



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 649**

51 Int. Cl.:

C02F 3/30 (2006.01)

C02F 11/04 (2006.01)

C02F 103/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07019243 .0**

96 Fecha de presentación : **01.10.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1914205**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.04.2008**

54 Título: **Método para la fermentación de sustancias de alto poder calorífico y ricas en nutrientes.**

30 Prioridad: **17.10.2006 BE 2006/0512**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.05.2011

73 Titular/es: **TREVI, NAAMLOZE VENNOOTSCHAP**
Dulle-Grietlaan 17/1
9050 Gentbrugge, BE
BIOGASTEC, NAAMLOZE VENNOOTSCHAP

72 Inventor/es: **Deboosere, Stefaan Fernand André**

74 Agente: **Gallego Jiménez, José Fernando**

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

Método para la fermentación de sustancias de alto poder calorífico y ricas en nutrientes

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un método para fermentar sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, en el que, por un lado, se aumentan considerablemente el rendimiento y la capacidad de control del proceso de fermentación, gracias a un funcionamiento específico, y, por otro lado, se eliminan en gran medida los nutrientes con nitrógeno y/o fósforo de las sustancias a fermentar.

Estado de la técnica

- 10 La fermentación de material orgánico está aumentando su consideración como la manera más moderna de producir energía ecológica en la cantidad necesaria, entre otras cosas, para reducir la emisión de CO₂ que se produce al utilizar fuentes de energía fósiles.

- 15 No obstante, la fermentación solamente transforma el material orgánico (carbono) en biogás, mientras que los nutrientes, tales como el nitrógeno y el fósforo, no son eliminados. De forma más específica, en lo que respecta al nitrógeno, durante la fermentación solamente se obtiene una transformación parcial del nitrógeno orgánico en nitrógeno amoniacal, pero el contenido total de nitrógeno permanece inalterado.

- 20 En otras palabras, en el caso de una fermentación convencional de estas sustancias, se crea un digestato en el que siguen presentes todos los nutrientes, tales como el nitrógeno y/o el fósforo de la materia fermentada (cultivo energético, estiércol animal), de modo que, normalmente, se opta por eliminar los nutrientes del digestato mediante técnicas aplicadas posteriormente para cumplir con los estándares de emisión imperantes o para cumplir con la necesidad impuesta de eliminar los nutrientes.

- 25 Además, en la práctica, se ha comprobado que al utilizar la manera convencional descrita anteriormente de fermentar sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, la presencia de altas concentraciones de nitrógeno, es decir, nitrógeno amoniacal (NH₄-N), puede producir una inhibición considerable del proceso de fermentación, lo que, entre otras cosas, hace necesario construir grandes reactores de fermentación y/o mantener largos periodos de espera.

- 30 Esto hace que la fermentación, por ejemplo, de estiércol animal, resulte poco interesante. Varios autores afirman que existe inhibición en la fermentación con valores de 2 a 4 g/l de NH₄-N, dependiendo, entre otras cosas, del contenido ácido (pH) y la temperatura en el reactor de fermentación. Normalmente, en estiércol animal se miden concentraciones más grandes de amonio, de modo que, en la práctica, al fermentar estiércol animal, normalmente se producirá una inhibición parcial por amoniacal.

- Además, la fermentación de sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, tales como estiércol animal, produce una cantidad relativamente baja de biogás, en parte debido a que una parte considerable de la energía liberada durante la fermentación deberá ser usada para mantener la temperatura del reactor de fermentación, ya que es necesario construir grandes plantas.

- 35 En lo que respecta al procesamiento del digestato obtenido, el digestato se distribuye directamente en el campo, es decir, sin tratar, en la mayor parte de ocasiones. En algunos casos, el digestato se separa en una fracción sólida y una fracción líquida, por ejemplo, mediante una prensa de gato o por centrifugación. La fracción sólida resultante es secada o compostada. En el caso del posible procesamiento de la fracción líquida obtenida del digestato, normalmente se aplica una combinación de diversas técnicas de concentración, tales como filtración por membrana y evaporación.

- 40 No obstante, en el mejor de los casos, estas técnicas de purificación solamente permiten obtener una concentración de los nutrientes restantes (predominantemente nitrógeno), de modo que, normalmente, el procesamiento adicional de los concentrados obtenidos de esta manera no resulta muy sencillo.

- 45 Además, debe observarse que técnicas tales como la filtración por membrana y la evaporación disminuyen claramente la producción neta de energía de la planta de fermentación, debido a sus características de alto consumo energético.

- 50 De lo anteriormente descrito puede deducirse que, con los presentes conceptos de fermentación de sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, se obtienen rendimientos energéticos reducidos, debido entre otras cosas a la inhibición por amoniacal, y el procesamiento del digestato obtenido también resulta muy difícil y muy costoso.

EP 0.426.933 describe la purificación de agua residual lixiviada mediante fermentación y purificación biológica en etapas de funcionamiento. La purificación biológica comprende nitrificación y desnitrificación, y el exceso de purificación biológica es conducido al reactor de fermentación o anaeróbico, aunque contiene solamente exceso de

lodo biológico.

US 2006/060525 y WO 2005/042408 describen sistemas para tratar líquido, residuos animales y agua residual que contienen partículas. Los sistemas comprenden sedimentación por gravedad, seguida por la fermentación de la parte inferior sedimentada de los materiales y la purificación biológica de la parte líquida superior de los materiales. No se lleva a cabo ninguna separación mecánica. De la purificación biológica solamente el lodo vuelve a la fermentadora.

