

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 842**

51 Int. Cl.:

C12M 1/107 (2006.01)

C12M 1/12 (2006.01)

B01J 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.05.2008 PCT/EP2008/056005**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2008 WO08142007**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2008 E 08759655 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2155854**

54 Título: **Fermentador para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable**

30 Prioridad:

23.05.2007 DE 102007024378

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

12.07.2017

73 Titular/es:

**GANTEFORT, WILHELM (50.0%)
Ostricker Berg 6
46359 Heiden, DE y
BECK, JÜRGEN (50.0%)**

72 Inventor/es:

**GANTEFORT, WILHELM y
BECK, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 623 842 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Fermentador para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable con proporción reducida de sustancia seca orgánica (sso) según la presente reivindicación 1, así como a un fermentador adecuado para llevar a cabo el procedimiento según la reivindicación 1.

10 Los fermentadores para la producción de biogás tienen cada vez mayor interés, desde que la discusión sobre energías renovables, así como su explotación, se ha ido convirtiendo cada vez más en protagonista del interés público. Este tipo de fermentadores se conocen del uso en explotaciones agrícolas, así como en plantas de depuración municipales. El principio de estos fermentadores es que se almacena material orgánico en un depósito cerrado y los compuestos de carbono orgánicos contenidos se descomponen mediante actividad microbiana dando lugar a gas metano, el cual se recoge y se usa para la generación de calor y/o de corriente. La energía obtenida de esta manera es casi neutral en lo que a CO₂ se refiere, dado que el dióxido de carbono liberado durante la combustión se eliminó anteriormente mediante fotosíntesis vegetal a la atmósfera.

15 En lo sucesivo se describe en primer lugar el proceso de fermentación que se desarrolla mediante exclusión de oxígeno, para la producción de biogás. La totalidad del proceso de fermentación puede dividirse en varias fases. En la primera fase, los carbohidratos, grasas y proteínas contenidos en el sustrato a fermentar se desintegran mediante microorganismos, facultativa y obligadamente anaeróbicos, dando lugar a compuestos de hidrocarburos de bajo peso molecular (cuerpos C₁-C₅). Los carbohidratos se descomponen en este caso sucesivamente dando lugar a ácido propiónico o ácido butírico o butanol, los ácidos grasos se descomponen por vía de la β-oxidación por fases en unidades de C₂, las cuales se liberan como ácido acético y los aminoácidos acoplados mediante la reacción de Stickland se descomponen dando lugar a ácido acético, amoníaco y CO₂.

20 Estos productos intermedios se descomponen por su parte dando lugar a los sustratos metanogénicos ácido acético (CH₃COOH), hidrógeno (H₂), ácido carbónico (H₂CO₃), ácido fórmico (HCOOH) y metanol (CH₃OH). Estos sustratos metanogénicos son descompuestos por su parte por bacterias obligadamente anaeróbicas, de conformación de metano (metanogénicas), de los géneros *Methanobacterium*, *Methanosarcina* y *Methanospirillum* en la siguiente reacción dando lugar a metano, dióxido de carbono y agua:

30

- 1) CH₃COO⁻ + H⁺ -----> CH₄ + CO₂
- 2) HCO₃⁻ + H⁺ + 4H₂ - - > CH₄ + 3 H₂O
- 3) HCOO⁻ + H⁺ + 3H₂ - - > CH₄ + 2 H₂O
- 4) CH₃OH + H₂ ----- > CH₄ + H₂O

35

El HCO₃⁻ mencionado en la reacción 2) resulta en este caso mediante la solución de dióxido de carbono en agua según la siguiente ecuación:

40

- 5) H₂O + CO₂ -----> HCO₃⁻ + H⁺.

45 Más del 70 % del metano resulta mediante la segregación de ácido acético, es decir, mediante la reacción 1. Dado que en el caso de la fermentación de biogás se trata de un proceso de mezcla, en el cual en las diferentes fases están activos diferentes microorganismos, han de tenerse en consideración las diferentes condiciones de todos los microorganismos, para alcanzar un rendimiento en la medida de lo posible alto. Son decisivas no obstante, las condiciones necesarias para la actividad de las bacterias metanogénicas. Éstas últimas requieren debido a sus propiedades como organismos anaerobios obligados, un medio estrictamente libre de oxígeno. Además de ello, prefieren un valor de pH ligeramente alcalino.

50 Del documento DE 197 564 85 se conoce un digestor con dispositivo de agitación para el uso en instalaciones de biogás agrícolas e instalaciones depuradoras municipales. Éste presenta una superficie de base redonda, un tubo de empalme de llenado y un dispositivo de agitación dispuesto en el perímetro del digestor, con un eje de accionamiento. El dispositivo de agitación está alojado en un tubo de agitación dispuesto por debajo del tubo de empalme de llenado. El tubo de agitación se extiende preferiblemente en perpendicular. El contenido del depósito de fermentación se templará a través de un calefactor de pared. El sustrato a fermentar se introduce a través de un tubo de empalme de llenado dispuesto relativamente arriba en el depósito de fermentación, mientras que a través de una salida dispuesta mucho más abajo, se bombea material fermentado que se encuentra más abajo en el depósito y se lleva a un almacén de residuos de fermentación.

55 Los sustratos que pueden usarse en un fermentador de este tipo han de tener una proporción relativamente alta de sustancia seca orgánica (sso). De esta manera por ejemplo, plantas energéticas como maíz o trigo, presentan una proporción de sso de más de 60 % en peso. Con este tipo de plantas energéticas pueden lograrse con volúmenes de fermentación relativamente bajos, altos rendimientos de biogás, dado que con estas plantas pueden ajustarse altas cargas volumétricas.

65

La alta "carga volumétrica" es una medida para la carga biológica de un fermentador. En una instalación de biogás convencional puede lograrse una carga volumétrica de 2 a 5 kg de sso/m³ por día. En el caso de una carga volumétrica de 2 kg de sso/m³ por día se habla de una carga baja. Una carga volumétrica de más de 5 kg de sso/m³ por día se denomina como carga alta.

5 El documento DE 3604415 divulga un procedimiento de varios niveles para la transformación de materias orgánicas e inorgánicas mediante catalizadores, caracterizado por que el reactor está configurado de manera cilíndrica, hay dispuestos otros cilindros concéntricamente en el reactor y conforman niveles separados, los niveles son
10 atravesados verticalmente, los niveles son atravesados sucesivamente y de forma alterna desde arriba hacia abajo y desde abajo hacia arriba, los niveles atravesados desde abajo hacia arriba tienen en el extremo superior un rebosadero al siguiente nivel, los niveles atravesados desde arriba hacia abajo presentan en el extremo inferior canales de rebose al siguiente nivel, tras el último nivel, eventualmente en un dispositivo combinado, se produce una desgasificación y una separación de materiales sólidos, pudiendo realimentarse éstos al último nivel, siendo
15 atravesados automáticamente los niveles individuales así como el desgasificador-separador combinado debido a alturas de líquido que se reducen, así como transformación de materia heterogénea en aumento al atravesar el reactor y produciéndose desgasificación heterogénea al atravesar el espacio de desgasificación.

El documento EP0335825A1 divulga un procedimiento para la preparación anaeróbica de dos niveles de substratos líquidos con alta carga orgánica en un único reactor con dos cámaras unidas entre sí, en la primera de las cuales se
20 produce la hidrólisis y la fermentación ácida (cámara de fermentación) y en la segunda, la conformación de metano (cámara de digestión), produciéndose la introducción del substrato en la cámara de digestión por la parte inferior de la cámara de digestión, pudiendo extraerse además de ello, materias sólidas sedimentadas en la zona de la base del reactor, desviándose además de ello la proporción de aguas residuales del substrato tratado por arriba de la cámara de digestión y retirándose el gas de fermentación conformado y el gas de digestión por encima del nivel de líquido,
25 suministrándose el substrato a la cámara de fermentación a una distancia de la base de la cámara de fermentación a una altura de cómo máximo un tercio del nivel de líquido de la cámara de fermentación, las materias sólidas contenidas en el substrato y los productos de descomposición conformados se sedimentan en gran medida en la cámara de fermentación y se separan por separado como lodo de fermentación y solo se introduce en la cámara de digestión el substrato liberado en gran medida de materias sólidas desde la parte superior de la cámara de
30 fermentación, produciéndose la introducción a una distancia de la base de la cámara de digestión a una altura de cómo máximo un tercio del nivel de líquido de la cámara de digestión.

El documento DE 4415017 divulga un reactor de biogás combinado de dos niveles para la preparación de en particular estiércol líquido, el cual consiste en un reactor de biogás con un primer nivel de procesamiento
35 configurado en la parte inferior en forma de embudo, y un segundo nivel de procesamiento anular, los cuales están unidos entre sí a través de aberturas de paso, en las cuales hay instalaciones de conducción de gas, estando configurada la parte superior del reactor de biogás para una separación de gas en un espacio de gas de CH₄ y en un espacio de gas de CO₂, disponiéndose dentro del primer nivel del procesamiento, para el ajuste de la temperatura de proceso, dispositivos de calefacción, y para evitar la conformación de una capa flotante, un dispositivo de mezcla,
40 disponiéndose en el segundo nivel de procesamiento entre el primer nivel de procesamiento y la pared interior del reactor, un filtro anaeróbico, consistente en fibras de vidrio montadas sobre un bastidor de soporte, en forma de estrella, y estando configurada la parte inferior del segundo nivel de procesamiento como reactor de lecho de lodo.

Los fermentadores de biogás convencionales se adecuan además de ello solo para substratos con proporciones de
45 sso altas, es decir, en particular substratos a partir de materias primas renovables (RR), en particular a partir de las llamadas plantas energéticas, como por ejemplo, cereales, maíz ensilado o remolacha forrajera.

Los substratos con proporciones bajas de sso, como por ejemplo, estiércol líquido, restos de fermentación, residuo húmedo (restos de la fermentación del alcohol, en particular de la producción de bioetanol), lodos de depuradora o
50 aguas residuales altamente contaminadas de la industria de la alimentación, no se adecuan para el uso exclusivo en estos fermentadores, sino que se tienen en consideración en todo caso como substrato de inoculación o mezclados con substratos de plantas energéticas (es decir, para la cofermentación), dado que la cantidad de biogás que puede producirse a partir de ellos por m³ de volumen de espacio de digestión es tan bajo, que con ello apenas puede recuperarse la energía necesaria para el funcionamiento del fermentador (energía de calefacción, corriente para el
55 accionamiento de los dispositivos de agitación).

Esto se debe precisamente a que debido a la baja proporción de sso, con estos substratos no pueden realizarse altas cargas volumétricas sin arriesgar una inundación masiva de conformadores de metano.

60 A ello se suma, que los fermentadores convencionales han de enfrentarse permanentemente al problema de la concentración de ácido propiónico, que a partir de una determinada concentración tiene efectos bacteriostáticos y fungistáticos. Este problema se da cuando con una carga volumétrica mayor, la conformación de ácidos grasos volátiles, como por ejemplo, ácido acético, se produce más rápidamente que su descomposición mediante los conformadores de metano. Su concentración se reduce en fermentadores convencionales de manera permanente
65 para ello mediante inundación, y la reduplicación de bacterias metanogénicas se produce con de 10 – 14 días de forma extremadamente lenta en comparación con los conformadores de ácidos con por ejemplo, de 0,5 – 2 h, de

manera que en los sistemas de fermentación convencionales se da muy rápidamente una acidificación del contenido del fermentador (conformación de metano detenida) y la conformación de ácido propiónico.

5 El estiércol líquido representa un sistema anóxico con un valor de pH relativamente alto, y por este motivo se adecua muy bien para alcanzar las condiciones necesarias para las bacterias de metano en un fermentador de biogás. La sustancia seca orgánica del estiércol líquido también puede ser metabolizada más lentamente por microorganismos, que la sustancia seca orgánica de las plantas energéticas mencionadas. Esto requiere en sí un tiempo de permanencia más largo del estiércol líquido en el fermentador.

10 De esta manera, una instalación de engorde de vacuno con 400 UV (unidades de vacuno adulto, 1 UV se corresponde a peso vivo de 500 kg), produce al día aproximadamente 20 m³ de estiércol líquido, los cuales han de tratarse. En el caso de un tiempo de permanencia de 50 días se necesitaría por lo tanto en caso de construcción convencional, un fermentador con un volumen de espacio de 1000 m³.

15 El estiércol líquido de vacuno presenta en el medio una proporción de sso de aproximadamente 6 % en peso. En el caso de un rendimiento a esperar de 500 m³ de biogás por tonelada de sso resulta en el ejemplo anterior según las siguientes ecuaciones:

20 $20 \text{ m}^3 \text{ de estiércol líquido} * 0,6 \% \text{ en peso} = 1,2 \text{ t de sso}$ (ecuación 1)

$1,2 \text{ t de sso} * 500 = 600 \text{ m}^3$ (ecuación 2)

un rendimiento de biogás de 600 m³/día.

25 Si se carga un fermentador de la misma magnitud por el contrario con plantas energéticas, puede lograrse una carga volumétrica mayor debido a la mayor proporción de sso, lo cual se expresa en rendimientos de biogás específicos de reactor notablemente mejorados.

30 Dado que un fermentador de biogás presenta un consumo de energía propia notable (en particular para el dispositivo de agitación y el calefactor), un uso exclusivo o mayoritario de materiales con una proporción reducida de sustancia seca orgánica (sso), como por ejemplo, estiércol líquido, no es económico en un fermentador de biogás convencional.

35 En las instalaciones agrícolas existe también una demanda notable de una preparación biológica de estiércol (excrementos de animales y materia fecal), en particular de estiércol líquido.

40 La distribución de estiércol líquido sobre superficies agrícolas está sujeta a estrictas normas legales. De esta manera, sobre pastos de producción lechera solo pueden esparcirse básicamente estiércoles líquidos higienizados. Esta higienización se produce por vía química (con NaOH) o térmica y conlleva en todo caso gastos notables.

Bien es cierto que sería concebible una higienización de un fermentador de biogás, el cual se maneje en un intervalo termófilo (> 55 °C), sin embargo, los fermentadores de biogás convencionales, como se ha indicado más arriba, no se adecuan para una preparación efectiva a gran escala de estiércol líquido.

45 A ello se suma, que tanto el estiércol líquido higienizado, como también el no tratado, tras esparcirse sobre un campo, un prado o un pasto, favorecen la generación de gases nocivos para el medio ambiente, y en concreto no solo de dióxido de carbono (CO₂), sino en particular también de gas metano (CH₄), amoníaco (NH₃) y monóxido de nitrógeno (N₂O), que escapan a la atmósfera y favorecen de esta manera el efecto invernadero.

