



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0812152-4 B1

(22) Data do Depósito: 16/05/2008

(45) Data de Concessão: 21/02/2017



(54) Título: FERMENTADOR PARA A GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE MATERIAL ORGÂNICO BOMBEÁVEL

(51) Int.Cl.: C12M 1/107; C12M 1/12; B01J 8/02

(30) Prioridade Unionista: 23/05/2007 DE 102007024378.4

(73) Titular(es): WILHELM GANTEFORT. JÜRGEN BECK

(72) Inventor(es): WILHELM GANTEFORT; JÜRGEN BECK

**FERMENTADOR PARA A GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE MATERIAL
ORGÂNICO BOMBEÁVEL**

A invenção refere-se a um fermentador para a geração
5 de biogás a partir de material orgânico bombeável com baixo
teor de matéria seca orgânica (oTS) de acordo com a
reivindicação 1.

Uma vez que a discussão envolvendo energias
renováveis e sua produção tem se tornado mais e mais o
10 centro da atenção do público, o interesse em fermentadores
para a geração de biogás aumentou. É sabido que tais
fermentadores são utilizados em instalações agrícolas
bem como em plantas de esgoto municipais. Em princípio
estes fermentadores funcionam de forma tal que o material
15 orgânico é armazenado em um contêiner fechado e, por meio
da atividade microbiana, os compostos orgânicos de carbono
contidos no material são convertidos a gás metano, o qual é
extraído e utilizado para aquecimento e/ou para geração de
energia. A energia assim obtida é quase isenta de CO₂
20 porque o dióxido de carbono liberado durante a combustão
foi previamente retirado da atmosfera pela fotossíntese
vegetal.

Subseqüentemente, a discussão irá primeiramente
dirigir o foco para o processo de fermentação, o qual
25 ocorre na ausência de oxigênio, de maneira a produzir
biogás. O processo completo de fermentação pode ser
dividido em várias fases. Na primeira fase os
carboidratos, por meio de microrganismos opcionais e
obrigatórios, gorduras e proteínas contidas no substrato a
30 ser fermentado são quebrados em compostos hidrocarbonetos.

de baixo peso molecular (C_1 - C_5). No processo, os carboidratos são sucessivamente decompostos a ácido propiônico ou ácido butírico ou butanol; por meio de oxidação β , os ácidos graxos são gradualmente quebrados em unidades C_2 as quais são liberadas como ácido acético; e os aminoácidos são decompostos de acordo com a reação de Stickland em ácido acético, amônia e CO_2 .

Estes produtos intermediários, por sua vez, são decompostos nos substratos metanogênicos ácido acético (CH_3COOH), hidrogênio (H_2), ácido carbônico (H_2CO_3), ácido fórmico ($HCOOH$) e metanol (CH_3OH). Novamente, por bactérias anaeróbicas obrigatórias produtoras de metano (metanogênicas) do gênero *methanobacterium*, *methanosarcina* e *methanospirillum*, estes substratos metanogênicos são decompostos em metano, dióxido de carbono e água na seguinte reação:

- 1) $CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_4 + CO_2$
- 2) $HCO_3^- + H^+ + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 3 H_2O$
- 3) $HCOO^- + H^+ + 3H_2 \rightarrow CH_4 + 2 H_2O$
- 4) $CH_3OH + H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$

O HCO_3^- mencionado na reação (2) é gerado pela solubilização em água de acordo com a seguinte equação:

- 5) $H_2O + CO_2 \rightarrow HCO_3^- + H^+$.

Mais de 70% do metano é gerado pela quebra do ácido acético, isto é, através da reação 1. Uma vez que a fermentação de biogás envolve um processo de mistura, no

qual diferentes microrganismos estão ativos nas várias fases, as diferentes exigências de todos os microrganismos devem ser consideradas de maneira a se obter o maior rendimento possível. Entretanto, o fator decisivo é a
5 condição requerida para a atividade das bactérias metanogênicas. Tendo em vista suas características anaeróbicas obrigatórias, estas bactérias requerem um ambiente estritamente anóxico. Além disto, preferem um valor de pH ligeiramente alcalino.