Resumen de la invención

El objetivo de la presente invención es solucionar los inconvenientes mencionados anteriormente y otros adicionales.

Con este fin, la invención se refiere a un método para fermentar sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, en el que al menos una parte de las sustancias se separa en una fracción líquida y una fracción sólida usando centrifugación, tras lo cual la fracción líquida se purifica biológicamente antes del exceso de lodo biológico y al menos parte de la fracción líquida purificada biológicamente se fermenta, conjuntamente con la fracción sólida de las sustancias centrifugadas y conjuntamente con las sustancias no centrifugadas.

Este método comprende al menos una etapa funcional para separar las sustancias por centrifugación, una etapa funcional para fermentar al menos una parte de las sustancias, así como una etapa para la purificación biológica de al menos una parte de las sustancias mediante nitrificación y desnitrificación, de modo que, durante la purificación biológica, se forman líquido y lodo purificados, y de modo que el lodo y al menos una parte del líquido purificado se añaden a la parte de las sustancias que se fermentan.

La planta de purificación biológica consiste en una cubeta de nitrificación aeróbica en la que el nitrógeno presente es amonificado en primer lugar y posteriormente es nitrificado en dos etapas mediante organismos Nitrosomona y Nitrobacter en presencia de oxígeno, y en una cubeta de desnitrificación conectada a esta última y en la que, mediante diversos microorganismos heterotróficos en ausencia de oxígeno y en presencia de una fuente de carbono adecuada, el nitrito y el nitrato se transforman en gas nitrógeno inofensivo.

En realidad, el hecho de añadir una parte del líquido purificado biológicamente a los materiales a fermentar constituye el núcleo del concepto descrito, ya que permite asegurar que el proceso de fermentación se controla mucho mejor y se optimiza.

(1) En primer lugar, existe la posibilidad de precalentar el material a fermentar y, por lo tanto, ponerlo a la temperatura deseada. De hecho, la descomposición biológica del nitrógeno y del material orgánico en una planta de purificación biológica da como resultado una liberación de calor residual evidente. Por ejemplo, durante la descomposición biológica de COD se liberan ± 14 MJ/kg COD, mientras que durante la descomposición biológica del nitrógeno se liberan ± 25 MJ/kg N.

(2) Además, se hace referencia explícita a la posibilidad de reducir el contenido de nitrógeno amoniacal en el depósito de fermentación y, por lo tanto, reducir la inhibición por toxicidad por amoníaco en el depósito de fermentación, haciendo recircular el líquido y el lodo purificados biológicamente. Esto constituye un problema crucial cuando se fermentan de manera convencional sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y fósforo.

(3) Asimismo, se hace referencia a la posibilidad de regular la concentración de la materia seca (DM) en el depósito de fermentación, en función del concepto de fermentación aplicado.

(4) También existe la posibilidad de corregir el pH en el depósito de fermentación, ya que, controlando el proceso de nitrificación y desnitrificación, es posible regular el pH del líquido purificado biológicamente obtenido, de modo que cuando este líquido se hace circular nuevamente al depósito de fermentación también es posible regular el pH en el depósito de fermentación.

(5) Finalmente, el concepto descrito ofrece la posibilidad, entre otras cosas, de reducir cualquier posible inhibición cuando las concentraciones de ácidos grasos volátiles son demasiado altas, recirculando el efluente purificado y, por lo tanto, reduciendo la concentración de ácidos grasos volátiles.

En una planta de purificación biológica, es posible obtener rendimientos de eliminación de la cantidad total de nitrógeno del 90% o superiores y, en circunstancias de nitrificación óptimas, incluso una eliminación casi total (>99%) del nitrógeno amoniacal. Al añadir el efluente de la purificación biológica a las sustancias a fermentar, el proceso de fermentación resultará mucho más paulatino, con depósitos de fermentación más pequeños y/o siendo necesarios periodos de espera en el depósito de fermentación más cortos, lo que, por lo tanto, da como resultado un funcionamiento más económico.

Las sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo se separan parcial o totalmente en una fracción sólida y una fracción líquida, antes de la fermentación, preferiblemente mediante centrifugación. Cuando estas sustancias (p. ej., estiércol animal) son centrifugadas, la mayor parte del nitrógeno (normalmente del 60 al 70%) quedará dispuesta en la fracción líquida, mientras que la mayor parte del fósforo (normalmente del 70 al 80%) quedará

concentrada en la fracción sólida.

Mientras que la fracción sólida va a parar a la unidad de fermentación, la fracción líquida, que está llena de nitrógeno, es tratada directamente en la planta de purificación biológica.

5 Debido a que la fracción líquida no ha sido fermentada de antemano, habrá suficiente carbono (COD) para llevar a cabo una etapa óptima de desnitrificación.

Una parte del líquido purificado biológicamente es añadida posteriormente a la fracción sólida y a las otras sustancias a fermentar para optimizar el proceso de fermentación.

10 A continuación de la fermentación, el digestato se separa preferiblemente en una fracción líquida y una fracción sólida. Preferiblemente, la fracción sólida, que comprende la mayor parte del fósforo, es descargada para ser procesada externamente, aunque la misma también puede ser devuelta a la unidad de fermentación. La fracción líquida del digestato es tratada en la planta de purificación biológica conjuntamente con la fracción líquida no fermentada.

Además del hecho de que la purificación biológica da como resultado una eliminación de nitrógeno exhaustiva, de esta manera también se utiliza el contenido de energía restante del digestato y de la fracción líquida no fermentada.