50 Es por lo tanto tarea de la presente invención, poner a disposición un fermentador, así como un procedimiento, para la producción de biogás, el cual posibilite la fermentación económica de material orgánico con proporción reducida de sustancia seca orgánica (sso).

55 Este fermentador ha de poder producir no obstante también con mezclas de substrato altamente concentradas con alta carga volumétrica (> 5 kg sso/m³ por espacio de digestión x d) de manera altamente eficiente y estable, metano. Esto se logra entre otros, debido a la biomasa fijada y a la recuperación de la biomasa activa (preferiblemente conformadores de metano) para la realimentación e inoculación en la zona de mezcla.

60 Otra tarea es poner a disposición un fermentador, así como un procedimiento para la preparación económica e higienización de estiércol líquido.

Esta tarea se soluciona con las características de la presente reivindicación 1. Las reivindicaciones secundarias se ocupan de formas de realización preferidas. En este caso ha de tenerse en cuenta, que las indicaciones de zona mencionadas han de entenderse por regla general incluyendo los correspondientes valores límite.

65

Según esto está previsto un procedimiento para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable con proporción reducida de sustancia seca orgánica en un fermentador, presentando el procedimiento los siguientes pasos:

- 5 i) introducir el material orgánico bombeable a través de una entrada en el fermentador.
 ii) producir y mantener un medio anaeróbico, un valor de pH de al menos 7 y una temperatura en el intervalo mesófilo a termófilo.
 iii) producir un flujo de material del material orgánico bombeable a través de un reactor de lecho fijo, así como de una cámara de sedimentación del fermentador.
 10 iv) recuperar las fracciones específicamente más ligeras del material orgánico bombeable en una sección de recuperación.
 v) así como recoger los gases resultantes y retirar de forma continua o paso a paso los restos de fermentación fermentados.

15 Con la definición “material orgánico con proporción reducida de sustancia seca orgánica (sso)” han de entenderse esencialmente aquellos materiales, los cuales presentan una proporción de sso inferior al 50 % en peso, preferiblemente inferior al 25 % en peso y de manera particularmente preferida inferior al 10 % en peso.

20 Un material de este tipo lo representa por ejemplo, el estiércol líquido, es decir, un substrato de estiércol excedentario consistente en excrementos de animal, orina, lecho para animales, restos de pienso y pérdida de agua de abrevadero, que habitualmente presenta una proporción de sso de menos de 10 % en peso.

25 Precisamente un material de este tipo lo representa por ejemplo también, el resto de fermentación de una instalación de biogás de depósito de agitación convencional, pero también materiales como residuo húmedo (restos de la fermentación del alcohol, en particular de la producción de bioetanol), lodos de depuradora o aguas residuales altamente contaminadas de la industria de la alimentación. Forman también parte de la definición anterior mezclas a partir de estiércol líquido o restos de fermentación con substratos de materias primas renovables (RR).

30 Mediante el uso del reactor de lecho fijo se logran una serie de ventajas. De esta manera, un reactor de lecho fijo permite renunciar a un dispositivo de agitación propio, como se usan en fermentadores de depósito de agitación, dado que dentro del reactor de lecho fijo puede ajustarse un flujo de material preciso. Esto puede compararse con paquetes de digestión alineados en paralelo, los cuales presentan por dentro y por fuera vellosidades y de esta manera ofrecen una superficie de ocupación grande para microbios y conducen dependiendo de la sección de procedimiento, a una corriente de substrato orientada hacia arriba o hacia abajo.

35 En lugar de ello puede usarse una bomba energéticamente más eficiente, en particular una bomba de doble émbolo. Los dispositivos de agitación usados habitualmente presentan de forma estándar un consumo de potencia de aproximadamente 18 kW. Mediante el uso de una bomba de doble émbolo son posibles en este caso ahorros de energía de hasta el 90 %. De esta manera se aumenta notablemente la rentabilidad del fermentador según la invención.

40 Mediante el flujo de material orientado (paso obligado) se evitan en particular también las corrientes de cortocircuito inevitables en fermentadores de depósito de agitación, las cuales influyen negativamente en una higienización efectiva del material de fermentación, así como en una fermentación óptima. Más abajo se hará referencia a ambos puntos.

45 A ello se suma, que el reactor de lecho fijo previsto pone a disposición un substrato de ocupación para microorganismos generadores de metano. De esta manera pueden ajustarse a diferencia de un fermentador de depósito de agitación, microbiocenosis estratificadas.

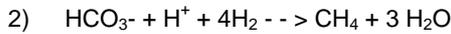
50 Debido a ello se logra posibilitar en gran medida la segunda vía de metabolización de la generación de metano e incluso optimizarla. En este caso los microbios interactúan tan eficientemente en pequeño espacio, que H^+ y CO_2 (como HCO_3^-) pueden sintetizarse como CH_4 (reacción 2). Debido a ello se reduce el contenido de CO_2 en el biogás y se aumenta correspondientemente el contenido de CH_4 . Esto sirve para la mejora de la calidad y el aumento de la eficiencia.

55 Esto es muy importante, dado que determinadas bacterias y microorganismos necesarios para la conformación de biogás no pueden entrar en contacto con el substrato a fermentar, mientras que otros microorganismos requieren de este contacto. En un fermentador de depósito de agitación, en el cual a los microorganismos no se les pone a disposición ningún substrato de ocupación, no puede configurarse esta capa, lo cual conduce a producción de biogás notablemente inferior.

60 De esta manera se diferencian en la síntesis de biogás en particular los pasos de la acetogénesis y de la metanogénesis, de cuyo desarrollo son responsables respectivamente diferentes microorganismos. Durante la acetogénesis se transforman los ácidos grasos y carboxílicos de bajo peso molecular, así como los alcoholes de bajo peso molecular, mediante microorganismos acetogénicos primariamente en ácido acético, o en su sal disuelta,

el acetato. Durante la metanogénesis, la cual se desarrolla obligatoriamente de forma anaeróbica, el ácido acético se transforma mediante correspondientes conformadores de metano acetoclásticos en metano y dióxido de carbono, así como en hidrógeno. Los correspondientes microorganismos están en simbiosis entre sí, es decir, que los microorganismos de un tipo pueden hacer uso de los productos de metabolización del otro como substrato o educto.

5 En particular el desarrollo de metabolización



10 apenas resulta en fermentadores convencionales, dado que el paso de los iones H ha de producirse en el intervalo de un nanosegundo y esto presupone una inmovilización de los microbios simbióticos, para asegurar la proximidad espacial necesaria para ello.

15 A ello se suma, que en el reactor de lecho fijo los microorganismos se adaptan más rápidamente y mediante la recuperación de la biomasa activa (conformadora de metano) el fermentador por lo tanto tiene un "rodaje" más rápido (dado que se reinocula permanentemente), y de esta manera el ácido propiónico calentado es descompuesto mejor y más rápidamente por los microorganismos, o incluso puede no hacer su aparición.

20 Según la invención, se proporciona además de ello un fermentador adecuado para llevar a cabo el procedimiento para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable con proporción reducida de sustancia seca orgánica, el cual presenta

25 a) al menos una entrada para el material orgánico bombeable,
b) al menos un reactor de lecho fijo para el material orgánico bombeable con al menos una sección primaria y una secundaria, así como
c) al menos una salida para el resto de fermentación resultante,

presentando éste además de ello,

30 d) al menos un espacio de deposición para el material orgánico bombeable, el cual está dispuesto entre la sección primaria y la secundaria del reactor de lecho fijo, así como
e) al menos una sección de recuperación, la cual está en contacto con el espacio de deposición y configurada de tal manera, que pueden recuperarse fracciones específicamente más ligeras del material orgánico bombeable.

35 El espacio de deposición puede encontrarse en dos partes de procedimiento separadas en cada parte de cabeza.

Mediante la sección de recuperación provista por vez primera, se recuperan fracciones específicamente más ligeras del material orgánico bombeable y pueden reconducirse nuevamente a la sección de ascenso (primaria) del reactor de lecho fijo.

40 En el caso de estas fracciones específicamente más ligeras se trata por un lado de fracciones específicamente más ligeras orgánicas, como por ejemplo, de ácidos grasos volátiles o biomasa fibrosa, en la cual se enganchan los conformados de metano y su gas conformado debido al ascenso condicionado por la liberación de metano y de dióxido de carbono. En fermentadores de depósito de agitación convencionales, estas fracciones conforman una capa flotante y evitan de esta manera el proceso de fermentación o entrañan el riesgo de una sobrepresión de substrato que se genera, cuando las microburbujas de gas ya no pueden liberarse de la capa flotante, por ejemplo, al fallar el grupo de agitación.

50 Los ácidos grasos volátiles pasan por lo demás fácilmente a la fase gaseosa y se retiran debido a ello de forma permanente del resto del proceso de fermentación.

55 En estas fracciones orgánicas específicamente más ligeras hay contenidos además de ello, microorganismos (la llamada "biomasa activa"), que se han separado del substrato del reactor de lecho fijo y que sin una sección de recuperación se evacuarían del fermentador con el resto de fermentación. Esto condiciona también una pérdida continua de microelementos, que en fermentadores de depósito de agitación convencionales han de suplementarse. Esto produce costes adicionales y significa una introducción adicional de metales pesados. Debido a ello se reduce continuamente en fermentadores de biogás convencionales la densidad de ocupación de microorganismos productores de biogás, de manera que estos fermentadores funcionan básicamente con una densidad de microorganismos demasiado reducida para un rendimiento de biogás óptimo. La sección de recuperación según la invención permite la recuperación y la introducción de nuevo de estos microorganismos en el fermentador, de manera que el fermentador según la invención presenta una densidad de microorganismos notablemente más alta que un fermentador convencional y adicionalmente un suministro esencialmente mejor de microelementos, los cuales se conducen en circulación por la biomasa activa.

65 Se ofrece de esta manera la posibilidad de recuperar la biomasa activa, la cual en dispositivos según el estado de la técnica se traslada junto con el material fermentado a un almacén de residuos de fermentación y permanece allí sin

- aprovechar, y de suministrarla de nuevo al proceso de fermentación. De esta manera se aumenta esencialmente el rendimiento en los fermentadores convencionales. A ello se suma, que mediante la reconducción de la biomasa activa al espacio de fermentación, se acorta esencialmente el tiempo para la optimización de la instalación en su primer uso. Básicamente ocurre que una instalación de biogás necesita un determinado tiempo para la optimización.
- 5 El motivo para ello es que en la instalación ha de ajustarse en primer lugar una flora de microorganismos estable. Mediante la posibilidad de recuperar los microorganismos que aún se encuentran en el material fermentado extraído del espacio de fermentación, se acorta notablemente el tiempo hasta que se conforma una microflora estable y altamente eficiente. De esta manera se logra por lo tanto más rápidamente el rendimiento máximo.
- 10 La posibilidad de la recuperación de la biomasa activa presenta además otra ventaja: dado que la densidad de ocupación de microorganismos activos en el espacio de fermentación puede mantenerse a un nivel esencialmente más alto, se acelera el proceso de fermentación. Debido a ello puede aumentar el rendimiento del fermentador. De esta manera un fermentador según la invención puede tolerar esencialmente cargas volumétricas más altas.
- 15 Este efecto se ajusta también en el caso de la combinación del fermentador según la invención con un fermentador de depósito de agitación convencional, cuando la biomasa activa recuperada se reconduce al fermentador de depósito de agitación (la llamada "repotenciación", véase más abajo).
- A ello se suma, que el fermentador según la invención hace prescindible la adición a menudo necesaria en fermentadores de depósito de agitación convencionales, de microelementos, dado que también se recuperan los microelementos comprendidos en la biomasa activa mediante la recuperación de biomasa.
- 20 Además de ello, en fermentadores de depósito de agitación convencionales, el contenido del fermentador ha de mezclarse siempre de forma efectiva. Mediante el proceso de agitación se dañan permanentemente las simbiosis de los diferentes microorganismos, en particular de las bacterias de metano. Una estabilidad de proceso de duración más larga, de esta manera, con nivel de rendimiento alto, no puede lograrse. El substrato de digestión ha de servir en este caso a los microorganismos al mismo tiempo como substrato de alimentación y como superficie de ocupación de sus colonias de simbiosis. El substrato ha de ofrecer por lo tanto una determinada estructura mínima.
- 25 En el fermentador según la invención, se configuran por el contrario simbiosis extremadamente estables de bacterias de metano establecidas de manera estable, debido a lo cual, la metanización puede desarrollarse de forma óptima también en caso de substratos de fácil descomposición con una reducida estructuralidad.
- 30 Las bacterias, las cuales producen hidrógeno libre, y aquellas que utilizan el hidrógeno, deberían estar establecidas de manera estable para una simbiosis óptima. Debido a ello, en el fermentador según la invención puede producirse de forma óptima gas de metano en las superficies de ocupación de los reactores de lecho fijo.
- 35 En el resto de las zonas del fermentador según la invención se desarrolla la biología de forma óptima y en particular no se ve afectada por procesos de agitación.
- 40 Los microorganismos no solo necesitan ácidos orgánicos para la fermentación óptima, sino también CO₂.
- En la zona de la entrada para el material orgánico se conforma de manera reforzada CO₂, el cual atraviesa de forma óptima la sección ascendente que se encuentra por encima del reactor de lecho fijo. Este CO₂ está por lo tanto a disposición de las bacterias de metano de forma suficiente para la metanización. De esta manera se logra una
- 45 estabilidad biológica óptima.
- El fermentador según la invención presenta por lo tanto un rendimiento de biogás mejorado, en particular en el caso de materiales con una proporción de sso baja. El rendimiento mejorado resulta en una descomposición amplia de sso, en particular mediante mejor descomposición de los equivalentes de ácido acético en el desarrollo de la
- 50 instalación, así como mediante el uso una vez más de las bacterias recuperadas, y en concreto mediante el aprovechamiento de sus actividades de metabolización y/o, en caso de morir, mediante el aprovechamiento de su biomasa.
- En general el fermentador según la invención presenta ventajas adicionales:
- 55
- El tiempo de permanencia de los substratos (en particular estiércol líquido) se reduce de anteriormente 50 a 10 días; debido a ello aumenta la producción.
 - La demanda de calor se reduce de forma calculada a 20 % (en la práctica es suficiente por norma ya el calor de proceso intrínseco, es decir, puede renunciarse a un suministro de calor externo).
 - El volumen del fermentador puede reducirse en comparación con un fermentador de depósito de agitación convencional, de 1000 m³ a 200 m³, lo cual reduce los costes de construcción y de inversión.
- 60
- 65 En una forma de realización preferida del fermentador según la invención, está previsto que la sección primaria del reactor de lecho fijo sea una sección ascendente y la sección secundaria del reactor de lecho fijo una sección

descendente.