10 O documento DE 197 564 85 descreve um digestor com uma unidade de agitação para uso em plantas de biogás agrícolas e plantas de esgoto municipais. Este tanque compreende um espaço inferior redondo, um bocal de alimentação e uma unidade de agitação que apresenta um eixo
15 de acionamento e que é montada na circunferência do tanque. A unidade de agitação é alojada em uma tubulação que é montada abaixo do bocal de alimentação. Preferivelmente, a tubulação corre na direção vertical. O conteúdo do tanque de fermentação é aquecido por meio de uma parede de aquecimento. O substrato a ser fermentado é derramado no
20 tanque de fermentação através do bocal de alimentação em um ponto relativamente alto do tanque. Por meio de uma saída localizada próxima ao fundo, o material fermentado situado na área inferior do tanque é bombeado para fora e
25 armazenado em um fermentador.

Os substratos que podem ser utilizados em tal fermentador devem conter uma proporção relativamente alta de matéria orgânica seca (oTS). Por exemplo, cultivos energéticos, tais como milho ou trigo apresentam uma
30 proporção de oTS de mais de 60% em peso. Com tais cultivos

energéticos, é possível se obter altos rendimentos em biogás com um volume de fermentação relativamente baixo, uma vez que as cargas volumétricas máximas podem ser obtidas com estes cultivos.

5 O parâmetro "carga volumétrica" é uma medida para a carga biológica de um fermentador. Pretende-se utilizar para uma planta de biogás convencional uma carga volumétrica entre 2 e 5 kg oTS/m³ por dia. Uma carga volumétrica de 2 kg oTS/m³ por dia é considerada como uma
10 carga leve. Uma carga volumétrica de mais de 5 kg oTS/m³ por dia é descrita como uma carga alta.

Entretanto, os fermentadores de biogás convencionais são adequados apenas para substratos com altas proporções de oTS, isto é, especialmente substratos de fontes
15 renováveis (NaWaRo), em particular de cultivos energéticos tais como cereais, milho de silagem ou beterraba.

Substratos com baixa proporção de oTS, como, por exemplo, esterco líquido, resíduos de fermentação, resíduos de cervejaria (resíduos da fermentação alcoólica,
20 especialmente produção de bioetanol), esgoto ou água altamente contaminada com esgoto provenientes da indústria de processamento de alimentos, não são adequados para uso exclusivo nestes fermentadores. Na melhor das hipóteses são adequados para serem utilizados como substrato de
25 sementeira ou como parte de uma mistura com substratos de cultivos energéticos (isto é, para o propósito de co-fermentação) uma vez que a quantidade de biogás por m³ da capacidade do biodigestor é tão baixa que é quase impossível se recuperar a energia (energia calorífica,

energia para acionar a unidade de agitação) requerida para a operação do fermentador.

Isto é devido ao fato de que tendo em vista que a proporção de oTS é baixa, é impossível se alcançar altas
5 cargas volumétricas com estes substratos sem o risco de uma perda considerável de metanogênese.

Adicionalmente os fermentadores convencionais estão permanentemente lidando com o problema de ter ácido propiônico concentrado que, a partir de uma concentração
10 específica, apresenta efeitos bacteriostáticos e fungistáticos. Este problema ocorre se durante a alta carga volumétrica a formação de ácidos graxos voláteis tais como, por exemplo, ácido acético, é mais lenta que sua decomposição por meio de metanogênese. Em fermentadores
15 convencionais, sua concentração é permanentemente reduzida por meio da retirada e replicação das bactérias metanogênicas, o que ocorre em 10 - 14 dias, ocorre em uma velocidade extremamente lenta em comparação com as bactérias acidificantes, o que ocorre em 0,5 - 2 horas.
20 Conseqüentemente, o conteúdo em sistemas de fermentadores convencionais acidifica muito rapidamente (metanogênese interrompida) e é formado o ácido propiônico.