15 Durante el proceso de purificación biológica de aguas residuales muy cargadas, tales como digestato y fracción líquida de estiércol animal, se obtienen temperaturas del agua de 35°C a 40°C como resultado de la actividad metabólica en el reactor biológico, de modo que, en algunos casos, el lodo biológico deberá ser enfriado necesariamente para no sobrecalentar los microorganismos activos.

20 Resulta evidente que, al purificar biológicamente aguas residuales con poca carga orgánica, tales como agua residual de origen doméstico o industrial, la actividad metabólica en el reactor biológico no será suficiente para obtener tales temperaturas del agua. Por esta razón, resulta evidente que la presente invención no incluye la fermentación de sustancias presentes en concentraciones tales como las encontradas en aguas residuales poco cargadas.

25 Según el presente método, dicha producción de calor es utilizada de forma ventajosa durante el proceso de purificación biológica de tres maneras diferentes.

30 (1) Optimizando la realización de la planta, por un lado, es posible obtener un acondicionamiento térmico de la planta de fermentación, de forma específica, configurando la planta de purificación biológica como un envoltorio alrededor del depósito de fermentación. Como realización preferida del concepto anterior, sería posible pensar en dos depósitos concéntricos, de modo que el depósito interior forma el depósito de fermentación y el depósito exterior forma la planta de purificación biológica, que aísla por lo tanto el depósito de fermentación y lo mantiene a la temperatura necesaria.

(2) Además, dicho calor residual puede ser usado para precalentar el material a fermentar, haciéndolo recircular y mezclando una parte del líquido purificado biológicamente con los materiales a fermentar nuevamente.

35 (3) Finalmente, esta producción de calor da como resultado una evaporación parcial del líquido en la superficie de la planta de purificación biológica, de modo que se limita la cantidad de líquido residual a descargar.

40 Debe observarse que, en conceptos de fermentación comunes, parte del calor liberado al valorizar el biogás debe usarse para calentar el depósito de fermentación y/o el material a fermentar, mientras que según el presente concepto, esto se lleva a cabo mediante el calor liberado durante la purificación biológica de al menos una parte del digestato y la fracción líquida no fermentada.

El hecho de separar y purificar biológicamente la fracción líquida de las sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, antes del proceso de fermentación, es en teoría un inconveniente por el hecho de que el material orgánico ya no está disponible para la producción de metano en el depósito de fermentación.

45 No obstante, tal como se ha mencionado anteriormente, el calor liberado durante el proceso de purificación biológica es usado posteriormente de forma ventajosa, de modo que no se producen pérdidas. Al contrario, con este método según la invención, la fermentación únicamente de estiércol animal pasa a ser realmente interesante. Además, debe observarse que la eliminación del nitrógeno por desnitrificación solamente es posible cuando existe suficiente carbono.

50 Una ventaja principal adicional de la purificación biológica del digestato consiste en que este líquido pasa a ser inodoro, a diferencia del digestato no tratado o el estiércol líquido no purificado. De este modo, la distribución del exceso de líquido (después o no de su concentración) en el campo no producirá un olor desagradable.

En una primera ampliación del método descrito, la cubeta de nitrificación, así como la cubeta de desnitrificación de la planta de purificación biológica, están dotadas de un compartimento en el que el líquido puede precipitar. La precipitación del líquido procedente de la cubeta de desnitrificación produce un líquido inferior (lodo) que es pobre en nitrato y que también contiene una mayor parte del fósforo residual, debido a la concentración, que no fue separado en la etapa de centrifugación anterior. Usando preferiblemente dicho líquido inferior como líquido de recirculación hacia el depósito de fermentación, (1) el exceso de lodo biológico será transportado al depósito de fermentación y será fermentado, dando como resultado una mayor producción de biogás, (2) el fósforo residual será transportado nuevamente al depósito de fermentación, tras lo cual será concentrado con la fracción sólida después de la centrifugación posterior del digestato, y (3) el líquido pobre en nitrato será transportado nuevamente al depósito de fermentación, de modo que la fermentación dejará de verse afectada negativamente por cualquier posible desnitrificación (es decir, consumo de material orgánico sin ninguna producción de biogás) en el depósito de fermentación. No obstante, en el compartimento de precipitación de la cubeta de nitrificación, el líquido superior estará prácticamente libre de nitrógeno amoniacal y también presentará una concentración baja de fósforo. Preferiblemente, este líquido superior es usado para ser distribuido en el campo o para ser concentrado adicionalmente, debido al reducido contenido de nutrientes y a la reducción de posibles olores (debido entre otras cosas a la ausencia de amoníaco) cuando el mismo se distribuye o procesa adicionalmente.

En una segunda ampliación del método descrito, se obtiene una reducción exhaustiva en el volumen de líquido purificado biológicamente gracias a un uso eficaz del calor residual (agua de refrigeración, gases de escape) producido al valorizar el biogás del depósito de fermentación. Mediante intercambiadores de calor, una parte del líquido purificado biológicamente se calienta (p. ej., hasta una temperatura superior a 50°C), lo que da como resultado una evaporación forzada del líquido y, por lo tanto, su concentración. Debido a que prácticamente la totalidad del nitrógeno amoniacal ha sido eliminado del líquido purificado biológicamente, y también a que todos los ácidos orgánicos y otros compuestos posiblemente olorosos han sido descompuestos, es posible evaporar el líquido purificado biológicamente sin usar ningún sistema o sustancia química de tratamiento de olores.

La concentración por evaporación del líquido purificado biológicamente da como resultado unos costes de transporte considerablemente reducidos para eliminar la fracción líquida residual. Por lo tanto, la presente invención también pretende limitar el volumen de líquido a eliminar obteniendo una concentración adicional del líquido purificado biológicamente mediante un uso eficaz del calor residual producido al valorizar la energía del biogás.