5 De esta manera se logra permitir y optimizar por vez primera la segunda vía de metabolización de la producción de metano a mayor escala. En este caso los microbios trabajan en un espacio reducido tan eficientemente entre sí, que pueden sintetizarse H^+ y HCO_3^- a CH_4 (véase reacción 2). Debido a ello se reduce el contenido de CO_2 en el biogás y se aumenta correspondientemente el contenido de CH_4 . Esto sirve para la mejora de la calidad y para el aumento de la eficiencia. En la zona ascendente se da debido a las burbujas de CO_2 distribuidas finamente y su superficie específica grande, la posibilidad de que los conformadores de metano puedan llevar a cabo en contacto intensivo este segundo y esencialmente recorrido más difícil de realizar de la conformación de metano.

10 El fermentador según la invención es capaz no obstante también, de producir con mezclas de substrato altamente concentradas con carga volumétrica alta ($> 5 \text{ kg sso/m}^3$ espacio de digestión x d) de manera altamente eficiente y estable biogás. Esto ocurre debido a la biomasa fijada y a la recuperación de la biomasa activa (preferiblemente conformadora de metano) para la retroalimentación e inoculación en la zona de mezcla. En el caso de la combinación de las secciones separadas de la fermentación con flujo ascendente (*upflow*) y flujo descendente (*downflow*) se simula en este caso además de ello, la función de intestino delgado y grueso y de esta manera se trasladan principios de la biónica a la técnica de procedimiento.

15 Una hidrólisis a largo plazo conectada delante o la zona de mezcla asumen en esta analogía de igual manera la función del estómago, mediante la cual se produce una acidificación eficiente del substrato de entrada.

20 Adicionalmente puede alimentarse CO_2 de fuentes externas para la intensificación de las reacciones en la sección ascendente. Este último puede tener su origen en fuentes externas, en particular no obstante también, en un reactor de hidrólisis de largo plazo conectado delante.

25 Está previsto además de ello de forma ventajosa, que el reactor de lecho fijo presente un material, el cual ponga a disposición una superficie de ocupación grande para microorganismos.

30 En este caso se tienen en consideración por ejemplo, materiales con una superficie estructurada y/o una superficie exterior. Estos pueden ser por ejemplo materiales con una superficie de material plástico estructurada, pero también estructuras de granulado de lava, de arlita, de pellets de cerámica, textiles, metálicas y de madera, y similares.

35 De esta manera se posibilita una gran superficie de ocupación y con ello una alta densidad de ocupación y estabilidad para las colonias de microorganismos de vida simbiótica productoras de biogás.

De esta manera se posibilita una gran superficie de ocupación y con ello una alta densidad de ocupación y estabilidad para los microorganismos de vida simbiótica productores de biogás.

40 De manera particularmente preferida está previsto que el reactor de lecho fijo presente un material, el cual permita la configuración de canales dispuestos esencialmente de forma longitudinal.

45 Con el concepto "canales dispuestos esencialmente de forma longitudinal" han de entenderse aquellos materiales, los cuales son adecuados para dar al substrato a fermentar en la sección ascendente (primaria) y/o descendente (secundaria) del fermentador, una dirección de flujo uniforme. Esto es ventajoso además para evitar corrientes de cortocircuito. Se hará referencia a esto más abajo. Son posibles materiales para este fin por ejemplo, tubos dispuestos en perpendicular de cerámica, arcilla, gres, metal, madera o material plástico, o barras, tablas, panales, cables, cuerdas o cordones dispuestos en perpendicular.

50 El reactor de lecho fijo presenta de manera particularmente preferida en este caso, un material, el cual pone a disposición tanto una superficie de ocupación grande para microorganismos, como también permite la configuración de canales dispuestos esencialmente de forma longitudinal.

55 En este caso se tienen en consideración en particular tubos de material plástico con una superficie ampliada, como por ejemplo los tubos de drenaje de construcción profunda flexibles conocidos con diámetros de entre 50 y 400 mm. Éstos presentan una estructura de pared ondulada, la cual permite, que tanto la superficie exterior como también la interior, de estos tubos, pueda ser ocupada por microorganismos.

60 Los tubos mencionados son ventajosos en particular debido a que se ocupan en particular en la sección ascendente del reactor de lecho fijo, de que las burbujas de gas en ascenso (en particular CO_2) no superen un determinado tamaño. En fermentadores convencionales las burbujas de gas ascendentes crecen debido a la reducción de la presión hidrostática, así como debido a la absorción de otras burbujas de gas, de forma desproporcionada, lo cual por un lado reduce su superficie relativa, y por otro lado permite un fuerte aumento de su velocidad de ascenso. Ambas cosas son el motivo por el cual el CO_2 en ascenso prácticamente ya no metaboliza y de esta manera ya no puede transformarse en gas de metano según la reacción 2). La configuración con tubos o estructuras de cuerpo hueco similares establece un límite para el aumento de tamaño de las burbujas y se ocupa mediante la compartimentación del flujo de substrato de esta manera de que el CO_2 en ascenso pueda continuar

metabolizándose en estructuras paralelas y de esta manera, estabilizadas.

En este caso está previsto ventajosamente, que en el correspondiente extremo superior e inferior del reactor de lecho fijo haya dispuesta una instalación de sujeción para estos tubos de material plástico, la cual fije la mejor separación posible de los tubos entre sí y no estreche los pasos de tubo, o que prevenga este tipo de estrechamientos.

Esta instalación de sujeción puede consistir por ejemplo, en secciones de acero fino ("manguitos"), las cuales están dispuestas en una superficie y soldadas, colocadas, atornilladas o remachadas a través de un ángulo entre sí.

Preferiblemente se usan en este caso tubos de material plástico con un diámetro interior de 100 – 300 mm y una separación entre sí de 50 – 300 mm. De manera particularmente preferida, el diámetro interior es de 200 mm y la separación de los tubos entre sí de 100 mm.

Mediante la disposición de al menos un reactor de lecho fijo con al menos una sección ascendente (primaria) y una descendente (secundaria) se evita en particular la configuración de corrientes de cortocircuito. Esto es importante en particular debido a que mediante un paso obligado de este tipo puede garantizarse que el material se fermente de la mejor de las maneras (es decir, se mineralice), y por otro lado se posibilita una higienización completa del material de fermentación.

Esto último es necesario en el caso de materiales, los cuales comprenden excrementos de animales o se produjeron a partir de éstos, antes de la distribución sobre determinadas superficies usadas agrícolamente, como por ejemplo, pastos de producción lechera, debido a directrices legales. Lo mismo es válido para la distribución en zonas de protección hídrica.

La disposición según la invención asegura que la totalidad del material a fermentar atraviese la totalidad del reactor de lecho fijo. Si se mantiene éste en el intervalo de temperatura termófila (es decir, a temperaturas de más de 55 °C), es suficiente ya un tiempo de permanencia de 24 horas para una higienización suficiente.

La higienización inactiva en este caso gérmenes mesófilos (patógenos, patógenos facultativos y no patógenos), como por ejemplo, bacterias coliformes, salmonellas, patógenos de brucelosis y similares. Los microorganismos necesarios para la síntesis de biogás son generalmente termófilos, de manera que no solo soportan las temperaturas mencionadas sin daños, sino que desarrollan allí también su máximo de actividad. A ello se suma, que debido al buen substrato de ocupación permanecen en el fermentador y no se evacúan con el resto de fermentación, es decir, tampoco se distribuyen por ejemplo, sobre un pasto de producción lechera.

En determinadas condiciones es suficiente ya el calor liberado durante la síntesis de biogás, para que se ajusten en el fermentador condiciones termófilas, es decir, puede renunciarse a una alimentación de calor externa, lo cual conduce a notables ahorros de energía.

La sección de recuperación prevista según la invención, que en una configuración particularmente preferida está conectada a través de un canto de rebose a la cámara de sedimentación, está configurada de tal forma, que se recuperan fracciones específicamente más ligeras del material orgánico bombeable y pueden suministrarse de nuevo a la sección ascendente (primaria) del reactor de lecho fijo. Estas fracciones específicamente más ligeras comprenden en particular una gran parte de los organismos metanogénicos, los cuales de lo contrario se evacuarían del fermentador y se perderían para la fermentación.

Este efecto se favorece debido a que los microorganismos metanogénicos mencionados se establecen sobre las superficies del lecho fijo. De esta manera no pueden ser inundados.

Alternativamente, este material activo recuperado puede realimentarse también en el marco de la "repotenciación" al fermentador convencional a reforzar, para aumentar allí la concentración de conformadores de metano y para posibilitar un aumento de la producción o del rendimiento.

Puede estar previsto de igual manera, que la sección de recuperación esté conectada a la cámara de sedimentación a través de perforaciones periféricas o instalaciones de filtro. Para el experto resultan no obstante, sin intervención de actividad inventiva, también otras posibilidades a partir de esta enseñanza, de cómo puede establecerse la conexión mencionada más arriba entre la sección de recuperación y la cámara de sedimentación.

Puede estar previsto además de ello, que en el canto de rebose de las perforaciones o de las instalaciones de filtro, se proporcione un separador, el cual evite un atasco del mismo o la configuración de una capa flotante en el canto de rebose. El material recuperado, que en algunas formas de realización de la presente invención se denomina también como "lodo de inoculación", puede realimentarse al material orgánico a fermentar, introducido nuevamente en el fermentador. Para ello se proporciona preferiblemente una instalación de dosificación, la cual se controla preferiblemente de manera electrónica o con un microprocesador. De esta forma se aumenta de manera permanente la concentración de los microorganismos conformadores de metano, lo cual es beneficioso por su parte

para la producción y la calidad del biogás.

Básicamente, mediante la configuración de la sección de recuperación puede ajustarse la proporción de volumen entre el material introducido nuevamente en el fermentador y el material retenido en la sección de recuperación. Esto puede producirse por ejemplo, mediante la selección precisa de la altura de un canto de rebose previsto frente al extremo superior de la sección ascendente del reactor de lecho fijo. Esto puede ocurrir igualmente por ejemplo a través de la selección precisa del tamaño y de la densidad de las perforaciones periféricas. Para el experto resultan no obstante, sin intervención de actividad inventiva, también otras posibilidades a partir de esta enseñanza, de cómo puede llevarse a cabo el ajuste mencionado anteriormente de la proporción de volumen.

En este caso está previsto preferiblemente, que la proporción de volumen entre el material introducido nuevamente en el fermentador y el material retenido en la sección de recuperación se encuentre en el intervalo de entre 1 : 0,9 – 2 : 0,1. La proporción de volumen es de manera particularmente preferida de 2 : 1. La “reinoculación” con el material retenido ha de tener en todo caso una magnitud tal, que se garantice una fermentación libre de problemas y que no se produzca una sobreacidificación parcial. Esto puede ser entendido fácilmente por el experto mediante métodos adecuados (pH-metro, NIRS, pruebas GC).

Está previsto además de ello ventajosamente, que la sección de recuperación consista en un elemento eventualmente de varias piezas, de forma tubular, dispuesto esencialmente en perpendicular.

La sección de recuperación está dispuesta además de ello preferiblemente entre la sección ascendente (primaria) y la sección descendente (secundaria) de al menos un reactor de lecho fijo.

Esta forma de realización presenta una serie de ventajas. De esta manera, el biogás producido aún en la sección de recuperación puede ser recogido por la misma instalación de recolección de gas, la cual recoge también el gas producido en las secciones del o de los reactores de lecho fijo. A ello se suma, que de esta manera, la sección de recuperación puede llevarse fácilmente a la misma temperatura que el o los reactores de lecho fijo. La sección de recuperación presenta además de ello, una posición óptima para la recuperación de las fracciones más ligeras específicas, dado que de esta manera está dispuesta en el centro del espacio de deposición; en particular cuando el borde superior de la sección de recuperación conforma un canto de rebose. A ello se suman en general ventajas en lo que a técnica de fabricación se refiere, a lo que se hará referencia más abajo.

Igualmente no se excluye sin embargo, y por lo tanto queda abarcado por el alcance de protección de las presentes reivindicaciones, que la sección de recuperación no esté dispuesta entre la sección ascendente (primaria) y descendente (secundaria) de al menos un reactor de lecho fijo, sino que por ejemplo, lo esté lateralmente o fuera del fermentador precisamente dicho.

En una forma de realización particularmente preferida hay dispuesta otra sección de recuperación tras la sección descendente (secundaria) del reactor de lecho fijo. De esta forma se mejora aún más la recuperación de los substratos y microorganismos mencionados.

El fermentador presenta preferiblemente la forma exterior de uno o de dos cilindros dispuestos de pie. En este caso puede estar previsto que el fermentador o el/los cilindro/s consista/consistan en varios segmentos, los cuales pueden ser producidos en una instalación de fabricación y que pueden unirse localmente dando lugar a un fermentador.

En este caso pueden proporcionarse por ejemplo dos mitades de cilindro o varias secciones de cilindro, las cuales se sueldan entre sí o se atornillan entre sí a través de ángulos de fijación localmente de pie. De forma ideal, una de las mitades de cilindro o de las secciones de cilindro presenta ya la sección de recuperación, lo cual facilita además de ello la fabricación y el montaje y de esta manera reduce costes.

Los inventores han calculado que un fermentador prefabricado en esta medida con un volumen de 200 – 250 m³ puede montarse localmente en de uno a dos días. De esta manera se reducen notablemente el esfuerzo de montaje (horas de trabajo, aparatos, grúa móvil) y los costes que ello conlleva. Además de ello, se influye negativamente lo menos posible en los desarrollos de explotación locales (por ejemplo, en el caso de una explotación agrícola). A ello se suma, que de esta manera puede posibilitarse una forma de fabricación estandarizada y así garantizarse mejor el estándar de calidad del fermentador.

Puede preverse además de ello, que el fermentador presente una instalación de recogida de gas dispuesta al menos parcialmente por encima del reactor de lecho fijo y/o de la instalación de recuperación.

En el caso de esta instalación de recogida de gas puede tratarse por ejemplo, de una cúpula o construcción de techo conocida en sí con una membrana estanca a los gases, dispuesta por debajo. En una configuración de este tipo puede preverse en particular que la instalación de recogida de gas funcione también como instalación de almacenamiento de gas. En este caso, la membrana estanca a los gases cuelga de manera relativamente flácida sobre el espacio de fermentación mientras aún no se ha conformado mucho gas, pero es empujada hacia arriba y

tensada por el gas que se genera. El gas conformado puede retirarse de manera conocida y con instalaciones de extracción conocidas.

