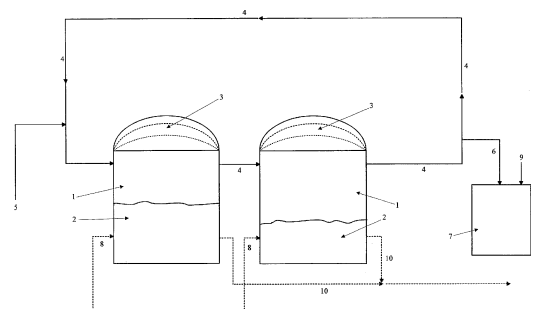
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Behandlung von Gärresten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Behandlung von Gärresten (2) aus Biogasanlagen, wobei die Gärreste (2) in einem oder mehreren Lagerbehältern (1) gelagert werden, und wobei die Methan enthaltenden Gasräume der Lagerbehälter (1) über Gasleitungen (4) miteinander verbunden sind und das Gas kontinuierlich in einem Umlaufstrom (4) umgewälzt wird, wobei dem Umlaufstrom (4) bedarfsweise Luft (5) zugeführt und ein Teil (6) des Umlaufstroms (4) abgeleitet und einer Verbrennung (7) unterzogen wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, das Restenergiepotential von Gärresten (2) aus Biogasanlagen in vorteilhafter Weise zu verwerten und darüber hinaus ein Entweichen der sich aus den Gärresten (2) entwickelnden Gase in die Umgebung zu verhindern.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Behandlung von Gärresten aus Biogasanlagen, wobei die Gärreste in einem oder mehreren Lagerbehältern gelagert werden. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung.

**[0002]** Biogasanlagen werden heute vielfältig zur Vergärung von Gülle, Silage, Bioabfällen oder nachwachsender Rohstoffe, die lediglich für die Vergärung angebaut wurden, zwecks Energiegewinnung eingesetzt. Letztlich wird hierbei das im Substrat enthaltene organische Material durch anaerob arbeitende Mikroorganismen zu im Wesentlichen aus Methan und Kohlendioxid bestehendem Biogas umgesetzt, welches zum Betrieb von Blockheizkraftwerken oder zur Einspeisung ins Erdgasnetz verwendet wird.

**[0003]** Die Biogaserzeugung wird in Fermentern vorgenommen und umfasst mehrere Stufen. Zunächst werden die in der Biomasse enthaltenen Makromoleküle durch entsprechende Enzyme zu Oligomeren und Monomeren abgebaut, welche durch entsprechende Mikroorganismen unter anderem zu niederen Fettsäuren, Carbonsäuren, Ethanol, Kohlendioxid und Wasserstoff umgesetzt werden. Anschließend erzeugen Bakterien aus den Fettsäuren, Carbonsäuren und Alkoholen Essigsäure. Letztere wird schließlich durch Methanbildner zu Kohlendioxid und Methan umgesetzt. Daneben wird Methan auch durch die Umsetzung von Kohlendioxid mit Wasserstoff erzeugt.

**[0004]** Bei der Biogaserzeugung verbleibt als Rückstand ein sogenannter Gärrest, der unter anderem Stickstoff und Phosphor enthält und daher als Dünger eingesetzt werden kann. Bei den zur Zeit benutzten Biogasanlagen liegt die Methanausbeute im Bereich von 85 bis 98% der theoretischen Ausbeute, d. h. auch die Gärreste verfügen noch über ein nicht unbeträchtliches Restentgasungspotential. Diese Gase (Methan und Kohlendioxid) entweichen zur Zeit in der Regel ungehindert in die Atmosphäre. Da Methan als in hohem Maße klimaschädliches Gas eingestuft wird, welches über ein Global Warming Potential (GWP) von 23 im Vergleich zu CO<sub>2</sub> mit einem GWP von 1 verfügt, ist in Zukunft mit schärferen gesetzlichen Rahmenbedingungen zu rechnen, die die Methangasemissionen aus dem gelagerten Gärrest in die Atmosphäre begrenzen. In diesem Zusammenhang ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass die als Düngemittel verwendeten Gärreste in den Wintermonaten nicht auf die Felder ausgebracht werden dürfen, weshalb eine Lagerung von bis zu 6 Monaten erforderlich sein kann. Darüber hinaus ist es auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll, das in den Gärresten noch vorhandene Energiepotential ebenfalls zu nutzen.