Además, la presencia de tal líquido purificado biológicamente calentado ofrece ventajas adicionales en lo que respecta al control de temperatura del material a fermentar, ofreciendo la posibilidad de recircular el líquido purificado biológicamente desde la unidad de purificación biológica y/o el evaporador conectado calentado.

En una tercera ampliación del método descrito, la fracción líquida concentrada, concentrada o no concentrada mediante evaporación, se concentra adicionalmente mediante una planta de evaporación, por ejemplo, del tipo de etapas múltiples.

Debido a que todas las sustancias evaporables (amonio, ácidos orgánicos,...) han sido eliminadas en el proceso de purificación biológica, el hecho de evaporar la fracción líquida concentrada y purificada biológicamente dará como resultado un condensado puro y descargable. El concentrado de la planta de evaporación puede añadirse a la fracción sólida del digestato para ser procesado externamente o puede volver al depósito de fermentación.

Debe observarse que, al evaporar el líquido purificado biológicamente (a diferencia de al evaporar el digestato), no es necesario usar sustancias químicas (ácidos, bases) para evitar la concentración de amoníaco o ácidos grasos volátiles en el condensado.

En una cuarta ampliación del método descrito, los gases de escape producidos al quemar el biogás se purifican en la planta de purificación biológica o en el evaporador conectado. Este tratamiento consiste principalmente en hacer entrar en contacto de forma próxima los gases de escape con el líquido (por ejemplo, mediante burbujeo), tras lo cual los componentes presentes (CO_2 , SO_2 , NO_x ,...) se mantienen en la fase líquida y/o se descomponen biológicamente.

En una quinta ampliación del método descrito, parte del calor residual producido al valorizar el biogás del depósito de fermentación se usa de forma eficaz para secar la fracción sólida separada del digestato. Esto puede llevarse a cabo mediante un secador por condensación, de modo que el condensado separado es tratado posteriormente en la planta de purificación biológica.

La presente invención también se refiere a un dispositivo para fermentar sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, consistiendo dicho dispositivo en un dispositivo de separación mecánica, una unidad para una planta de purificación biológica y un depósito de fermentación, de modo que la planta de purificación biológica tiene al menos una cubeta de nitrificación y una cubeta de desnitrificación, y de modo que el dispositivo está dotado de medios para hacer que una cantidad de líquido y lodo purificados biológicamente sea recirculada al depósito de fermentación.

Para explicar mejor las características de la invención, a continuación se describe una realización preferida de un

método y un dispositivo para fermentar sustancias que contienen nitrógeno y/o fósforo, solamente a título de ejemplo y de forma no limitativa, haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

Resumen de las figuras

la figura 1 es un diagrama de bloques de un dispositivo según la invención;

5 la figura 2 representa una variante de la figura 1, con el valor de pesos y la concentración de diferentes componentes representados entre paréntesis;

la figura 3 muestra esquemáticamente una realización preferida de una parte del dispositivo según la invención.

Descripción de una realización preferida

10 Tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1, el dispositivo comprende un depósito 1 de fermentación y una planta 2 de purificación biológica.

El depósito 1 de fermentación está dotado de una línea 3 de suministro, en este caso un dispositivo 4 de mezcla con una entrada 5 que está conectada a una salida de fracción sólida de un dispositivo 6 de separación. Este dispositivo 6 de separación, que es preferiblemente una centrifugadora, comprende una entrada 7 a la que está conectada una línea auxiliar 8 que puentea el dispositivo 6 de separación y una línea 9 de salida para la fracción líquida que va a parar a la planta 2 de purificación biológica.

En este caso, el depósito 1 de fermentación comprende una línea 10 de salida para biogás 11 que alimenta preferiblemente un motor 12 de biogás para generar electricidad.

20 El depósito 1 de fermentación está dotado además de una línea 13 de descarga para digestato, desembocando dicha línea 13 de descarga en un dispositivo 14 de separación.

Preferiblemente, el dispositivo 14 de separación para el digestato es una centrifugadora con una línea 15 de descarga para la fracción sólida, a la que está conectada una línea auxiliar 16 que va a parar al dispositivo 4 de mezcla mencionado anteriormente, situado corriente arriba con respecto al depósito 1 de fermentación.

25 El dispositivo 14 de separación comprende además una línea 17 de salida para la fracción líquida que está conectada a una cubeta 18 de desnitrificación de la planta 2 de purificación biológica. Debe observarse que los dispositivos 6 y 14 de separación pueden estar integrados uno en otro.

La línea 9 de salida para la fracción líquida del dispositivo 6 de separación, situado corriente arriba con respecto al depósito 1 de fermentación, también va a parar a la cubeta 18 de desnitrificación mencionada anteriormente.

30 Además de la cubeta 18 de desnitrificación mencionada anteriormente, la planta 2 de purificación biológica también comprende una cubeta 20 de nitrificación, y, preferiblemente, ambas cubetas 18 y 20 están dotadas cada una de su propio compartimento 21A y 21B de precipitación.

35 El compartimento 21A de precipitación de la cubeta 18 de desnitrificación está dotado de una línea 22 de descarga junto a su fondo, que preferiblemente se divide en una primera ramificación que vuelve al dispositivo 4 de mezcla mencionado anteriormente y una segunda ramificación que va a parar a un evaporador 23, al que también va a parar una línea 24 de salida del compartimento 21B de precipitación de la cubeta 20 de nitrificación.