5 Puede estar previsto básicamente, que el fermentador según la invención presente además de ello una instalación para la alimentación del biogás producido a una red de conducción de gas. Está previsto además de ello de forma preferida, que el fermentador según la invención se acople con un dispositivo para la generación de energía eléctrica a partir del biogás producido.

10 Para transformar la energía química ligada en el biogás producido en energía eléctrica, el biogás se convierte en energía eléctrica por ejemplo, en una planta de cogeneración con motor de gas o motor de combustible dual contenido en ésta. Para poder trabajar de manera rentable, el gas a quemar en el motor de gas ha de proporcionarse con una presión previa de aproximadamente 100 mbar. En el caso de instalaciones de biogás convencionales se requiere aquí un soplador de presión de gas propio, para llevar el gas almacenado a la presión previa mencionada. Este soplador por un lado consume cantidades no insignificantes de energía, por otro lado aumenta el esfuerzo de mantenimiento y los costes de obtención, así como el esfuerzo de control de la instalación de biogás.

20 De manera particularmente preferida, está previsto que el fermentador presente una instalación de almacenamiento de gas hidrostática.

Con el concepto "instalación de almacenamiento de gas hidrostática" ha de entenderse en lo sucesivo una instalación de almacenamiento de gas, en la cual el gas introducido desplaza un líquido presente con anterioridad (en particular agua) en contra de la fuerza de la gravedad (y con ello en contra de una presión hidrostática que se genera o una columna de agua). En relación con esta forma de realización se remite a los dibujos.

25 Si la instalación de almacenamiento de gas está construida por ejemplo de tal manera, que el gas entrante genera al desplazar el líquido que se encuentra en ésta una columna de agua máxima de 2000 mm, entonces esto se corresponde con una presión hidrostática de 200 mbar. Al mismo tiempo, el gas almacenado se mantiene a una presión de gas correspondiente a esta presión, y puede suministrarse al motor de gas de la planta de cogeneración renunciándose a un soplador de presión de gas propio. Es decisivo para ello que los microorganismos generadores de biogás puedan continuar generando biogás también en contra de gradientes de presión acentuados. En la literatura se describen en este caso gradientes de presión de hasta 160 bares. El gradiente de presión descrito que se genera, de 200 mbar, que eventualmente tiene continuidad en el fermentador, no influye por lo tanto negativamente en la síntesis de biogás.

30 Preferiblemente las conducciones de tubería hacia el acumulador de gas hidrostático presentan unas dimensiones tales, que cumplen con los requisitos exigidos a instalaciones de seguridad de gas (sobrepresión y presión negativa). De esta manera, el gas producido en exceso puede escapar al entorno a través del acumulador de gas hidrostático, funcionando el líquido del acumulador de gas como seguro antirretorno y excluyendo una introducción de chispa o de llama en el fermentador. Una instalación de almacenamiento de gas convencional no es capaz de ello. Además de ello, en caso de correspondiente dimensionamiento de las conducciones de tubería, éstas pueden servir también como protección de desbordamiento para substrato de fermentación alimentado en exceso al fermentador. Éste resbala por las conducciones de tubería y es recogido por el acumulador de gas hidrostático.

45 La instalación de recogida de gas del fermentador presenta preferiblemente una cúpula en forma de cono, en forma de cono truncado, paraboloide o hemisférica.

50 De manera particularmente preferida, esta cúpula está dispuesta de tal manera sobre el fermentador, que la zona del estrechamiento de la cúpula, dirigida hacia arriba, comienza ya por debajo de un canto de rebose de la sección de recuperación. Se remite en este sentido a los dibujos. De esta manera se mejora notablemente la recuperación de la biomasa activa.

55 De manera preferida está previsto además de ello, que en la zona del espacio de fermentación, del acumulador de gas y/o del espacio de reposo, no se proporcionen instalaciones eléctricas. El espacio de fermentación, el acumulador de gas y/o el espacio de reposo pueden estar configurados también como jaula de Faraday. Ambas medidas sirven para la prevención de fuego y de explosión. Además de ello, la carcasa del fermentador puede ser como un todo de un metal conductor (en particular acero V₄A o acero revestido frente a la corrosión), o también de un material no metálico, al cual se suma una red de conductores metálicos, por ejemplo, en forma de un material de malla de alambre que rodea el material de la carcasa.

60 En otra forma de realización preferida, el fermentador según la invención presenta una ranura de sedimentación dispuesta en la zona de base del espacio de fermentación. En ésta puede depositarse material orgánico como arena, cal, piedras, etc., y por ejemplo, con una ayuda de una rosca transportadora retirarse del fermentador. Habitualmente se retiran diariamente de forma aproximada de 1 – 3 % del material de fermentación de esta forma. 65 Los materiales sólidos pueden separarse entonces del material extraído y volver a alimentarse al espacio de fermentación los componentes líquidos.

En otra forma de realización preferida, está previsto que el fermentador presente en la zona de su salida un intercambiador de calor, con el cual puede calentarse previamente el material orgánico fresco a calentar.

5 De esta manera se facilita el ajuste de condiciones meso o termófilas de forma notable en el fermentador y al mismo tiempo se reduce la demanda de energía necesaria para ello. En el caso ideal es suficiente el calor de reacción intrínseco que se desarrolla durante la fermentación para el ajuste de las condiciones mencionadas, de manera que es superflua una adición de calor desde el exterior.

10 En algunos casos, en concreto cuando el calor de reacción intrínseco no es suficiente, ha de acondicionarse térmicamente el fermentador de biogás según la invención. Muchas instalaciones de calentamiento, por ejemplo, intercambiadores de calor dispuestos en el fermentador, presentan en su superficie una temperatura más alta, de lo que es óptimo para los microorganismos. El material de fermentación, el cual entra en contacto con la instalación de calentamiento, se calienta por lo tanto en primer lugar a una temperatura que se encuentra por encima del intervalo de temperatura preferido, y traslada ésta entonces sucesivamente al material circundante. De esta manera bien es
15 cierto que puede ajustarse en el conjunto del espacio de fermentación la temperatura deseada, sin embargo, la temperatura aumentada conduce en la zona de la instalación de calentamiento a la muerte de los microorganismos allí establecidos o que entran en contacto con ésta, en particular bacterias metanogénicas, y con ello a una reducción de la producción.

20 Está previsto además de ello de forma preferida, que el fermentador presente una instalación de acondicionamiento térmico para el material orgánico a fermentar, la cual esté configurada de tal manera, que la temperatura del material de fermentación pueda ajustarse en el espacio de fermentación ya solo mediante el acondicionamiento térmico del material orgánico a fermentar introducido a través de la entrada.

25 Para ello se requiere además de una instalación de calentamiento para el substrato a fermentar, al menos un sensor de temperatura en el espacio de fermentación y un correspondiente circuito de regulación. Este tipo de acondicionamiento térmico es particularmente efectivo, dado que el material acondicionado térmicamente introducido en el espacio de fermentación, se distribuye directamente y entrega su energía térmica rápidamente al entorno. Debido al rápido intercambio de calor al material circundante, no se influye negativamente en los procesos
30 de vida de las bacterias de metano del fermentador. Además de ello, debido a la buena conductividad térmica y a la mezcla efectiva, es suficiente ya una temperatura ligeramente mayor del substrato a fermentar, para templar de forma efectiva el fermentador, de manera que también debido a este motivo no ha de temerse una influencia negativa en las bacterias de metano del fermentador. En general se posibilita además de ello un acondicionamiento térmico más rápido y uniforme del material de fermentación, lo cual es beneficioso para la estabilidad del proceso.
35 En este caso puede estar previsto ventajosamente, que la instalación de llenado esté dispuesta entre los dos dispositivos de agitación. El substrato a fermentar acondicionado térmicamente se introduce de esta manera de forma particularmente efectiva en el espacio de fermentación y se mezcla rápidamente con el material de fermentación, entregando su temperatura de manera particularmente rápida al entorno. Además de ello se da con esto la posibilidad de pasteurizar o estabilizar el substrato a fermentar antes de introducirse en el espacio de
40 fermentación. De esta manera puede ser ocupado de forma particularmente rápida por bacterias de metano tras la introducción en el espacio de fermentación, lo cual conduce a una agilización de la fermentación y con ello a un aumento de la producción. Este tipo de acondicionamiento térmico hace prescindible además de ello, la presencia de otras instalaciones de calentamiento o intercambiadores de calor en el espacio de fermentación y evita de esta manera los efectos negativos mencionados anteriormente. Además de ello, este tipo de acondicionamiento térmico
45 hace prescindible además de ello, la presencia de conmutaciones eléctricas en el espacio de fermentación, las cuales podrían conducir por el contrario a riesgo de conformación de chispas y con ello de explosión.

50 Se prevé además de ello según la invención, un procedimiento para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable con baja proporción de sustancia seca orgánica (sso) en un fermentador según una de las reivindicaciones anteriores. Este procedimiento presenta los siguientes pasos:

- a) introducir el material orgánico bombeable a través de una entrada en el fermentador,
- b) producir y mantener un medio anaeróbico, un valor de pH de al menos 7 y una temperatura en el intervalo mesófilo a termófilo,
- 55 c) producir un flujo de material del material orgánico bombeable a través del reactor de lecho fijo, así como de la cámara de sedimentación del fermentador,
- d) recuperar las fracciones específicamente más ligeras del material orgánico bombeable en la sección de recuperación,
- e) suministrar eventualmente de nuevo el material recuperado al fermentador
- 60 f) recoger el gas resultante y retirar de forma continua o paso a paso los restos de fermentación fermentados.

El valor de pH puede ajustarse en este caso con los medios convencionales, conocidos por el experto.

65 Puede estar previsto además de ello en particular, que el flujo de material se produzca mediante el reactor de lecho fijo de forma continua o pulsante. Ambas variantes pueden tener ventajas y desventajas, en particular en lo que se refiere al correspondiente substrato usado. De esta manera puede ser ventajoso un flujo de material pulsante, para

lograr un tiempo de contacto más largo entre el sustrato a fermentar y los microorganismos. El ajuste de condiciones de flujo adecuadas (velocidad, intervalos de pulso, etc., en particular en lo que se refiere al correspondiente sustrato usado) puede ser conocido por el experto mismo mediante pruebas rutinarias sin actividad inventiva propia.

5 Está previsto además de ello según la invención, que el material recuperado se incuba previamente con material fresco a fermentar, antes de que éste último se introduzca en el fermentador.

10 De manera particularmente preferida está previsto en este caso, que con el fin del rendimiento completo se añada al material orgánico a fermentar con proporción reducida de sustancia seca orgánica (sso) biomasa adicional de materias primas renovables, en particular de plantas energéticas.

15 Los restos de fermentación producidos con el fermentador o procedimiento según la invención presentan una alta proporción de nutrientes mineralizados (N, P, K) y se adecuan bien como fertilizantes. Los restos de fermentación son normalmente en comparación con el sustrato a fermentar, más líquidos, ya que contienen una proporción menor de sustancia residual orgánica. Pueden extraerse por lo tanto mejor y usarse para el crecimiento de plantas, por ejemplo, como estiércol líquido. Debido a la proporción reducida de sustancia orgánica, ha de temerse tras la salida del resto de fermentación una conformación mucho más reducida de gases con impacto climático, como por ejemplo, dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). A ello se suma que eventualmente se inactivan mediante la fermentación semillas de plantas contenidas en el estiércol líquido, en particular de malas hierbas, así como esporas de hongos, y por lo tanto tras la salida ya no pueden germinar. Otra ventaja de los restos de fermentación producidos de esta manera, es que al mantenerse determinadas condiciones de procedimiento, están higienizados, y por lo tanto, pueden distribuirse sin más tratamiento químico o térmico también sobre superficies críticas, como por ejemplo, zonas de protección hídrica o sobre pastos de producción lechera.

25 A ello se suma, que el estiércol líquido está fuertemente mineralizado, que los nutrientes contenidos por lo tanto se adecuan esencialmente en mayor medida a las plantas a fertilizar. En el caso de estiércol líquido sin fermentar resulta por el contrario durante la fertilización un potencial incalculable de nutrientes ligados orgánicamente en el suelo, el cual puede conducir en el caso de cargas de mineralización naturales, a importantes contaminaciones de aguas subterráneas, cuando la vegetación no es capaz de absorber las cargas de nutrientes mineralizados.

30 En otra configuración del fermentador según la invención, está previsto que éste esté conectado después de un fermentador de biogás convencional (la llamada "repotenciación"), de tal forma, que a través de la entrada para el material orgánico bombeable pueden alimentarse restos de fermentación del fermentador de biogás convencional.

35 Esta configuración ha de denominarse en lo sucesivo como fermentador secundario. Con el concepto "fermentador de biogás convencional" se entienden los fermentadores de biogás del estado de la técnica mencionados inicialmente, los cuales se usan para la fermentación de materias primas renovables y que esencialmente consisten en un gran depósito de agitación con una cúpula de acumulación de gas o en un fermentador de flujo de pistón (un cilindro dispuesto horizontalmente). Dado que estas materias primas solo se fermentan de manera incompleta, al mismo tiempo experimentan una pérdida completa de microorganismos configuradores de metano, y además de ello generan restos de fermentación, los cuales no están lo suficientemente higienizados (corrientes de cortocircuito, véase arriba), y además de ello emiten gases que afectan al clima (metano, monóxido de nitrógeno, CO₂, véase arriba), es particularmente ventajoso, suministrar los restos de fermentación de un fermentador de este tipo al fermentador según la invención, que en este caso funciona como un tipo de fermentador secundario. El explotador de un fermentador de biogás convencional puede mejorar de esta manera la rentabilidad y el respeto medioambiental de su instalación con inversiones relativamente reducidas posteriormente.

50 En esta forma de realización puede estar previsto en particular también, que el biogás generado en el fermentador secundario se suministre al acumulador de gas de la instalación principal.

55 En una configuración particularmente preferida está previsto en este caso, que la sección de recuperación esté configurada de tal forma, que las fracciones específicamente más ligeras recuperadas en ésta, del material orgánico bombeable, puedan suministrarse nuevamente al fermentador de biogás conectado delante.