O esterco líquido forma um sistema anóxico com um valor de pH relativamente alto. Por esta razão, é
25 extremamente adequado para prover as condições requeridas para as bactérias metanogênicas em um fermentador de biogás. Todavia, leva mais tempo para os microrganismos metabolizar a substância orgânica seca do esterco líquido que para metabolizar a substância orgânica seca de cultivos

energéticos. Conseqüentemente, é necessário se deixar o esterco líquido mais tempo no fermentador.

Por exemplo, uma fazenda de gado com 400 LUs (unidades vivas, 1 LU corresponde a 500 kg de peso vivo) produz aproximadamente 20 m³ de esterco líquido por dia a ser tratado. Com um período de armazenagem de 50 dias e com um projeto personalizado, seria necessário um fermentador com uma capacidade de tanque de 1000 m³.

O esterco líquido de gado compreende uma média da proporção de oTS de aproximadamente 6% em peso. Se é antecipado um rendimento de 500 m³ de biogás por tonelada de oTS, de acordo com as seguintes equações:

$$20 \text{ m}^3 \text{ de esterco líquido} \times 0,6 \text{ por cento em peso} = 1,2 \text{ toneladas de oTS} \quad (\text{equação 1})$$

$$1,2 \text{ toneladas de oTS} \times 500 = 600 \text{ m}^3 \quad (\text{equação 2})$$

O exemplo mencionado acima resultaria em um rendimento em biogás de 600 m³/dia.

Entretanto, se um fermentador com as mesmas dimensões é carregado com cultivos energéticos, é possível se processar uma carga volumétrica maior por conta da alta proporção de oTS, o que resultaria em rendimentos em biogás específicos para o reator consideravelmente aumentados.

Uma vez que um fermentador de biogás envolve um consumo de energia considerável (especialmente para a unidade de agitação e para o sistema de aquecimento), é ineficiente se utilizar em um fermentador de biogás convencional exclusivamente ou principalmente materiais com

baixos teores de substâncias secas orgânicas (oTS), tais como esterco líquido.

Todavia, em instalações agrícolas existe uma demanda considerável por um tratamento biológico de fertilizante produzido na fazenda (rejeitos de animais e 5 matéria fecal), em particular esterco líquido.

A aplicação de esterco líquido em terras cultivadas está sujeita as exigências restritas pela lei. Por exemplo, apenas esterco líquido sanitizado pode ser 10 aplicado em pastagens de gado leiteiro. A sanitização é realizada por meio de um processo químico (com NaOH) ou térmico e envolve em ambos os casos despesas consideráveis.

Certamente poderia ser considerado se realizar tal sanitização em um fermentador de biogás o qual é operado em 15 uma faixa termofílica ($> 55^{\circ}\text{C}$). Entretanto, como indicado acima, os fermentadores convencionais não são adequados para um tratamento em larga escala efetivo de esterco líquido.

Além disto, após a aplicação de esterco líquido 20 sanitizado bem como não tratado a um campo, prado ou pastagem, é promovida uma geração de gases nocivos ao clima. Não apenas é promovida a geração de dióxido de carbono (CO_2), mas especialmente a geração de gás metano (CH_4), amônia (NH_3) e óxido nitroso (N_2O), os quais escapam 25 para a atmosfera promovendo, desta forma, o efeito estufa.

É, portanto, o objetivo da invenção prover um fermentador, bem como um método de produção de biogás que permita uma fermentação econômica de material orgânico com baixo teor de substâncias orgânicas secas (oTS).