En caso necesario, el evaporador 23 puede estar dotado de una línea 25 de salida para líquido que va a parar al dispositivo 4 de mezcla mencionado anteriormente.

De forma alternativa al evaporador 23, es posible disponer una planta 26 de evaporación.

40 Resulta evidente que es posible disponer dispositivos de bomba y válvulas u otros reguladores de descarga en las líneas mencionadas anteriormente, de modo que sea posible controlar el suministro y la descarga del material en los distintos dispositivos e instalaciones.

El funcionamiento del dispositivo 1 es sencillo y se describe a continuación.

45 Las sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo son suministradas al dispositivo 6 de separación, donde son separadas en una fracción líquida, que se descarga en la planta de purificación biológica, y una fracción sólida, que es bombeada al dispositivo de mezcla.

A continuación, la fracción líquida es tratada en una planta 2 de purificación biológica conjuntamente con el digestato procedente del depósito 1 de fermentación. Una parte del líquido purificado biológicamente es procesada en el evaporador 23, mientras que la parte residual es suministrada nuevamente al dispositivo 4 de mezcla antes de que vaya a parar al depósito 1 de fermentación.

- En el evaporador 23, el calor residual producido cuando el biogás 11 es valorizado se usa para calentar el líquido a más de 50°C, de modo que se obtiene una evaporación y, por lo tanto, una concentración exhaustiva. El líquido procedente de este evaporador 23 es usado como líquido de recirculación, mientras que la cantidad residual de líquido puede ser distribuida en tierras de labranza o puede ser concentrada adicionalmente en la planta 26 de evaporación.
- Según la invención, la fracción sólida procedente del dispositivo 6 de separación, situado corriente arriba con respecto al depósito 1 de fermentación, se mezcla con el líquido de recirculación.
- Dependiendo, entre otras cosas, de la temperatura de fermentación necesaria, dicho líquido de recirculación se obtiene de la planta 2 de purificación biológica (temperatura de 35 a 40°C) y/o del evaporador 23 (temperatura superior a 50 °C).
- El funcionamiento de la purificación biológica y el flujo de recirculación al depósito 1 de fermentación se seleccionan de modo que se obtienen las circunstancias óptimas en el depósito 1 de fermentación en lo que respecta a pH, temperatura, concentración de materia seca y concentración de nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles.
- En el depósito 1 de fermentación, el material orgánico es transformado en biogás 11 mediante microorganismos anaeróbicos. Mediante el motor 12 de biogás, el biogás es transformado en electricidad, normalmente después de una desulfuración previa. El calor residual producido de este modo se usa de forma eficaz en el evaporador 23, tal como se ha mencionado anteriormente.
- El digestato procedente del depósito 1 de fermentación se separa posteriormente en una fracción sólida y una fracción líquida.
- El dispositivo 14 de separación en el que se lleva a cabo esta operación es preferiblemente una centrifugadora. La fracción sólida es devuelta parcialmente al depósito 1 de fermentación y es transportada parcialmente a un procesador certificado, p. ej., para un compostaje o secado adicional. En el caso de que se opte por secar una parte del digestato, se aplica preferiblemente un secador por condensación, de modo que se usa calor externo para el secado, procedente de los gases de refrigeración y/o escape del motor 12 de biogás.
- La fracción líquida es procesada en la planta 2 de purificación biológica, conjuntamente con la fracción líquida de las sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo separadas mecánicamente.
- A título ilustrativo, haciendo referencia a la figura 2, se describe de forma detallada un ejemplo detallado del procesamiento de las sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo con un método según la invención, tomando como base una carga de 10.000 toneladas de estiércol de cerdo/año y 10.000 toneladas de maíz/año.
- La figura 2 representa en cada etapa de funcionamiento el valor del peso, la cantidad de nitrógeno, la cantidad de fósforo y la cantidad de materia seca. Los valores representados entre paréntesis son, respectivamente: (peso (toneladas/año); concentración de nitrógeno (kg N/tonelada); peso de nitrógeno (toneladas N/año); concentración de fósforo (kg P/tonelada); peso de fósforo (toneladas P/año); concentración de materia seca (kg MS/tonelada); peso de materia seca (toneladas MS/año).
- Mientras que el maíz es enviado directamente al dispositivo 4 de mezcla, el estiércol de cerdo es separado en primer lugar en la centrifugadora 6.
- Mediante la centrifugación del estiércol de cerdo, así como del digestato procedente del depósito 1 de fermentación, se obtiene una separación del 15% de la fracción gruesa del peso, del 65% de la materia seca, del 75% del fósforo y del 40% del nitrógeno. La purificación biológica mediante nitrificación y desnitrificación presenta un rendimiento de eliminación de N del 90%, estando formado el nitrógeno residual totalmente por nitrógeno nitrato y nitrógeno orgánico (prácticamente sin nitrógeno amoniacal).
- La concentración de nitrógeno en el depósito 1 de fermentación es de 4,1 kg/tonelada, estando formado no obstante solamente parcialmente por nitrógeno amoniacal. Debe observarse que, sin una separación anterior del estiércol, la concentración de N en el depósito de fermentación, representando también el nitrógeno amoniacal una mayor parte, sería de 6,3 kg/tonelada.
- La evaporación estimada en la purificación biológica es de 4 m³ por m² y por año, con una temperatura del líquido de 37°C en la biología. La cantidad de calor producido al valorizar el biogás, y que es usado en el evaporador 23, se calcula basándose en una producción de biogás de 185 m³/tonelada de maíz y de 10 m³/tonelada de estiércol, con una cantidad de metano en el biogás de aproximadamente el 55 al 60% y con una liberación de calor de aproximadamente el 50% cuando el biogás se transforma en electricidad. En este caso, el calor para el depósito de fermentación es suministrado totalmente por la purificación biológica aeróbica.
- La figura con el valor de los pesos permite observar claramente que, empezando por una entrada de 20.000 toneladas/año de sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, se obtiene una salida de 9.200 toneladas/año de productos finales (fracción sólida y concentrado). El resto del material desaparece después de la

evaporación en la purificación biológica y en el evaporador 23 y mediante la transformación en biogás.