**[0005]** Beim Versuch, das Restgaspotential der Gärreste auszunutzen, stellt sich allerdings das Problem, dass die Menge des von den Gärresten erzeugten Methans stark variiert. So ist die Methanerzeugung zu Beginn beim Einbringen der Gärreste in einen Lagerbehälter noch recht hoch, sinkt jedoch später mit absinkender Temperatur der Gärreste deutlich ab. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass Methan bildende mesophile Mikroorganismen bei 37°C am besten arbeiten, die Gärreste sich jedoch mit der Zeit abkühlen. Die starken Unterschiede in der Methankonzentration führen dazu, dass der Methangehalt teilweise soweit steigt, dass die untere Explosionsgrenze von ca. 4,4 Vol.-% erreicht wird, was besondere Vorsichtsmaßnahmen notwendig macht, andererseits jedoch teilweise der Methangehalt so stark sinkt, dass eine Verbrennung nicht mehr ohne Zufuhr zusätzlichen Brenngases durchgeführt werden kann. Eine solche Stützfeuerung ist energetisch naturgemäß ungünstig.

**[0006]** Ausgehend vom vorbeschriebenen Stand der Technik stellt sich daher die Aufgabe, ein Verfahren zur Behandlung von Gärresten aus Biogasanlagen zur Verfügung zu stellen, das das Entweichen klimaschädlichen Methangases aus den Gärresten wirkungsvoll verhindert, ihr Restenergiepotential umfangreich nutzt und die Methangaskonzentration in einem gewünschten Bereich hält.

**[0007]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Behandlung von Gärresten aus Biogasanlagen, wobei die Gärreste in einem oder mehreren Lagerbehältern gelagert werden und wobei die Methan enthaltenden Gasräume der Lagerbehälter über Gasleitungen miteinander verbunden sind und das Gas kontinuierlich in einem Umlaufstrom umgewälzt wird, wobei dem Umlaufstrom bedarfsweise Luft zugeführt und ein Teil des Umlaufstroms abgeleitet und einer Verbrennung unterzogen wird.

**[0008]** Kern der Erfindung ist, den sich über den Gärresten in einem Lagerbehälter bildenden Gasraum in einem Umlaufstrom kontinuierlich umzuwälzen, um auf diese Weise eine Vergleichmäßigung der Methankonzentration zu erreichen. Gleichzeitig wird dem Umlaufstrom Luft zugeführt, wobei der Luftstrom so kontrolliert werden kann, dass der Methangehalt innerhalb eines bestimmten Konzentrationsfensters bleibt. Auf der anderen Seite wird dem Umlaufstrom eine bestimmte Menge Gas entnommen, die über eine zur Verbrennung taugliche Methankonzentration verfügt und einer Schwachgasverbrennung zugeführt. Damit die Gasmenge insgesamt weitgehend konstant bleibt, sollte die Menge an entnommenem Gas in etwa der Menge an zugeführter Luft zuzüglich der Menge an Gas entsprechen, die sich in den Lagerbehältern entwickelt.

**[0009]** Im Rahmen des Verfahrens wird sinnvollerweise der Methangehalt im Umlaufstrom permanent überwacht. Da die untere Explosionsgrenze bei 4,4 Vol.-% liegt, sollte die Methankonzentration diesen Wert im Umlaufstrom nicht überschreiten. Durch Umwälzung und bedarfsweise Luftzufuhr kann dies erfindungsgemäß erreicht werden. Beispielsweise kann es kurz nach Einbringen einer größeren Menge an Gärresten in einen Lagerbehälter notwendig sein, die Luftzufuhr zu erhöhen, da die Menge an sich entwickelndem Methan zunächst relativ hoch ist. Zu einem späteren Zeitpunkt verringert sich die Methanerzeugung, so dass die Menge an zuzuführender Luft verringert werden kann. Denkbar ist auch, dass zu bestimmten Zeiten die Menge an sich entwickelndem Methan so gering ist, beispielsweise nach mehrmonatiger Lagerung von Gärresten in den Lagerbehältern, dass auf eine solche Luftzufuhr vollständig verzichtet wird, um die geringe Methankonzentration nicht noch weiter zu verringern. In einem solchen Fall kann auch zeitweise auf die Entnahme eines Teils des Gases verzichtet werden, um eine Aufkonzentration des Methans zu erreichen.