Entretanto, este fermentador deve ser capaz também de produzir metano com alta eficiência e estabilidade com misturas substratos altamente concentradas a uma carga volumétrica alta ($> 5 \text{ kg oTS/m}^3 \text{ digestor} \times \text{d}$). Entre
5 outras coisas, isto é possível tendo em vista a biomassa fixa e a recuperação da biomassa ativa (preferivelmente metanogênese) para a recuperação e inoculação na área de mistura.

A invenção tem o objetivo adicional de prover um
10 fermentador, bem como um método para um tratamento e sanitização econômicos de esterco líquido.

Este objetivo é alcançado por meio das características da reivindicação 1. As reivindicações dependentes envolvem realizações preferidas. Deve ser
15 considerado que todas as especificações mencionadas incluem os valores limites respectivos.

Da mesma forma, um fermentador é projetado para gerar biogás a partir de material orgânico bombeável com um baixo teor de substância orgânica seca (oTS). Compreende:

- 20 a) Pelo menos uma entrada para o material orgânico bombeável,
- b) Pelo menos um reator de leito fixo para o material orgânico bombeável com pelo menos uma seção primária e uma seção secundária, bem como,
- 25 c) Pelo menos uma saída para o resíduo de fermentação restante.

A definição de "material orgânico com baixo teor de substância orgânica seca" deve basicamente envolver aqueles materiais que compreendem uma proporção de oTS com menos de

50% em peso, preferivelmente menos de 25% em peso, e especialmente preferido sendo menos de 10% em peso.

Tal material compreende, por exemplo, esterco líquido, isto é, um fertilizante produzido na fazenda (o qual principalmente contém uma proporção de oTS de menos de 10% em peso) consistindo em rejeito animal, urina, detritos, restos de alimentos e restos de água de bebedouro.

Por exemplo, um material compatível poderia ser também o resíduo de fermentação de uma planta de biogás com tanque de agitação convencional, mas também materiais tais como resíduos de cervejaria (resíduos da fermentação alcoólica, especialmente produção de bioetanol), esgoto ou água altamente contaminada com esgoto da indústria de processamento de alimentos. A definição mencionada acima envolve também esterco líquido ou resíduos de fermentação com substratos de fontes renováveis (NaWaRO).

Um número de vantagens pode ser alcançado pela utilização de um reator de leito fixo. Por exemplo, um reator de leito fixo não requer sua própria unidade de agitação porque é possível se direcionar o fluxo do material no interior do reator. Isto pode ser comparado com um trato intestinal alinhado em paralelo que é coberto no interior e no exterior com vilosidades intestinais e provê uma superfície microbiana populosa, resultando em um fluxo de substrato direcionado para cima ou para baixo dependendo do estágio respectivo de processamento.

Em vez disto, é possível se utilizar uma bomba energia-eficiente, em particular uma bomba de pistão duplo. Como padrão, as unidades de agitação convencionalmente

utilizadas apresentam um consumo de energia de aproximadamente 18 kW. Pela utilização de uma bomba de pistão duplo é possível se obter uma economia de energia de até 90%. Isto aumenta consideravelmente a eficiência do fermentador base da invenção.

Por meio de um fluxo direcionado de material (passagem forçada). São evitadas especialmente as correntes de curto circuito, que são inevitáveis em fermentador com uma unidade de agitação. Estas correntes de curto circuito interferem com a sanitização efetiva do material em fermentação, bem como com uma fermentação ideal. Ambos os pontos serão subseqüentemente discutidos em mais detalhes.

O reator de leito fixo provido supre também um substrato de colonização para os microrganismos produtores de metano. Desta forma, em contrário a um fermentador com uma unidade de agitação, é possível se obter uma formação em camada de microbiocenose.

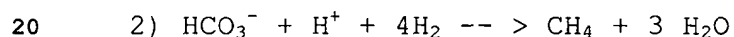
Isto permite que a segunda rota metabólica da produção de metano ocorra em uma grande escala e mesmo que seja otimizada. Para isto, os micróbios interagem em pequenos espaços tão eficientemente que H^+ e CO_2 (como HCO_3) podem ser sintetizados a CH_4 (reação 2). Isto reduz o teor de CO_2 no biogás e respectivamente aumenta o teor de CH_4 . Isto serve para aumentar a qualidade e aumentar a eficiência.