La figura con la cantidad de nitrógeno permite observar claramente que el 70% de la entrada de nitrógeno en la unidad de purificación biológica se transforma en gas nitrógeno molecular. Esta es una cantidad superior a la cantidad de nitrógeno que estaba presente en el estiércol de cerdo no tratado. La figura con la cantidad de fósforo indica que, tal como estaba previsto, toda la cantidad está presente nuevamente en la salida (fracción sólida y concentrado).

En lo que respecta a la cantidad de nutrientes, lo importante es que $\pm 85\%$ de la salida de nitrógeno y $\pm 79\%$ de la salida de fósforo están presentes en una cantidad limitada de fracción sólida ($\pm 12\%$ de la entrada de peso original), de modo que resulta evidente que los nutrientes restantes han sido concentrados.

Finalmente, basándose en la cantidad de materia seca (MS), se ha comprobado que se transforma el 68% del suministro de MS al depósito de fermentación. Esto representa casi la totalidad del contenido de MS del maíz de entrada.

La figura 3 representa una parte de un dispositivo preferido según la invención. Esta parte comprende principalmente el depósito 1 de fermentación y la planta 2 de purificación biológica, que está dispuesta alrededor del depósito 1 de fermentación, de modo que ambos tienen una pared lateral en común o están conectados entre sí por sus paredes laterales respectivas.

Esta configuración del dispositivo resulta ventajosa por el hecho de que el depósito de fermentación queda bien aislado contra pérdidas de calor y por el hecho de que es posible usar el calor liberado por la purificación biológica para mantener la fermentación activa.

En las líneas entre el depósito 1 de fermentación y la planta 2 de purificación biológica se han representado esquemáticamente unas bombas 27 y 28. A efectos de simplicidad, el dispositivo 4 de mezcla y el dispositivo 14 de separación situados entre el depósito 1 de fermentación y la instalación 2 no se han representado en las figuras.

La presente invención no se limita en ningún modo a las realizaciones descritas anteriormente, representadas en los dibujos que se acompañan, al contrario, tales método y dispositivo según la invención pueden llevarse a cabo según todo tipo de variantes y seguir permaneciendo dentro del alcance de la invención reivindicada.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para fermentar sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y/o fósforo, **caracterizado por el hecho de que** al menos una parte de las sustancias se separa en una fracción líquida y una fracción sólida usando centrifugación, tras lo cual la fracción líquida se purifica biológicamente mediante nitrificación y desnitrificación, de modo que, durante la purificación biológica, se forman líquido y lodo purificados biológicamente, y de modo que al menos una parte del líquido purificado se fermenta conjuntamente con la fracción sólida de las sustancias centrifugadas y conjuntamente con las sustancias no centrifugadas.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el líquido y el lodo purificados biológicamente mencionados anteriormente se extraen de la purificación biológica desde un compartimento (21A-21B) de precipitación.
3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el líquido y el lodo purificados biológicamente que son conducidos a la unidad de fermentación tienen una temperatura superior a 35°C.
4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** durante la fermentación se forma un digestato, siendo sometida al menos una parte del mismo a la etapa funcional de purificación biológica.
- 15 5. Método según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** al menos una parte del digestato se separa en una fracción líquida y una fracción sólida, tras lo cual la fracción líquida es sometida a la etapa funcional de purificación biológica.
- 20 6. Método según la reivindicación 5, **caracterizado por el hecho de que** la fracción sólida se seca mediante secado por condensación, de modo que se usa calor externo para el secado procedente de los gases de refrigeración y/o escape de un motor (12) que funciona con biogás creado durante la fermentación.
7. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el líquido purificado biológicamente se concentra mediante evaporación.
8. Método según la reivindicación 1 o 7, **caracterizado por el hecho de que** el líquido purificado biológicamente se concentra evaporándolo.
- 25 9. Método según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** una parte del líquido no evaporado es conducida del evaporador (23) al depósito (1) de fermentación.
10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** el biogás formado durante la fermentación se usa para generar energía.
- 30 11. Método según la reivindicación 10 y 1, 7 o 8, **caracterizado por el hecho de que** cuando el biogás se quema, se forman gases de escape, y **por el hecho de que** estos gases de escape entran en contacto con el líquido purificado biológicamente o con el líquido purificado biológicamente concentrado mencionado anteriormente.