60 Se ofrece de esta manera la posibilidad de recuperar la biomasa activa, la cual se lleva en dispositivos según el estado de la técnica junto con el material fermentado, a un acumulador de residuos de fermentación, y permanece allí sin aprovechar, y de volver a suministrarla al proceso de fermentación. De esta manera se aumenta notablemente la producción. A ello se suma que mediante la retroalimentación de la biomasa activa al espacio de fermentación se acorta esencialmente el tiempo para la optimización de la instalación en el primer funcionamiento. Básicamente ocurre que una instalación de biogás necesita un determinado tiempo para la optimización. El motivo de ello es que en la instalación ha de ajustarse en primer lugar una flora de microorganismos estable. Mediante la posibilidad de recuperar los microorganismos que aún se encuentran en el material fermentado, extraído del espacio de fermentación, se acorta notablemente el tiempo hasta el establecimiento de una microflora estable. De esta manera, la producción máxima por lo tanto se logra de forma esencialmente más rápida.

La posibilidad de la retroalimentación de la biomasa activa presenta también otra ventaja: dado que la densidad de ocupación de microorganismos activos en el espacio de fermentación puede mantenerse a un nivel esencialmente mayor, se acelera el proceso de fermentación. Debido a ello puede aumentarse la producción del fermentador. De esta manera, un fermentador según la invención puede tolerar cargas volumétricas esencialmente mayores.

5 Puede estar previsto también, que al fermentador según la invención – alternativa o adicionalmente a la configuración mencionada anteriormente- esté conectado después un reactor de hidrólisis a largo plazo (con conservación en líquido de los substratos), como se conoce por ejemplo, con el término “LIGAVATOR” o “BETAVATOR”. Un reactor de este tipo tiene por ejemplo, un volumen de 1.500 m³. Durante el almacenamiento del
10 producto a fermentar en un reactor de este tipo se produce un proceso de fermentación anaeróbico (en particular un ensilaje, es decir, una fermentación de ácido láctico/acético, en el cual se da una conformación de metabolitos de cadena corta, en particular lactato, es decir, ácido láctico y acetato, es decir, ácido acético), para la reducción de pH y para la conformación de CO₂. En particular los mencionados ácidos láctico y acético pueden metabolizarse particularmente bien en el fermentador según la invención. El CO₂ liberado puede alimentarse igualmente al
15 fermentador según la invención.

Dibujos y ejemplos

20 La presente invención se explica con mayor detalle mediante las figuras y ejemplos que se muestran y discuten en lo sucesivo. En este caso ha de tenerse en cuenta, que las figuras y los ejemplos solo tienen un carácter a modo de ejemplo y no están pensados para limitar en forma alguna la invención.

La Fig. 1 muestra una forma de realización a modo de ejemplo de un fermentador 10 según la invención para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable, en sección longitudinal. El fermentador presenta una
25 entrada 11 para el material orgánico bombeable, un reactor de lecho fijo 12 para el material orgánico bombeable con al menos una sección 12a primaria (ascendente) y una sección 12b secundaria (descendente), así como al menos una salida 13 para el resto de fermentación resultante.

El fermentador presenta además de ello, una cámara de sedimentación 14 para el material orgánico bombeable, la cual está dispuesta entre las secciones 12a y 12b primaria y secundaria del reactor de lecho fijo, así como una
30 sección de recuperación 15, la cual está conectada a la cámara de sedimentación 14 y configurada de tal manera, que pueden recuperarse fracciones específicamente más ligeras del material orgánico bombeable y eventualmente volver a alimentarse a la sección ascendente (primaria) del reactor de lecho fijo.

35 El reactor de lecho fijo 12 presenta un material, el cual permite la configuración de canales dispuestos esencialmente de forma longitudinal (analogía con tubos intestinales dispuestos en paralelo, es decir, paquetes de digestión).

Mediante el uso de un reactor de lecho fijo con estas propiedades, se logran una serie de ventajas. De esta manera un reactor de lecho fijo permite renunciar a un dispositivo de agitación propio, como se usa en fermentadores de
40 depósito de agitación, dado que dentro del reactor de lecho fijo puede ajustarse un flujo de material preciso. Mediante el flujo de material preciso se evitan en particular también los flujos de cortocircuito inevitables en fermentadores de depósito de agitación, que influyen negativamente en una higienización efectiva del material de fermentación, así como en una fermentación óptima. A ello se suma, que el reactor de lecho fijo previsto pone a disposición un sustrato de colonización para microorganismos de conformación de metano. De esta manera
45 pueden ajustarse a diferencia de en un fermentador de depósito de agitación, microbiocenosis por sustratos.

La sección de recuperación 15 consiste en un elemento tubular dispuesto perpendicularmente y está dispuesta entre la sección 12a ascendente (primaria) y la sección 12b descendente (secundaria) del reactor de lecho fijo.

50 La sección de recuperación 15 está en contacto a través de un canto de rebose con la cámara de sedimentación 14, y configurada de tal manera, que fracciones 16 específicamente más ligeras del material orgánico bombeable pueden recuperarse y alimentarse de nuevo a la sección ascendente (primaria) del reactor de lecho fijo a través de una salida 16. En el caso de estas fracciones específicamente más ligeras se trata por un lado de fracciones orgánicas específicamente más ligeras, como por ejemplo, ácidos grasos volátiles. En fermentadores de depósito de
55 agitación convencionales, estas fracciones conforman una capa flotante y evitan de esta manera el proceso de fermentación. Pasan además de ello en parte fácilmente a la fase gaseosa y evitan debido a ello de forma permanente el proceso de fermentación adicional.

60 En estas fracciones orgánicas específicamente más ligeras hay contenidos además de ello microorganismos (la llamada “biomasa activa”), que se han separado del sustrato del reactor de lecho fijo y que sin una sección de recuperación se evacuarían del fermentador junto con el resto de fermentación. Debido a ello, en el caso de los fermentadores de biogás convencionales se reduce continuamente la densidad de colonización de microorganismos productores de biogás, de manera que estos fermentadores han de funcionar básicamente con una densidad de microorganismos demasiado baja para una producción de biogás óptima. La sección de recuperación según la
65 invención permite la recuperación y la realimentación de estos microorganismos al fermentador, de manera que el fermentador según la invención presenta una densidad de microorganismos notablemente mayor que un

fermentador convencional.

5 El fermentador presenta además de ello dos dispositivos de agitación 17a, 17b con unas dimensiones relativamente reducidas, en la zona de la entrada 11 y en la zona de la cámara de sedimentación 14, que se conectan a intervalos regulares y evitan en particular la sedimentación de partículas sólidas. Los dispositivos de agitación mostrados presentan en comparación con los dispositivos de agitación conocidos de los fermentadores de depósito de agitación convencionales, unas dimensiones y un consumo de potencia notablemente inferiores.

10 El fermentador presenta además de ello una bomba 18 para bombear el material de fermentación a través del reactor de lecho fijo. Esta bomba también presenta en comparación con los dispositivos de agitación conocidos de los fermentadores de depósito de agitación convencionales, un consumo de potencia notablemente inferior. Puede tratarse en particular de una bomba de doble émbolo. En la Fig. 1 se representa además de ello, una instalación de extracción de gas 20 para la extracción del biogás producido.

15 Las flechas continuas indican la dirección del flujo de material a través del fermentador. Las flechas discontinuas indican la dirección del biogás que se produce.

20 Puede verse también bien en la Fig. 1, que el fermentador según la invención presenta una necesidad de espacio notablemente reducida frente a un fermentador de depósito de agitación convencional, el cual debido a los grandes volúmenes de espacio de digestión demanda una superficie muy grande. El fermentador según la invención presenta en una configuración preferida una demanda de superficie de solo 29 m² de superficie base y puede integrarse de esta manera de forma ideal en superficies de granja agrícola existentes.

25 La Fig. 2 muestra dos secciones transversales del fermentador según la invención a lo largo de las líneas A-A' (Fig. 2A) o B-B' (Fig. 2B). En la Fig. 2a pueden verse en vista superior la sección 22a ascendente (primaria) y la sección 22b descendente (secundaria) del reactor de lecho fijo, así como la sección de recuperación 15. En la Fig. 2b puede verse solamente el borde superior de la sección de recuperación en vista superior del canto de rebose. La Fig. 3a muestra a modo de ejemplo un tubo de material plástico 31, el cual se usa preferiblemente como material para el reactor de cuerpo fijo, dado que posibilita una configuración de canales dispuestos esencialmente de forma longitudinal. Este tubo presenta tanto en el lado exterior, como también en el interior, una superficie ampliada, la cual pone a disposición una superficie de ocupación para microorganismos. En el caso del tubo de material plástico se trata de un tubo, el cual presenta propiedades parecidas a las de los tubos de drenaje de construcción profunda flexibles conocidos, con diámetros de entre 50 y 400 mm. De manera particularmente preferida se trata incluso de un tipo de tubo de drenaje de este tipo, dado que éste es ligero y económico. Preferiblemente está previsto que se suspendan muchos de estos tubos en el fermentador y configurar así el reactor de lecho fijo. Para ello puede estar previsto que el fermentador presente en sus zonas superior e inferior respectivamente una instalación de colgamiento para suspender los mencionados tubos de material plástico.

30

35

40 Otros materiales para la configuración del reactor de lecho fijo son por ejemplo, tubos o cuerpos huecos tipo panal dispuestos perpendicularmente, de cerámica, arcilla, gres, madera, metal o material plástico, o barras, cables, cuerdas o cordones dispuestos perpendicularmente.

45 La Fig. 3b muestra a modo de ejemplo una instalación de sujeción 33 para estos tubos de material plástico, la cual está dispuesta en los correspondientes extremos superior e inferior del reactor de lecho fijo, y que fija la mejor separación posible de los tubos entre sí y no estrecha los pasos de tubo o previene este tipo de estrechamientos. Esta instalación de sujeción consiste en secciones de tubo de acero fino ("manguitos"), las cuales están dispuestas en una superficie y soldadas o unidas de otra forma entre sí a través de un ángulo, y en las cuales se introducen de forma exacta los extremos de los tubos de material plástico.

50 La Fig. 4 muestra una parte 40 de un fermentador según la invención en representación despiezada, consistente en los dos segmentos 41a y 41b en forma de mitad de cilindro. La Fig. 4 muestra además de ello en vista superior la sección 42 ascendente (primaria) del reactor de lecho fijo. La sección descendente está tapada en la Fig. 4 por la pared del segmento 41b y por lo tanto no puede reconocerse. Los segmentos 41a y 41b se atornillan entre sí localmente a través de ángulos de fijación 43. Uno de los segmentos (en este caso 41 a) presenta de forma ideal ya la sección de recuperación 45, lo cual además de ello, facilita la fabricación y el montaje y reduce de esta manera costes.

55

60 La Fig. 5 muestra igualmente una parte 50 de un fermentador según la invención en vista despiezada. Éste consiste a diferencia del fermentador mostrado en la Fig. 4, en cuatro segmentos 51a – 51d. La sección ascendente (primaria) del reactor de lecho fijo consiste como consecuencia en dos segmentos 52a y 52b. La sección descendente está cubierta en la Fig. 5 por la pared de los segmentos 51c y 51d, y por lo tanto no puede verse. Se representa además de ello, la sección de recuperación 55.

65 La Fig. 6 muestra igualmente una parte 60 de un fermentador según la invención en sección con los desarrollos de corriente del material de fermentación. El material de fermentación sale de la sección 62 ascendente (primaria) del reactor de lecho fijo a la cámara de sedimentación 64. Allí ascienden fracciones 69 específicamente más ligeras y

acceden a través del canto de desborde a la sección de recuperación 65. Las fracciones específicamente más pesadas, por ejemplo, biomasa muerta que ya no produce gas) acceden por el contrario a la sección descendente (secundaria) no representada del reactor de lecho fijo.

5 La Fig. 7 muestra diferentes configuraciones adicionales del fermentador según la invención. De esta manera se representa en la Fig. 7a un intercambiador de calor 74 dispuesto en la zona de su salida 73, con el cual puede calentarse previamente el material orgánico fresco a fermentar. Para este fin, el intercambiador de calor está conectado a la entrada 71.

10 De esta manera se facilita notablemente el ajuste de condiciones meso o termófilas en el fermentador y al mismo tiempo se reduce la demanda de energía necesaria para ello. En el caso ideal, es suficiente el calor de reacción intrínseco que se desarrolla durante la fermentación, para el ajuste de las condiciones mencionadas, de manera que es superflua una introducción de calor desde el exterior.

15 La Fig. 7b muestra otra sección de recuperación 75, la cual está dispuesta tras la sección descendente (secundaria) del reactor de lecho fijo 72. De esta manera se mejora una vez más la recuperación de los substratos y de los organismos mencionados.

20 La Fig. 8 muestra una instalación de almacenamiento de gas 80 hidrostática, consistente en un depósito 81 con una base intermedia 82. La parte inferior del depósito está llenada con un líquido de bloqueo 83. La instalación de almacenamiento de gas está conectada a una instalación de extracción de gas 84 de un fermentador no representado. El gas introducido desplaza al entrar a la parte inferior del depósito, el líquido (en particular agua) en contra de la fuerza de la gravedad (y con ello en contra de una presión hidrostática que se genera o de una columna de agua). El agua escapa a través de un tubo de ascenso 85 a la parte superior del depósito. Si la instalación de almacenamiento de gas está construida por ejemplo de tal forma, que el gas entrante genera al desplazar el líquido que se encuentra allí dentro una columna de agua máxima de 2000 mm, entonces esto se corresponde con una presión hidrostática de 200 mbar. Al mismo tiempo el gas almacenado se mantiene a una presión de gas que se corresponde a esta presión, y puede suministrarse al renunciarse a un soplador de presión de gas propio al motor de gas de la planta de cogeneración. Es decisivo para ello, que los microorganismos productores de biogás puedan continuar produciendo biogás también en contra de gradientes de presión fuertes. En la literatura se describen en este caso gradientes de presión de hasta 160 bares. El gradiente de presión de 200 mbar que se genera, descrito, que continua eventualmente hasta el fermentador, no influye por lo tanto negativamente en la síntesis de biogás.

35 La Fig. 9 muestra otra forma de realización de un fermentador 90 según la invención, que se corresponde en la mayoría de los puntos, con la forma de realización mostrada en la Fig. 1. A diferencia de esta última está previsto aquí no obstante, que la sección de recuperación 95 esté unida a través de perforaciones 96 periféricas o instalaciones de filtro, con la cámara de sedimentación 94, y no a través de un canto de rebose.

40 La Fig. 10 muestra otra forma de realización de un fermentador 100 según la invención, el cual igualmente se corresponde en la mayoría de los puntos con la forma de realización mostrada en la Fig. 1. A diferencia de esta última, está previsto en este caso no obstante, que la sección de recuperación 105 esté dispuesta exteriormente y unida con la sección de sedimentación 104. A través de una válvula 106 puede regularse la cantidad de retorno. La sección de recuperación puede separarse en esta forma constructiva en general fácilmente del fermentador con fines de mantenimiento.