**[0010]** Auf die oben beschriebene Weise durch Umwälzung und bedarfsweise Luftzufuhr kann die Methankonzentration in einem bevorzugten Fenster von 1 bis 4 Vol.-%, insbesondere zwischen 2 und 3 Vol.-% gehalten werden, da es sich hierbei um eine Methankonzentration handelt, die unterhalb der Explosionsgrenze liegt, andererseits jedoch der Schwachgasverbrennung ohne zusätzliche Brenngaszufuhr zugänglich ist. Die optimale Methankonzentration kann jedoch mit der verwendeten Brenntechnik variieren; durch die Einstellung der sich im Umlaufstrom befindenden Gasmenge, der zugeführten Luftmenge und des der Verbrennung zugeführten Teilstroms ist aber eine Anpassung an die jeweiligen Bedürfnisse des Brenners problemlos möglich.

**[0011]** Um eine bessere Homogenisierung des im Umwälzkreislauf befindlichen Gases zu erreichen, ist der Einsatz mehrerer Lagerbehälter sinnvoll, d. h. die Zahl der Lagerbehälter sollte mindestens zwei betragen. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zwischen den Lagerbehältern eine Vergleichmäßigung der Gaskonzentrationen, insbesondere Methankonzentration erreicht werden. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Lagerbehälter nicht gleichzeitig und gleichmäßig befüllt werden, sondern zu verschiedenen Zeitpunkten.

**[0012]** In diesem Fall ist häufig die Methanbildung in einem zuerst befüllten Lagerbehälter bereits merklich abgeklungen, während ein gerade erst neu befüllter Lagerbehälter ein erhebliches Maß an Methanbildung aufweist. Ohne Vergleichmäßigung der Gaskonzentrationen würde in einem solchen Fall von dem neu befüllten Lagerbehälter unter Umständen die Explosionsgrenze erreicht, während der bereits

zuvor befüllte Lagerbehälter so niedrige Methankonzentrationen erzeugt, dass eine Verbrennung ohne zusätzliche Brenngaszufuhr nicht mehr möglich ist. Durch die Inreihenschaltung mehrerer Lagerbehälter im Umlaufstrom kann erreicht werden, dass bereits durch bloßes Umwälzen, ggf. verbunden mit einer konstanten Luftzufuhr, die Methankonzentration im gewünschten Bereich gehalten wird, ohne dass die Luftzufuhr zusätzlich noch variiert werden muss.

**[0013]** Die Lagerbehälter verfügen sinnvollerweise über Gasspeicherdächer mit gasundurchlässigen Membranen zur Aufnahme variabler Gasmengen. Da sich im Laufe der Lagerung von Gärresten nach und nach weitere Gasmengen entwickeln, die nicht einfach nach außen abgeführt werden dürfen, muss das Gesamtvolumen des Lagerbehälters sich den jeweiligen Anforderungen anpassen. Hierzu können flexible, gasundurchlässige Membranen eingesetzt werden, die die Lagerbehälter abdecken. Mit zunehmender Gasentwicklung kann sich die Membran nach außen ausdehnen und steht somit zur Aufnahme einer erhöhten Gasmenge zur Verfügung. Die Menge des von einem solchen Gasspeicherdach aufgenommenen Gasvolumens kann beispielsweise zwischen 0 und 1000 m<sup>3</sup> variieren. Darüber hinaus kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren selbstverständlich auch dafür gesorgt werden, dass die Gasmenge innerhalb eines Lagerbehälters nicht zu stark ansteigt, sondern eine entsprechende Menge entnommen und der Verbrennung zugeführt wird.

**[0014]** Alternativ zu Gasspeicherdächern können die Lagerbehälter auch mit einer gasdichten Abdeckung versehen sein. Zur Aufnahme erhöhter Gasmengen sollten in diesem Fall ein oder mehrere separate Gasspeicher vorgesehen sein, die in das System eingegliedert und mit den Lagerbehältern verbunden sind. Bei derartigen Gasspeichern kann es sich insbesondere um Niederdruckgasspeicher oder drucklose Gasspeicher handeln.