Isto é muito importante, porque bactérias e microrganismos específicos necessários à produção de biogás não entram em contato com o substrato a ser fermentado. Em um fermentador com uma unidade de agitação, no qual os microrganismos não são providos com um substrato de

colonização, tal formação de camada não pode ser, resultando em um rendimento em biogás consideravelmente menor.

Na síntese de biogás ocorre uma diferenciação
5 especialmente nas etapas de acetogênese e metanogênese as
quais são realizadas por diferentes microrganismos.
Durante o processo de acetogênese os ácidos graxos
inferiores e ácidos carboxílicos, bem como os álcoois
inferiores, são convertidos por microrganismos acetogênicos
10 primariamente em ácido acético, ou seu sal dissolvido, o
acetato. Durante o processo de metanogênese, o qual é
obrigatoriamente anaeróbico, o ácido acético é convertido
pela respectiva metanogênese acetoclástica a metano e
dióxido de carbono, bem como hidrogênio. Os respectivos
15 microrganismos formam uma simbiose, isto é, um grupo de
microrganismos utiliza como substrato reagente os produtos
metabólicos dos outros microrganismos.

Especialmente a rota metabólica



difícilmente pode ser realizada em fermentadores
convencionais uma vez que a transmissão do íon H^+ deve
ocorrer na faixa de nano-segundos. Isto envolve uma
25 imobilização dos micróbios simbióticos de maneira a
garantir a proximidade requerida.

Além disto, os microorganismos se adaptam mais
rapidamente no reator de leito fixo e, pela recuperação da
biomassa (metanogênica) ativa, o fermentador "começa a
30 operar" mais rapidamente (devido à re-inoculação

permanente). Como resultado, os microorganismos são capazes de quebrar melhor e mais rápido o ácido propiônico mencionado, ou este não pode ser gerado.

De acordo com a invenção, é preferido que o fermentador compreenda também:

- a) pelo menos uma câmara de sedimentação para o material bombeável, câmara esta que fica localizada entre a seção primária e a seção secundária do reator de leito fixo, bem como
- b) pelo menos uma seção de reciclagem que é conectada à câmara de sedimentação e que é projetada de forma tal que as frações mais leves específicas do material orgânico bombeável podem ser recuperadas e, se requerido, podem ser realimentadas à seção ascendente (primária) do reator de leito fixo.

No caso de processo em duas partes separadas, a câmara de sedimentação pode ser localizada em cada peça de cabeça. Por meio desta primeira instalação de uma seção de reciclagem as frações mais leves específicas do material orgânico bombeável são recuperadas e podem ser realimentadas à seção ascendente (primária) do reator de leito fixo.

Por um lado, estas frações mais leves específicas envolvem frações orgânicas mais leves específicas como, por exemplo, ácidos graxos voláteis ou biomassa fibrosa, nas quais a metanogênese e seus gases gerados são capturados e começam a ascender por causa da liberação de metano e dióxido de carbono. Nos fermentadores convencionais com unidades de agitação estas frações formam uma camada flutuante e, desta forma, saem do processo de fermentação.

Esta camada flutuante poderia envolver também o perigo de se formar um excesso de pressão no substrato se as bolhas de gás microbiano não puderem mais ser dissolvidas a partir da camada flutuante, por exemplo, se ocorrer falha da
5 unidade de agitação.

Incidentalmente alguns dos ácidos graxos voláteis facilmente são transformados na fase gasosa e são, desta forma, permanentemente excluídos do processo de fermentação.

10 As frações orgânicas mais leves específicas contêm também microrganismos (a assim chamada "biomassa ativa") que foram dissolvidos a partir do substrato do reator de leito fixo e, sem uma seção de reciclagem, seriam descarregadas com o resíduo de fermentação do fermentador.