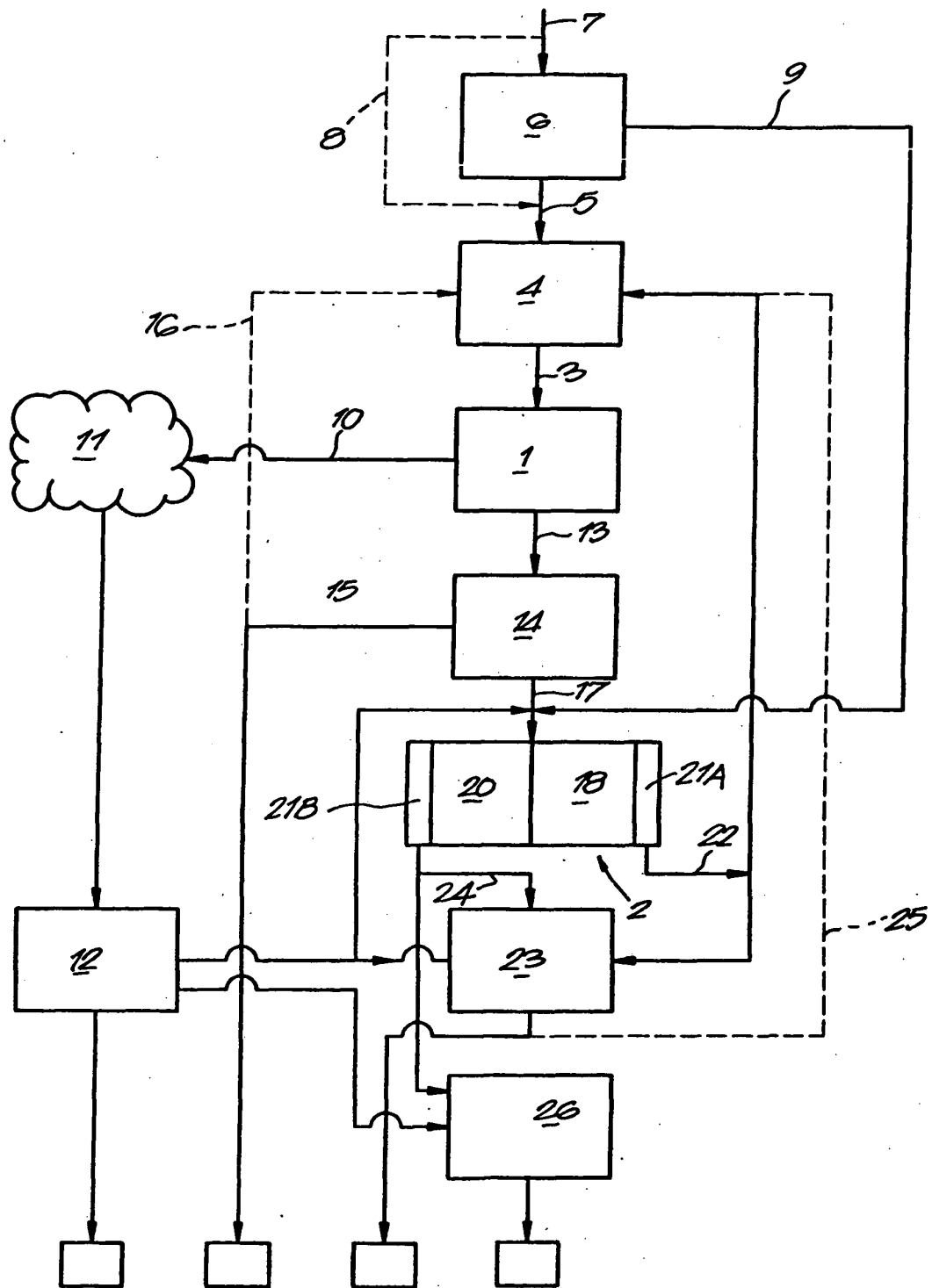


Fig. 1

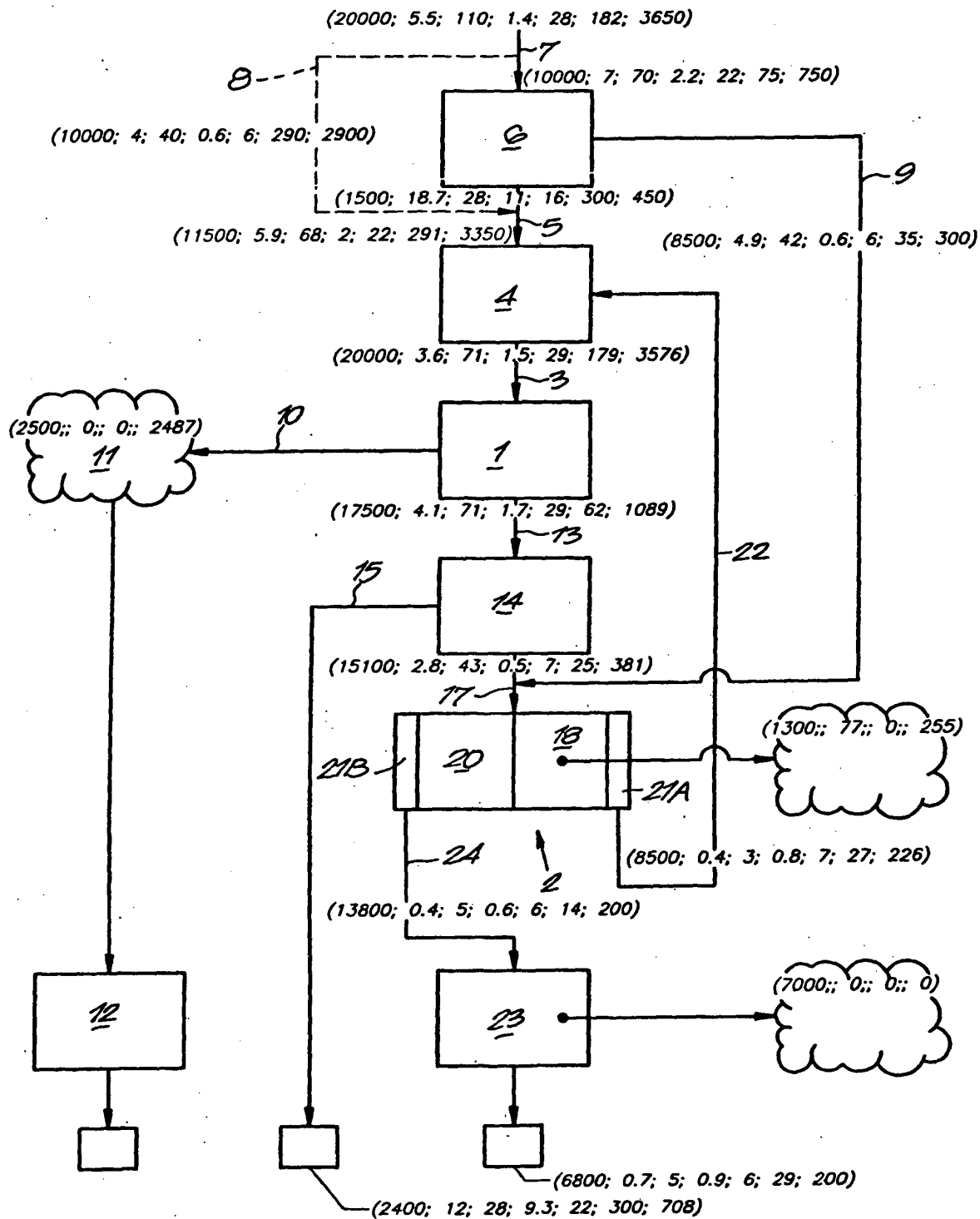