**[0015]** Gleichzeitig sollten die Lagerbehälter über Überdrucksicherungen verfügen, die bei zu starkem Anstieg der Gasmenge im Störfall ein Entweichen überschüssigen Gases erlauben. Darüber hinaus werden sinnvollerweise Notablässe für den Fall vorgesehen, dass die Schwachgasverbrennung Störungen aufweist.

**[0016]** Die Verbrennung des Methans aus dem Teil des Umlaufstroms, der diesem entnommen wird, dient vorteilhafterweise der Energiegewinnung, so dass durch das Verfahren nicht nur die Konzentration an klimaschädlichem Methan verringert, sondern zusätzlich eine Energieausbeute generiert wird. Die Verbrennung kann sowohl der Gewinnung von Wärme- als auch von elektrischer Energie dienen. Dabei wird ein Heizwasserkreislauf aufgeheizt, der unter anderem auch der Wärmeversorgung der Biogas-

anlage dienen kann. Bei der Verbrennung wird in der Regel noch zusätzlich Luft zur Herbeiführung einer sauberen Umsetzung des Methans zugeführt. In der Regel ist die Zufuhr von externem Brenngas nicht notwendig, diese kann jedoch bei Bedarf ebenfalls erfolgen, falls die Methankonzentration nicht innerhalb des gewünschten Bereichs liegt. Bei diesem externen Brenngas kann es sich insbesondere um Biogas aus der der Gärrestbehandlung vorgeschalteten Biogasanlage handeln. Die Verbrennung des Methans stellt eine im Übrigen aus dem Stand der Technik bekannte Schwachgasverbrennung dar.

**[0017]** Das Gasvolumen, das im Umlaufstrom geführt wird, beträgt typischerweise 500 bis 2000 m<sup>3</sup>/h, beispielsweise ca. 1000 m<sup>3</sup>/h. Dabei wird dem Umlaufstrom eine bestimmte Menge, beispielsweise 200 bis 1000 m<sup>3</sup>/h, insbesondere 500 bis 700 m<sup>3</sup>/h an Luft zugeführt und eine ungefähr entsprechende Menge Gas abgeleitet, um diese der Verbrennung zuzuleiten. Die im Umlaufstrom geführte Menge Gas sollte weitgehend konstant bleiben, d. h. die Menge an zugeführter Luft zuzüglich der durch die Gärprozesse entstehenden Gase sollte in etwa der Menge an entnommenem Gas entsprechen.

**[0018]** Die Erfindung betrifft neben dem beschriebenen Verfahren auch eine entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Diese Vorrichtung weist einen oder mehrere Lagerbehälter zur Lagerung von Gärresten aus einer Biogasanlage auf, wobei die Lagerbehälter über Gasleitungen miteinander verbunden sind, sowie eine Umwälzvorrichtung zur Umwälzung der Gase im Umlaufstrom, eine Vorrichtung zur Zufuhr von Luft zum Umlaufstrom und einer Vorrichtung zur Entnahme eines Teils des Umlaufstroms, der einer Vorrichtung zur Verbrennung des Methans zugeführt wird. Darüber hinaus kann die Vorrichtung vorteilhafterweise die bereits im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens beschriebenen weiteren Merkmale aufweisen.

**[0019]** Die Erfindung wird anhand der beigefügten Figur näher erläutert.

**[0020]** Es zeigt:

**[0021]** **Fig. 1:** Die Durchführung des Verfahrens im schematischen Aufbau.

**[0022]** In **Fig. 1** ist das erfindungsgemäße Verfahren schematisch dargestellt. Die beiden Lagerbehälter **1** sind jeweils partiell mit Gärresten **2** befüllt. Nach oben hin werden die Lagerbehälter **1** von Gasspeicherdächern **3** abgeschlossen, die aus gasdichten, aber flexiblen Membranen bestehen und sich je nach Gasfüllmenge mehr oder weniger weit ausdehnen können, wie dies hier durch die unterschiedlichen, durchgezogenen oder gestrichelten Linien angedeutet wird. Die in den Lagerbehältern **1** entstehenden Gase werden

über Gasleitungen **4** im Umlaufstrom **4** zirkuliert, um auf diese Weise eine Vergleichmäßigung der Gaskonzentrationen herbeizuführen, darüber hinaus wird über die Gasleitung **5** Luft zugeführt, um die Methankonzentration im gewünschten Bereich halten zu können. Auf der anderen Seite wird über die Gasleitung **6** Gas entnommen, das sodann in der Vorrichtung **7** unter weiterer Luftzufuhr verbrannt wird. Über die Leitungen **8** können den Lagerbehältern **1** Gärreste zugeführt, über die Leitungen **10** Gärreste abgeführt werden.