15 Isto envolve também uma perda contínua de micronutrientes que devem ser suplementados nos fermentadores convencionais com uma unidade de agitação. Isto, por sua vez, resulta em despesas adicionais e uma introdução adicional de metal pesado. Conseqüentemente, em fermentadores convencionais

20 de biogás a densidade dos microrganismos produtores de biogás é continuamente reduzida o que resulta no fato destes fermentadores serem basicamente operados com uma densidade de microrganismos que é muito baixa para se alcançar um rendimento de biogás ideal. A seção de

25 reciclagem baseada na invenção permite que estes microrganismos sejam recuperados e realimentados no fermentador. Como resultado, o fermentador da invenção apresenta uma densidade consideravelmente mais alta de microrganismos que um fermentador convencional e um

30 suprimento consideravelmente aperfeiçoado de

micronutrientes, os quais são circulados por meio da biomassa ativa.

Isto provê a possibilidade de recuperação da biomassa ativa (a qual, em equipamentos de acordo com o estado da técnica, é armazenada juntamente com o material fermentado em um tanque de armazenagem de resíduo de fermentação e ali permanece inutilizada) e sua realimentação para o processo de fermentação. Isto aumenta consideravelmente o rendimento em relação aos fermentadores convencionais.

Além disto, pela realimentação da biomassa ativa no digestor, o período de otimização da planta durante uma primeira operação é consideravelmente reduzido. Em princípio, leva uma certa quantidade de tempo para a otimização da operação de uma planta de biogás. Isto é devido ao fato, antes de tudo, de uma flora estável de microrganismos deve ser estabelecida na planta. Tendo em vista a possibilidade de recuperação dos microrganismos que ainda estão presentes no material fermentado extraído do digestor, o período de construção de uma micro-flora estável e altamente eficiente é consideravelmente reduzido. Como resultado, o rendimento máximo é obtido em um período de tempo consideravelmente mais curto.

A possibilidade de recuperação da biomassa ativa envolve uma outra vantagem: o processo de fermentação é acelerado tendo em vista a possibilidade de se manter no digestor uma densidade consideravelmente mais alta de microrganismos ativos. Desta forma, a capacidade de fluxo do fermentador pode ser aumentada. Isto resulta no fato do fermentador da invenção poder tolerar uma carga volumétrica consideravelmente mais alta.

Este efeito é também alcançado se o fermentador da invenção é utilizado em combinação com um fermentador de tanque agitado convencional, se a biomassa ativa recuperada é realimentada ao fermentador de tanque agitado (a assim
5 chamada "repotenciação", ver abaixo).

Além disto, o fermentador da invenção torna possível a dispensa da adição de micronutrientes, os quais são freqüentemente necessários nos fermentadores de tanque agitado convencionais, por causa da realimentação da
10 biomassa ativa que contém os micronutrientes.

Nos fermentadores de tanque agitado convencionais é necessário também se misturar completamente o conteúdo do fermentador. O processo de agitação continuamente rompe a simbiose dos diferentes microrganismos, especialmente das
15 bactérias produtoras de metano. Desta forma, não é possível se alcançar uma estabilização de longa duração do processo a níveis de alta proficiência. Aqui, o substrato sendo consumido deve servir aos microrganismos simultaneamente como substrato nutriente e como superfície
20 para a colonização simbiótica. Desta forma, o substrato deve prover uma certa estrutura mínima. Entretanto, nos fermentadores da invenção são formadas simbioses extremamente estáveis de bactérias produtoras de metano permanentemente estabelecidas. Como resultado, a metanação
25 pode ocorrer mesmo se os substratos levemente estruturados forem facilmente biodegradáveis.

Bactérias produtoras de hidrogênio livre e bactérias que utilizam hidrogênio devem estar permanentemente estabelecidas para simbiose ideal. No fermentador da

invenção, as áreas de população dos reatores de leito fixo provêm as condições ideais para a produção de gás metano.