45 La Fig. 11 muestra otra forma de realización del fermentador según la invención, con la entrada 11, un reactor de lecho fijo 112 para el material orgánico bombeable con una sección 112a primaria (ascendente) y una sección 112b secundaria (descendente), que espacial y constructivamente están separadas la una de la otra (llamados fermentadores parciales), así como con una salida 113. Las secciones 112a y 112b pueden estar fabricadas a partir de un tanque de gas líquido o de gas usado, disponible económicamente, el cual se separó por ejemplo centralmente. También se proporciona en la zona de cabeza de los fermentadores parciales, una sección de recuperación 115, a través de la cual pueden suministrarse de nuevo las fracciones específicamente más ligeras recuperadas del material orgánico bombeable al fermentador de biogás 116 conectado delante. El transporte del material se produce en este caso en particular a través de la presión de gas que se genera en la sección ascendente del fermentador.

50 La Fig. 11 muestra también un fermentador de biogás 116 convencional que se proporciona opcionalmente, el cual está conectado tras el fermentador 110 según la invención y que funciona frente a éste como fermentador secundario (llamada "repotenciación"), de tal manera, que a través de la entrada 111 pueden alimentarse restos de fermentación desde el fermentador de biogás convencional.

60 El fermentador de biogás 116 consiste esencialmente en un depósito de agitación grande con una cúpula de acumulación de gas. Dado que éste solo fermenta de manera incompleta las materias primas (es decir, alto potencial de gas residual del resto de fermentación), está sometido al mismo tiempo a una pérdida constante de microorganismos de conformación de metano y además de ello, genera restos de fermentación, los cuales no están lo suficientemente higienizados ni mineralizados (digeridos) (corrientes de cortocircuito, véase arriba), y emite

5 además de ello, gases que influyen en el clima (metano, monóxido de nitrógeno, CO₂, véase arriba), es particularmente ventajoso, alimentar los restos de fermentación de un fermentador 116 de este tipo al fermentador 112 según la invención. El explotador de un fermentador de biogás convencional puede mejorar de esta manera de forma duradera la rentabilidad y el respeto medioambiental de su instalación con inversiones relativamente reducidas.

10 El biogás producido en el fermentador 112 se suministra en este caso al almacenador de gas del fermentador de biogás 116. En una configuración particularmente preferida, está previsto en este caso, que la sección de recuperación 115 esté configurada de tal manera, que las fracciones específicamente más ligeras recuperadas en ella, del material orgánico bombeable, puedan realimentarse de nuevo al fermentador de biogás 116 conectado previamente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable con una proporción reducida de sustancia seca orgánica en un fermentador, presentando el procedimiento los siguientes pasos:
- 5 i) introducir en el fermentador el material orgánico bombeable a través de una entrada,
 ii) producir y mantener un medio anaeróbico, un valor de pH de al menos 7 y una temperatura en el intervalo mesófilo a termófilo,
 10 iii) producir un flujo de material del material orgánico bombeable a través de un reactor de lecho fijo, así como de una cámara de sedimentación del fermentador,
 iv) recuperar las fracciones específicamente más ligeras del material orgánico bombeable en una sección de recuperación,
 v) así como recoger el gas resultante y retirar de forma continua o paso a paso el resto de fermentación fermentado.
- 15 2. Fermentador adecuado para llevar a cabo el procedimiento para la producción de biogás a partir de material orgánico bombeable con una proporción reducida de sustancia seca orgánica según la reivindicación 1, que presenta
- 20 a) al menos una entrada para el material orgánico bombeable,
 b) al menos un reactor de lecho fijo para el material orgánico bombeable con al menos una sección primaria y una secundaria, así como
 c) al menos una salida para el resto de fermentación resultante,
- 25 presentando además
- d) al menos una cámara de sedimentación para el material orgánico bombeable, la cual está dispuesta entre las secciones primaria y secundaria del reactor de lecho fijo, así como
 30 e) al menos una sección de recuperación, la cual está en contacto con la cámara de sedimentación y configurada de tal manera que pueden recuperarse fracciones específicamente más ligeras del material orgánico bombeable.
3. Fermentador según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la sección primaria del reactor de lecho fijo es una sección ascendente y la sección secundaria del reactor de lecho fijo, una sección descendente.
- 35 4. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 3, **caracterizado por que** el reactor de lecho fijo presenta un material, el cual proporciona una superficie de colonización grande para microorganismos.
5. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 4, **caracterizado por que** el reactor de lecho fijo presenta un material, el cual permite la configuración de canales dispuestos esencialmente de forma longitudinal.
- 40 6. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 5, **caracterizado por que** la sección de recuperación está dispuesta entre las secciones ascendente (primaria) y descendente (secundaria) de al menos un reactor de lecho fijo.
- 45 7. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 6, **caracterizado por que** hay dispuesta otra sección de recuperación tras la sección descendente (secundaria) del reactor de lecho fijo.
8. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 7, **caracterizado por que** presenta la forma exterior de un cilindro dispuesto de pie.
- 50 9. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 8, **caracterizado por que** consiste en varios segmentos, los cuales pueden fabricarse en una instalación de fabricación y unirse localmente dando lugar a un fermentador.
10. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 9, **caracterizado por que** presenta una instalación de recogida de gas dispuesta al menos parcialmente por encima del reactor de lecho fijo y/o de la instalación de recuperación.
- 55 11. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 10, **caracterizado por que** presenta una instalación de almacenamiento de gas hidrostática.
- 60 12. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 11, **caracterizado por que** la instalación de recogida de gas presenta una cúpula en forma de cono, en forma de cono truncado, paraboloide o hemisférica.
- 65 13. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 12, **caracterizado por que** presenta en la zona de su salida un intercambiador de calor, con el cual puede calentarse previamente el material orgánico fresco a fermentar.

- 5 14. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 13, **caracterizado por que** el fermentador presenta una instalación de acondicionamiento térmico para el material orgánico a fermentar, la cual está configurada de tal manera que la temperatura del material de fermentación en el espacio de fermentación puede ajustarse simplemente mediante el acondicionamiento térmico del material orgánico a fermentar introducido a través de la entrada.
- 10 15. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el material recuperado se incuba previamente con material fresco a fermentar, antes de que este último se introduzca en el fermentador.
- 15 16. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 15, **caracterizado por que** con el fin de la plena explotación se añade al material orgánico a fermentar biomasa adicional, por ejemplo, de materias primas renovables, en particular de plantas energéticas.
- 20 17. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 15 - 16, **caracterizado por que** las condiciones de procedimiento están ajustadas de tal manera que se reduce la formación de ácido propiónico o se descompone más rápidamente ácido propiónico.
- 25 18. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 14, **caracterizado por que** está conectado después de un fermentador de biogás convencional, de tal manera que a través de la entrada para el material orgánico bombeable pueden alimentarse restos de fermentación del fermentador de biogás convencional.
- 30 19. Fermentador según la reivindicación 18, **caracterizado por que** la sección de recuperación está configurada de tal manera que las fracciones específicamente más ligeras recuperadas en ésta del material orgánico bombeable pueden suministrarse de nuevo al fermentador de biogás conectado delante.
20. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 14 o 18 - 19, **caracterizado por que** está conectado después de un reactor de hidrólisis a largo plazo.
21. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 15 – 17, **caracterizado por que** tras el paso iv) del procedimiento sigue el paso de la alimentación de nuevo al fermentador del material recuperado.
22. Fermentador según una de las reivindicaciones 2 – 14 o 18 - 19, **caracterizado por que** la sección de recuperación está conectada a través de un canto de rebose a la cámara de sedimentación.