Fig. 2

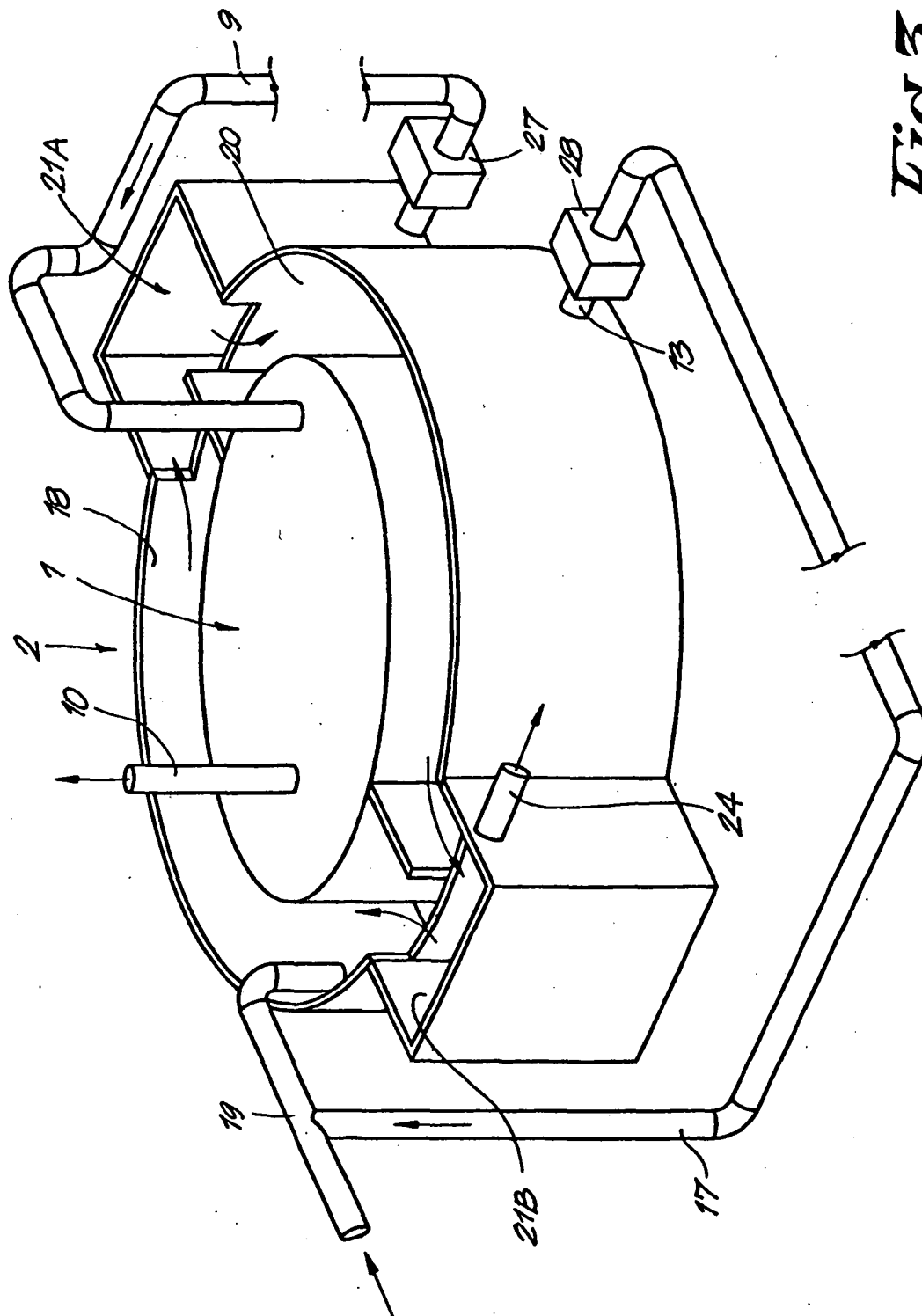


Fig. 5