**[0023]** Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Methankonzentration stets bei 2 bis 3 Vol.-% gehalten. Gemäß einem Beispiel beträgt der Umlaufstrom 1000 m<sup>3</sup>/h, wobei die Luftzufuhr 579 m<sup>3</sup>/h beträgt. Hinzu kommen pro Lagerbehälter 16 m<sup>3</sup>/h an sich hierin entwickelnden Gasen, so dass der Volumenstrom hinter dem zweiten Lagerbehälter insgesamt 1611 m<sup>3</sup>/h beträgt. Durch die Luftzufuhr wird dabei die Methankonzentration von 3,0 Vol.-% auf 1,9 Vol.-% abgesenkt, durch Vereinigung mit den in den Lagerbehältern sich entwickelnden Gasen hoher Methankonzentration jedoch wieder auf 3,0 Vol.-% angehoben. Die entnommene Gasmenge **6** (hier 611 m<sup>3</sup>/h, um wieder zu einem Umlaufstrom von 1000 m<sup>3</sup>/h zu kommen) enthält somit ebenfalls eine Methankonzentration von 3,0 Vol.-%, die sich für eine Verbrennung ohne zusätzliche Zufuhr eines Brenngases eignet. Im vorliegenden Beispiel beträgt die Menge an sich entwickelnden Gasen in den Lagerbehältern 8,5 m<sup>3</sup>/h Methan und 7,5 m<sup>3</sup>/h Kohlendioxid.

**[0024]** Es sei noch darauf hingewiesen, dass die hier gewählte Darstellung selbstverständlich stark vereinfacht ist. Insbesondere wurde auf die Darstellung von Über- und Unterdrucksicherungen oder Notablässen verzichtet. Ebenfalls nicht dargestellt sind die Umwälzpumpen oder die Vorrichtungen zur Überwachung und Steuerung des Methangehalts.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung von Gärresten (**2**) aus Biogasanlagen, wobei die Gärreste (**2**) in einem oder mehreren Lagerbehältern (**1**) gelagert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Methan enthaltenden Gasräume der Lagerbehälter (**1**) über Gasleitungen (**4**) miteinander verbunden sind und das Gas kontinuierlich in einem Umlaufstrom (**4**) umgewälzt wird, wobei dem Umlaufstrom (**4**) bedarfsweise Luft (**5**) zugeführt und ein Teil (**6**) des Umlaufstroms (**4**) abgeleitet und einer Verbrennung (**7**) unterzogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Methankonzentration im Umlaufstrom (**4**) permanent überwacht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Methankonzentration im Umlaufstrom (4) durch Umwälzung und Luftzufuhr < 4,4 Vol.-% gehalten wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Methankonzentration zwischen 1 und 4 Vol.-%, insbesondere zwischen 2 und 3 Vol.-% gehalten wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahl der Lagerbehälter (1)  $\geq 2$  ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagerbehälter (1) über Gasspeicherdächer (3) mit gasundurchlässigen Membranen zur Aufnahme variabler Gasmengen verfügen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagerbehälter (1) mit einem oder mehreren separaten Gasspeichern in Verbindung stehen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagerbehälter (1) über Überdrucksicherungen verfügen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennung des Methans aus einem Teil des Umlaufstroms (4) der Energiegewinnung dient.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass im Umlaufstrom (4) 500 bis 2000 m<sup>3</sup>/h Gas umgewälzt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Umlaufstrom (4) 200 bis 1000 m<sup>3</sup>/h, insbesondere 500 bis 700 m<sup>3</sup>/h Gas (6) abgeleitet und der Verbrennung (7) zugeführt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass dem Umlaufstrom (4) 200 bis 1000 m<sup>3</sup>/h, insbesondere 500 bis 700 m<sup>3</sup>/h Luft (5) zugeführt werden.

13. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 mit einem oder mehreren Lagerbehältern (1) zur Lagerung von Gärresten (2) aus einer Biogasanlage, wobei die Lagerbehälter (1) über Gasleitungen (4) miteinander verbunden sind, einer Umwälzvorrichtung zur Umwälzung der in den Lagerbehältern (1) entstehenden Gase im Umlaufstrom (4), einer Vorrichtung (5) zur bedarfsweisen Zufuhr von Luft zum Umlaufstrom (4), einer Vorrichtung (6) zur Entnahme eines Teils des Umlaufstroms (4) und einer Vorrichtung (7) zur Ver-

brennung des Methans aus dem entnommenen Teil des Umlaufstroms (4).

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

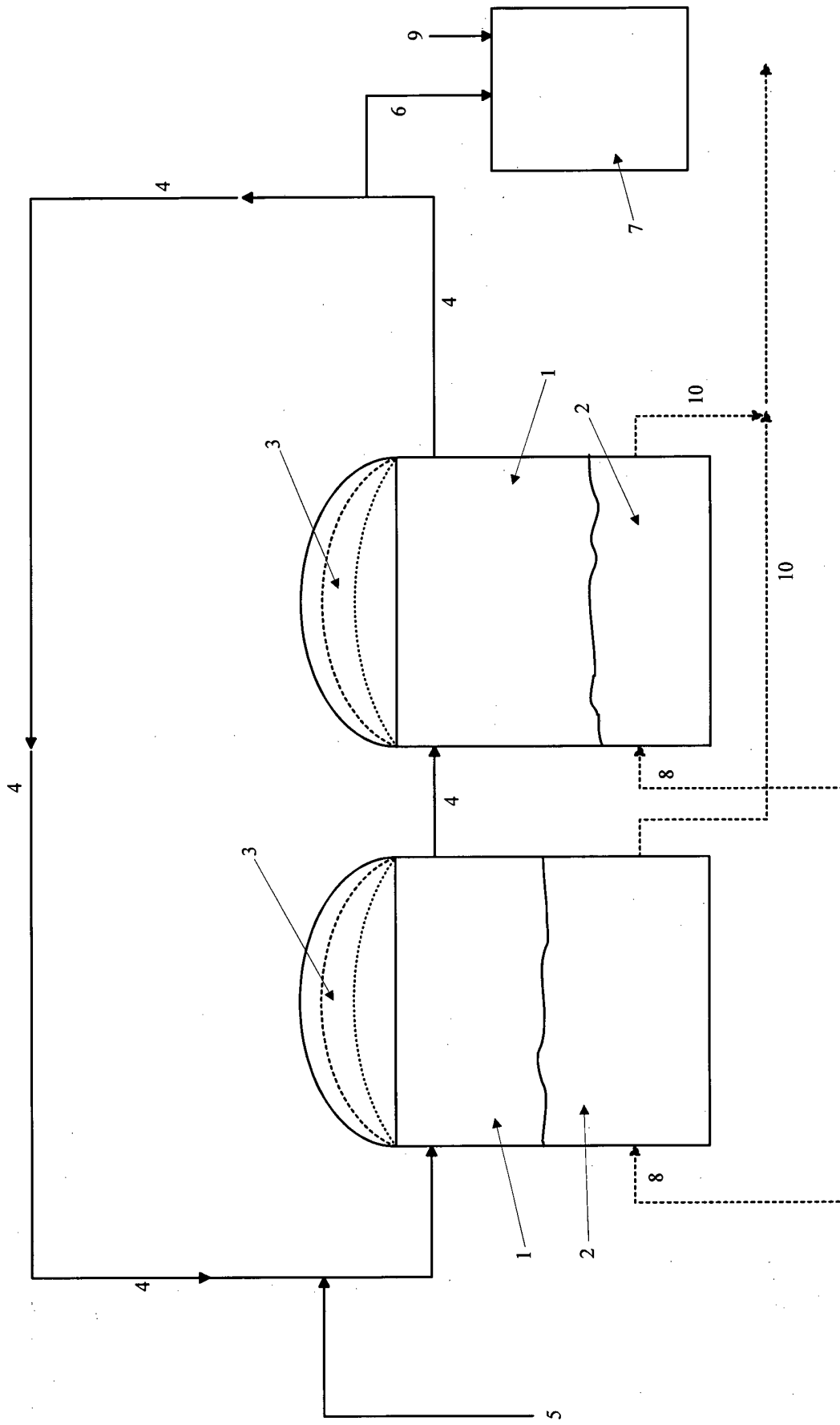


Fig. 1