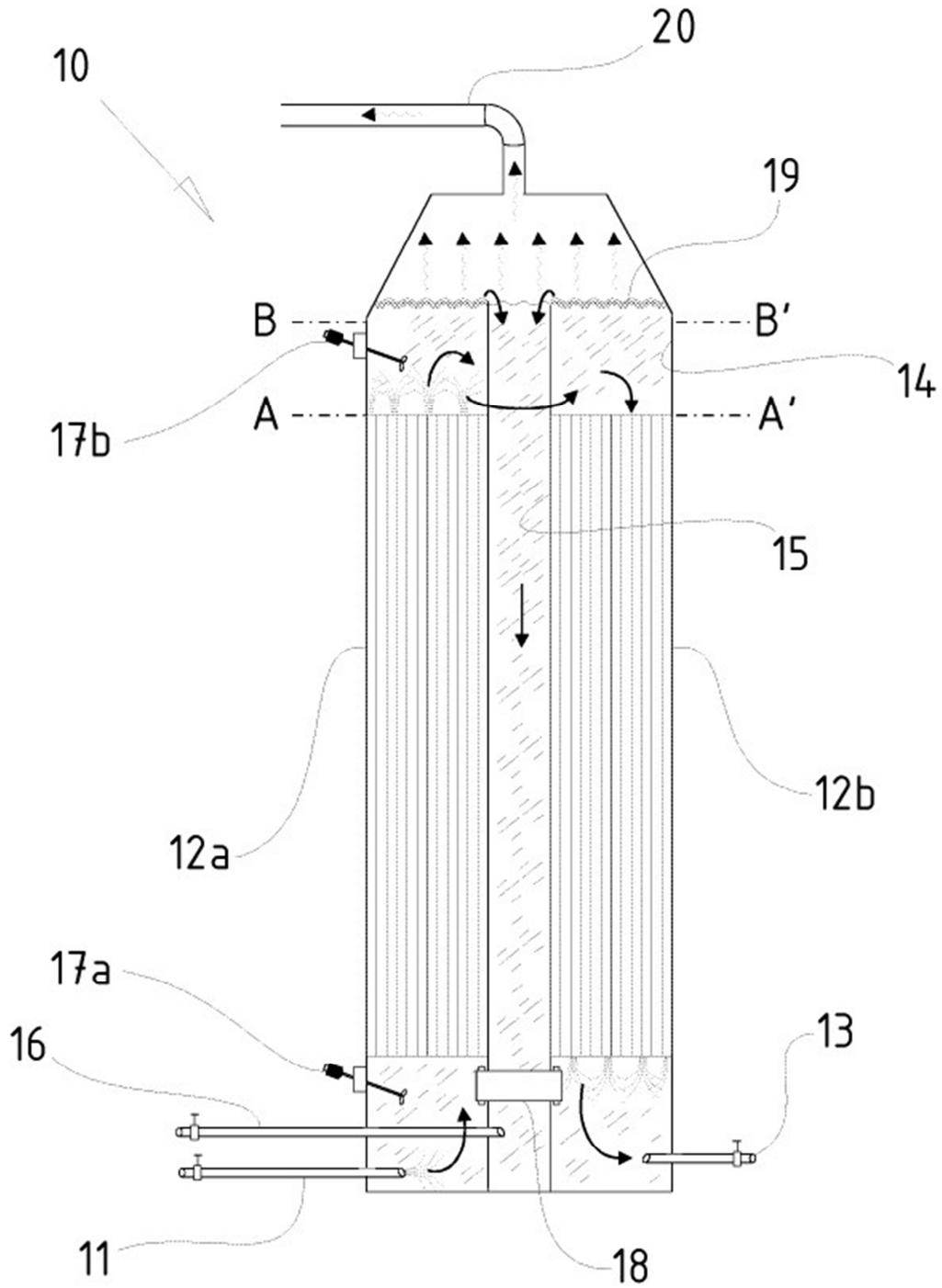


Fig. 1

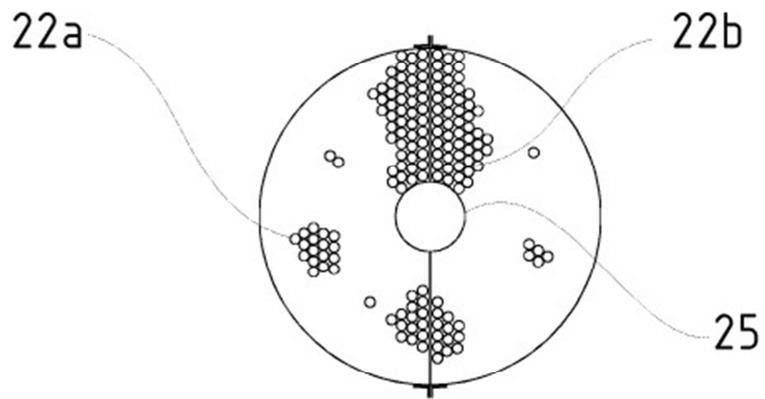


Fig. 2A

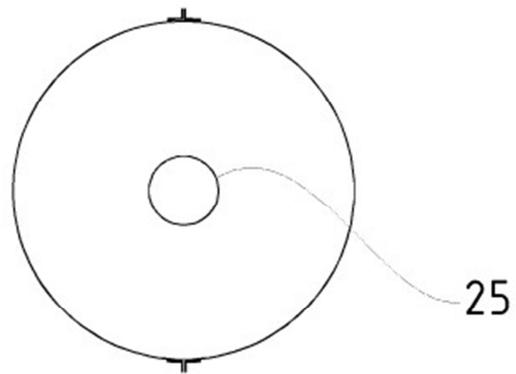


Fig. 2B

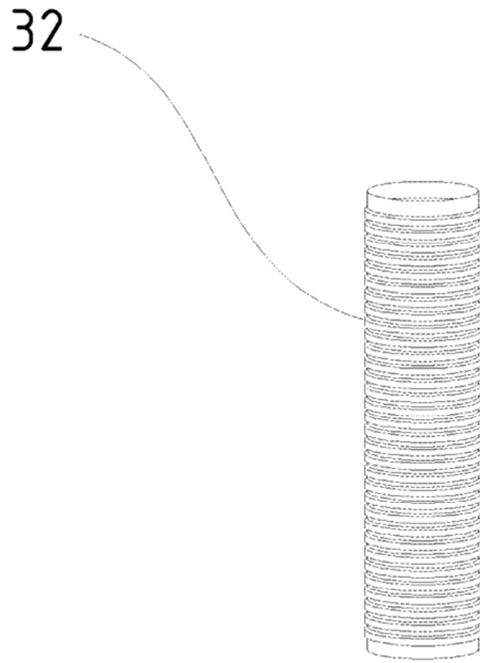


Fig. 3A

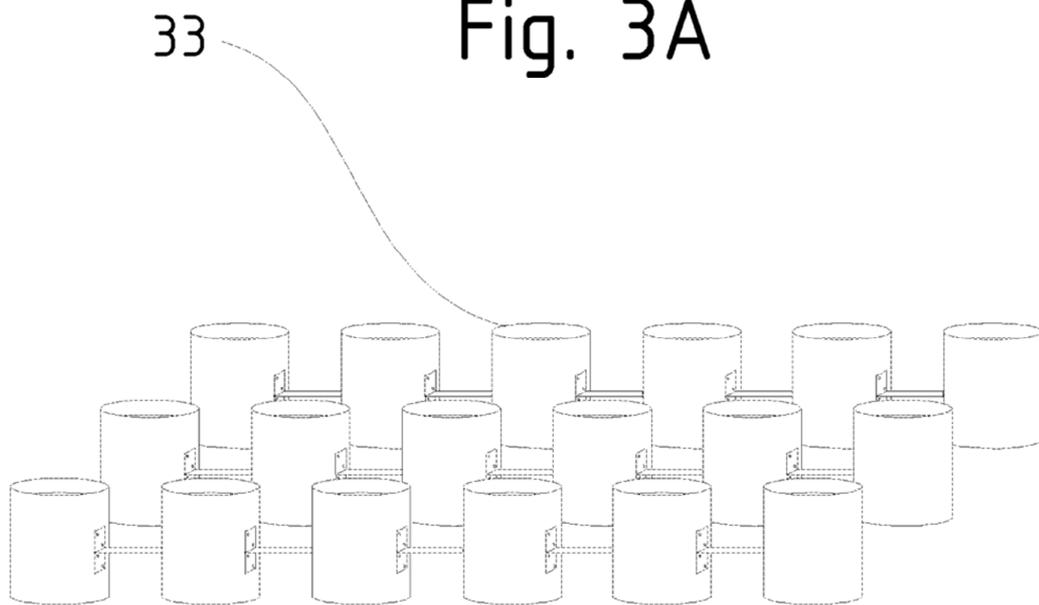


Fig. 3B

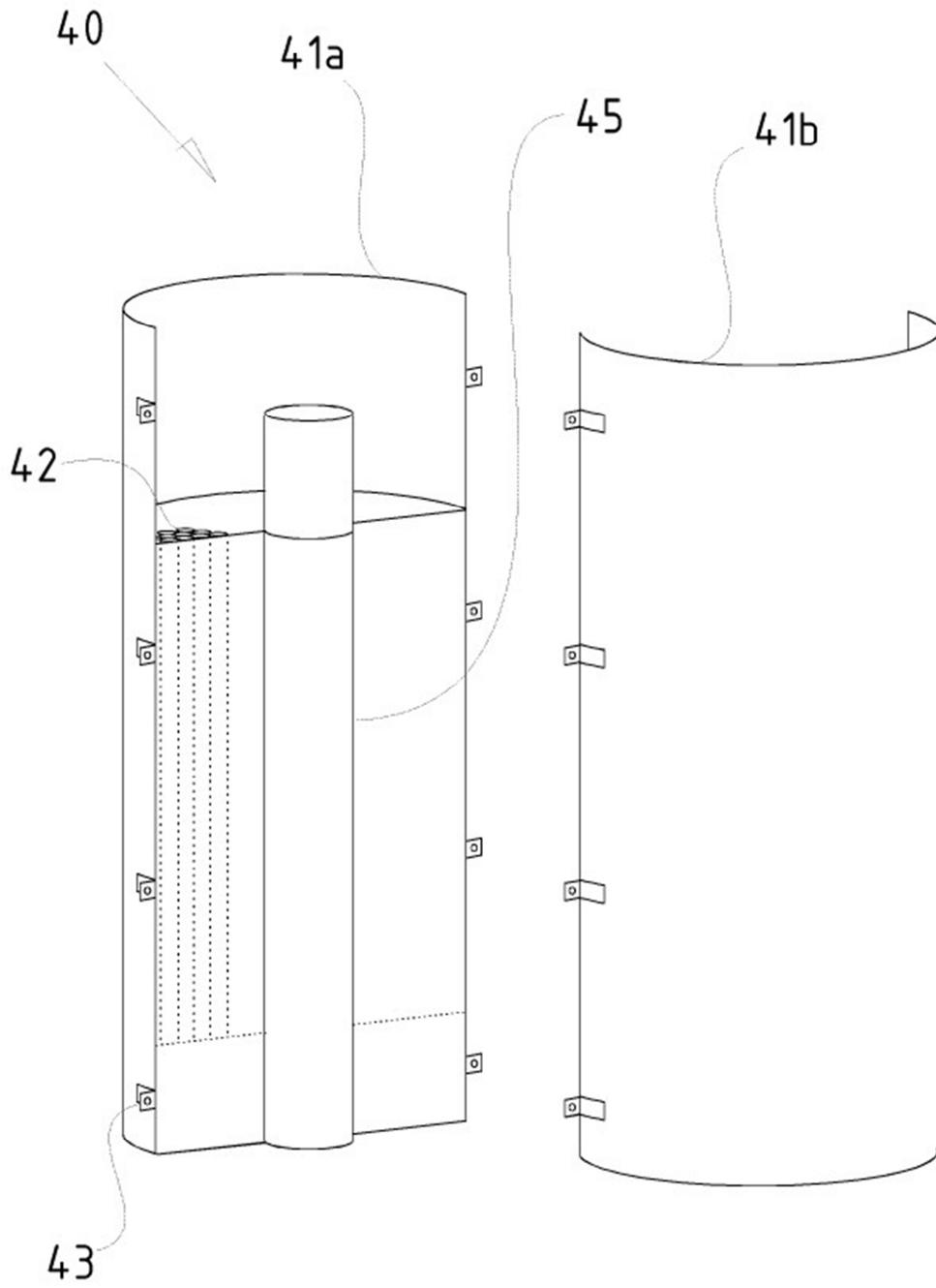


Fig. 4

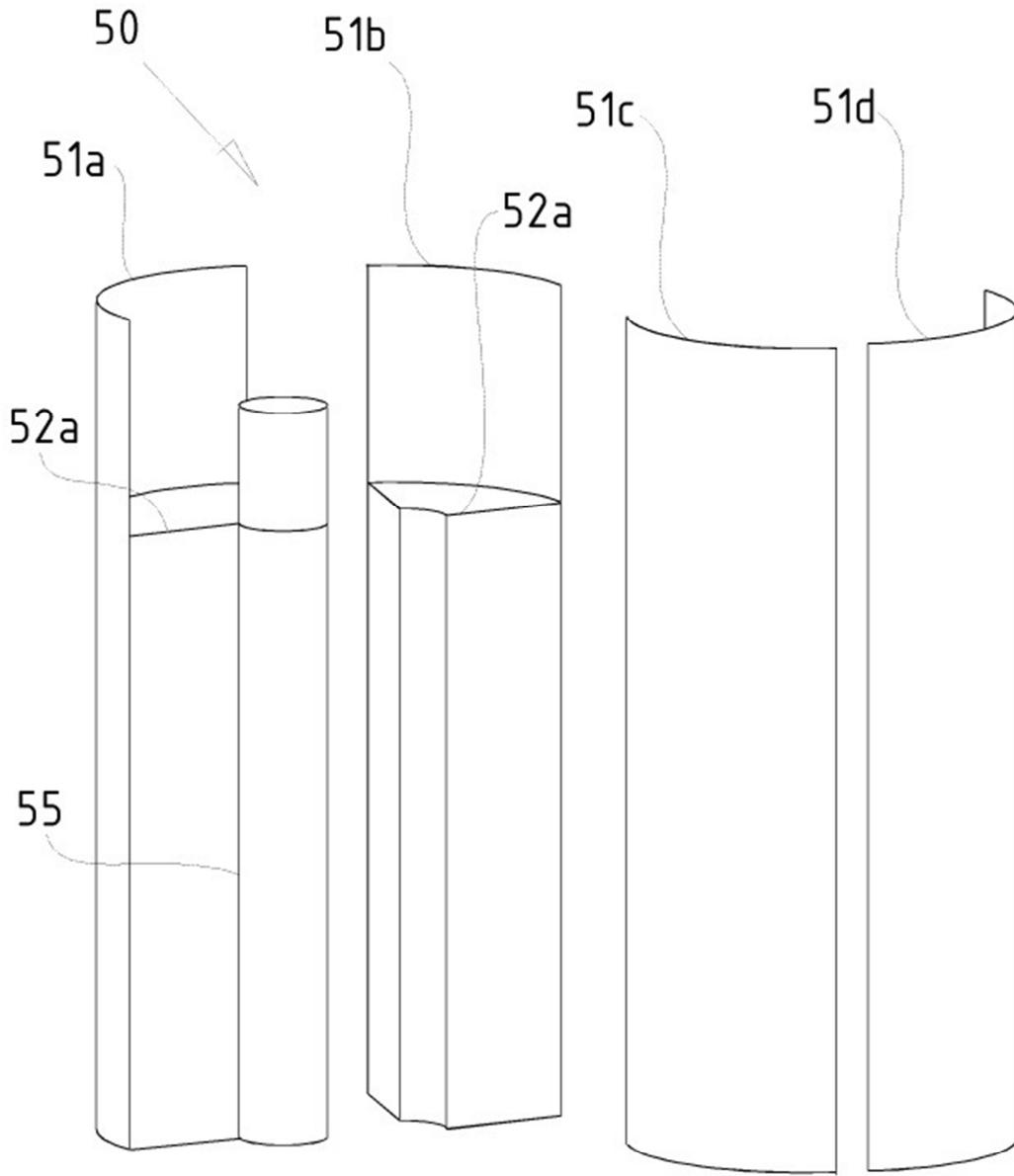


Fig. 5

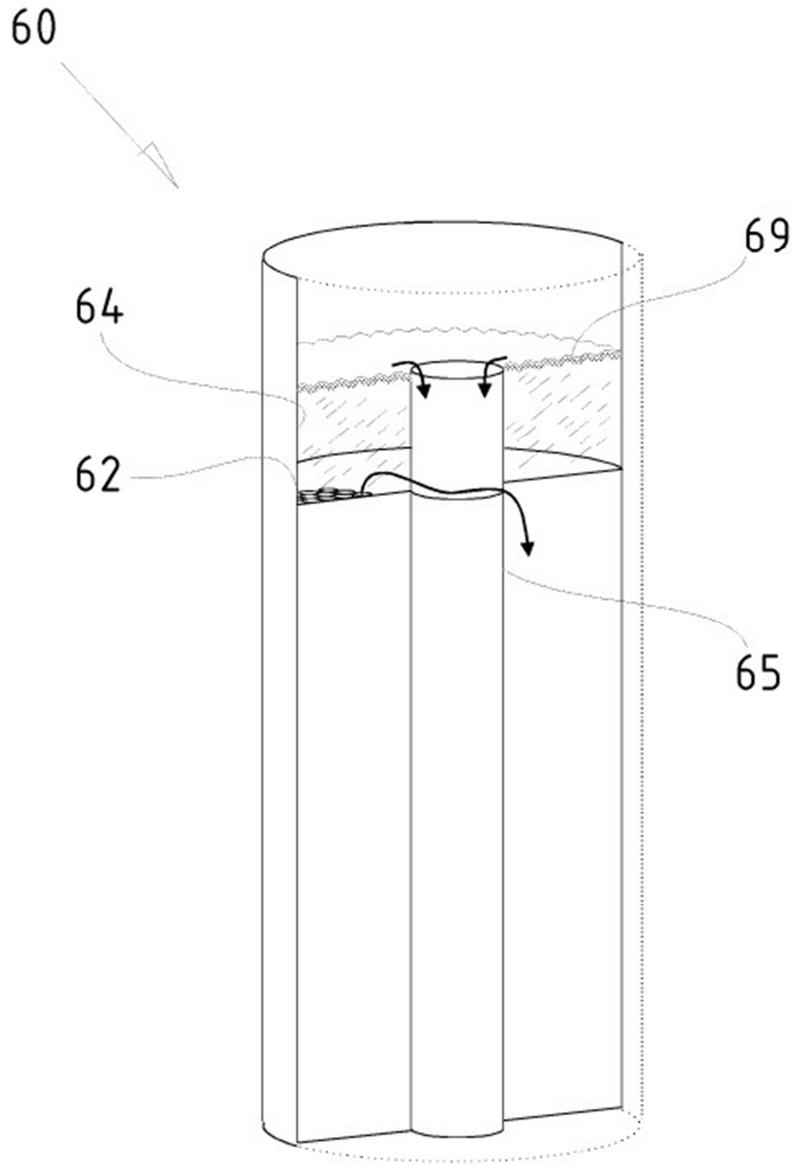


Fig. 6

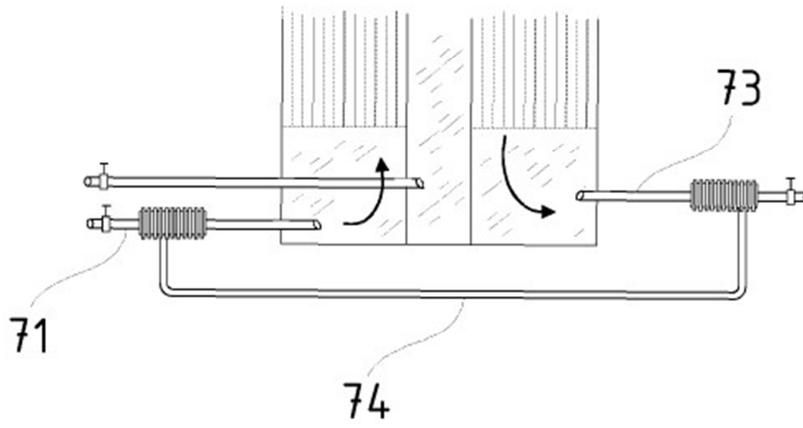


Fig. 7a

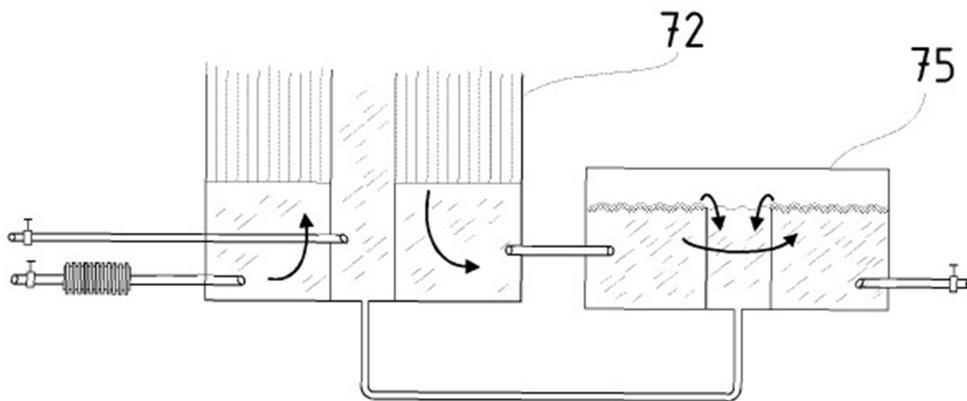


Fig. 7b

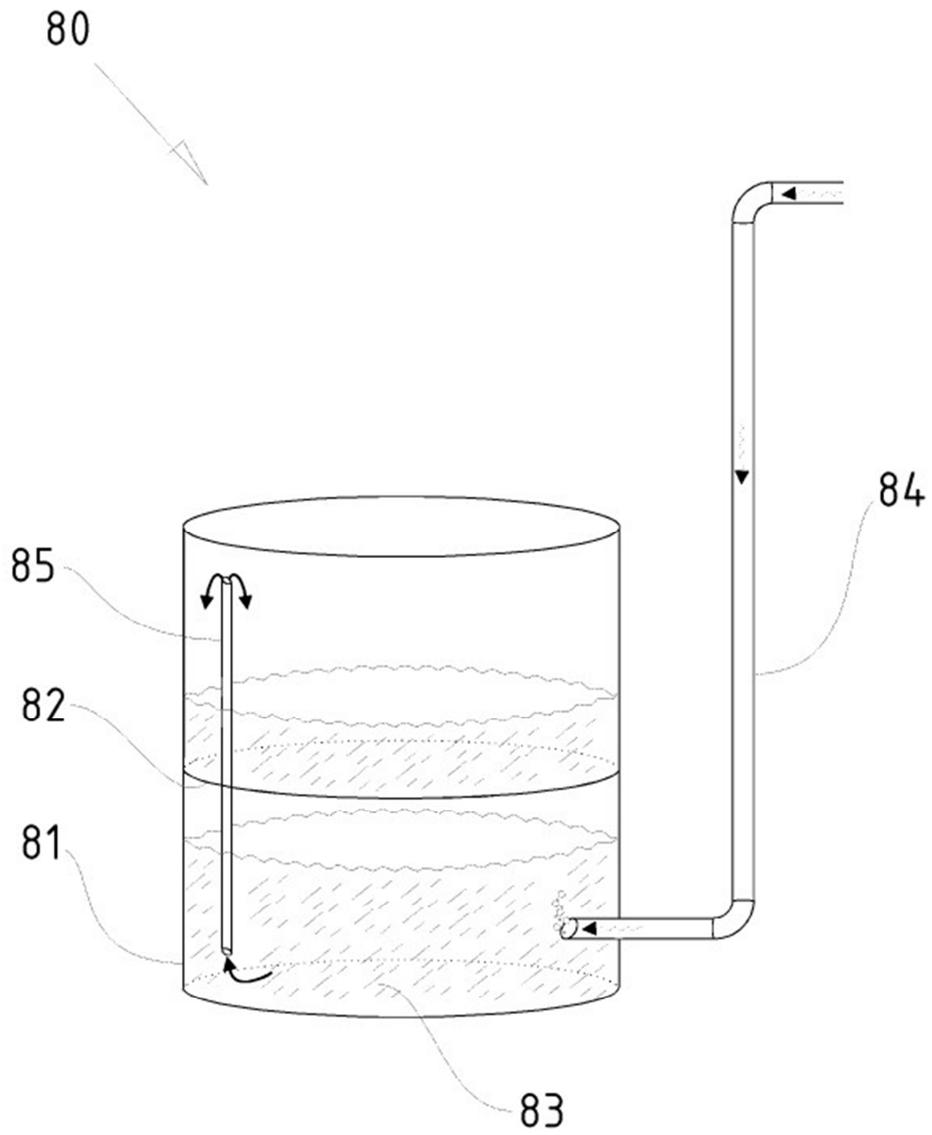


Fig. 8

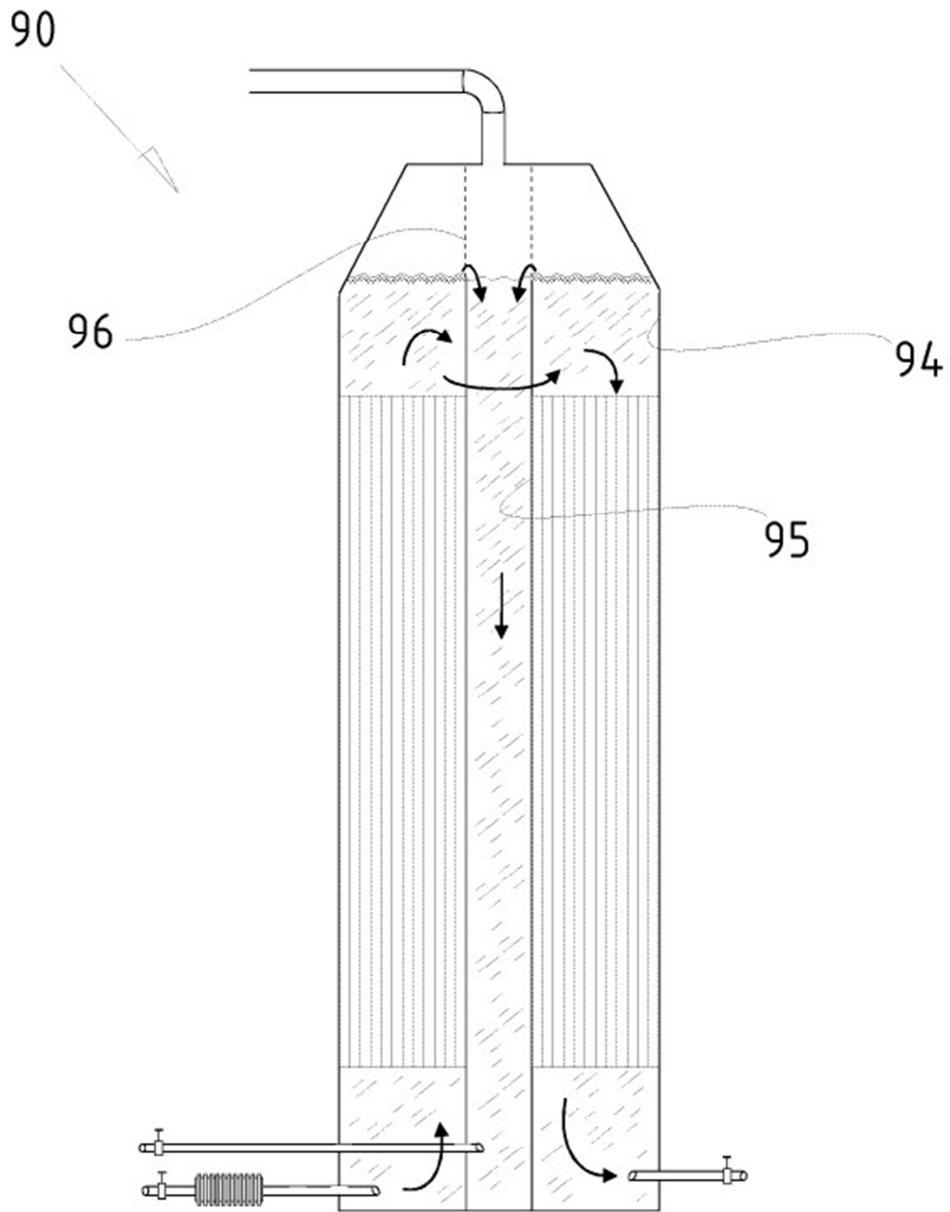


Fig. 9

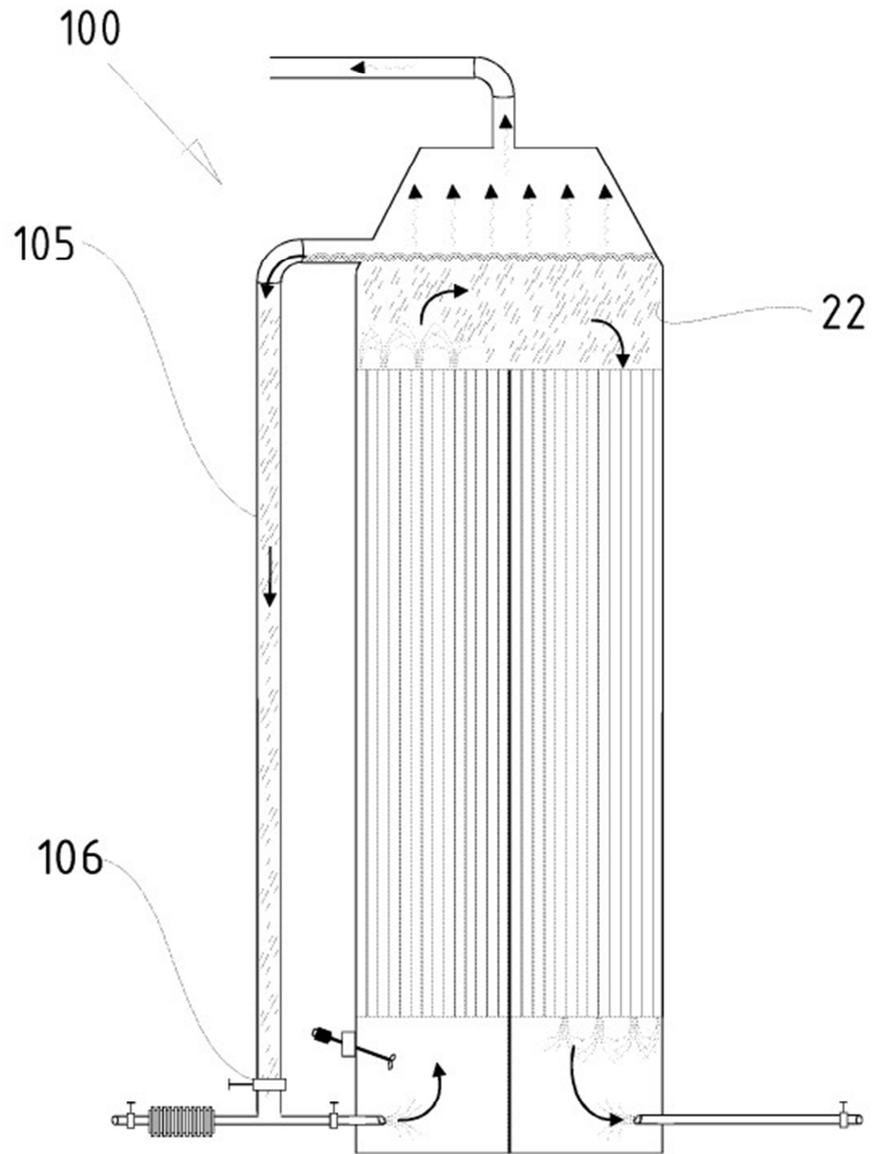


Fig. 10

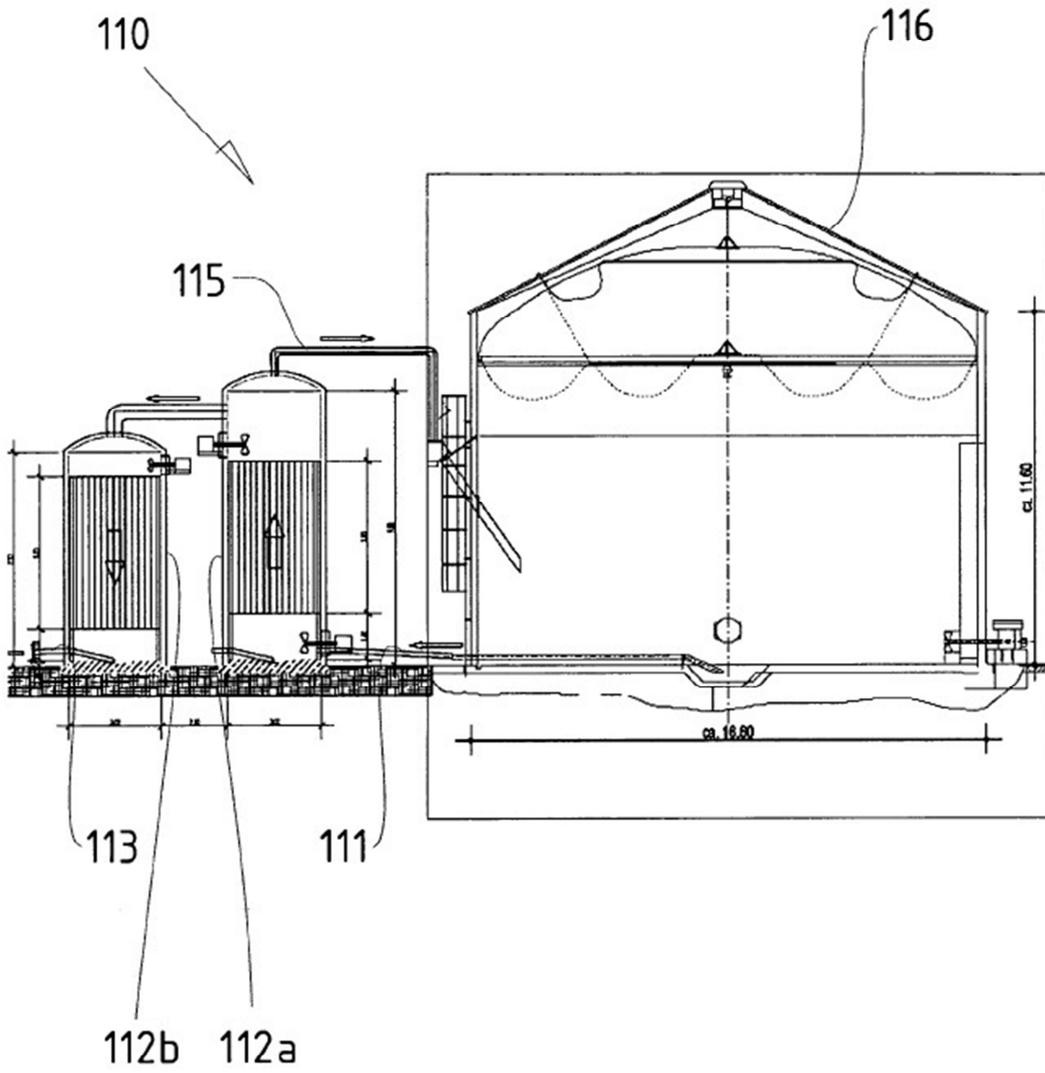


Fig. 11