As regiões restantes, do fermentador da invenção provêm condições ideais para o desenvolvimento de processos biológicos idéias que não são especialmente interrompidos por processos de agitação.

Para uma fermentação ótima, os microrganismos requerem não apenas ácidos orgânicos, mas também CO_2 .

Nas áreas de alimentação de material orgânico uma quantidade aumentada de CO_2 é formada a qual flui por uma rota ideal através das seções ascendentes mais altas do reator de leito fixo reator de leito fixo. Conseqüentemente, as bactérias produtoras de metano são providas com uma quantidade suficiente de CO_2 para a metanação. Isto resulta em uma estabilidade biológica ótima.

Desta forma, o biogás no fermentador da invenção foi aumentado, especialmente no que diz respeito aos materiais com baixa proporção de oTS. O rendimento aumentado é baseado na decomposição adicional de oTS, especialmente pelo aumento da decomposição de equivalentes do ácido acético na produção da planta, e pela reutilização das bactérias recuperadas. Isto é feito pela utilização das atividades metabólicas e/ou, se morta, pela utilização da biomassa.

No geral, o fermentador da invenção apresenta as seguintes vantagens adicionais:

- O período de armazenagem dos substratos (em particular de esterco líquido) é reduzido de 50 para 10 dias, aumentando desta forma a capacidade de fluxo.

- A demanda de calor calculada é reduzida em 20% (na prática, o calor de processo intrínseco é usualmente já suficiente, isto é, o fornecimento de calor externo não é necessário).

- 5 • Em comparação com o fermentador de tanque agitado convencional, a capacidade do fermentador pode ser reduzida de 1000 m³ para 200 m³, o que reduz a área construída e os custos de investimento.

Em uma realização preferida do fermentador da
10 invenção, a seção primária do reator de leito fixo foi projetada como uma seção ascendente e a seção secundária do reator de leito fixo como uma seção descendente.

Desta forma, é possível pela primeira vez se permitir e otimizar em larga escala a segunda rota metabólica da
15 produção de metano. Para este propósito, os micróbios interagem tão eficientemente que H⁺ e HCO₃ podem ser sintetizados a CH₄ (ver reação 2). Como resultado, o teor de CO₂ no biogás é reduzido e o teor de CH₄ é aumentado correspondentemente. Isto serve ao propósito de aumentar a
20 qualidade e aumentar a eficiência. Tendo em vista as bolhas de CO₂ finamente distribuídas e sua alta superfície específica, ocorre a possibilidade da metanogênese na seção ascendente entrar em contato intensivo com a segunda rota da metanogênese que é consideravelmente mais difícil de se
25 realizar.

Entretanto, o fermentador da invenção é capaz também de produzir biogás altamente eficiente e estável com misturas de substratos altamente concentrados com lata
carga volumétrica (> 5 kg oTS/m³ digestor x d). Isto é
30 possível tendo em vista a biomassa fixa e a recuperação da

biomassa ativa (preferivelmente metanogênese) para a realimentação e inoculação na área de mistura. A combinação das seções separadas de fermentação com fluxo ascendente e fluxo descendente simula a função do intestino delgado e do intestino grosso, transferindo, desta forma, os princípios da biônica para a engenharia química.

Nesta analogia, a hidrólise de longo prazo a montante, ou na área de mistura, corresponde à função do estômago, o que provoca uma acidificação eficiente do substrato de entrada.

Adicionalmente, o CO₂ pode ser suprido a partir de fontes externas de maneira a intensificar as reações na seção ascendente. Este pode ser proveniente de fontes externas, particularmente de um reator hidrolítico de longo prazo a montante.

Além disto, pretende-se preferivelmente que o reator de leito fixo compreenda um material que confira uma superfície de população grande para os microrganismos.

Por exemplo, isto envolve materiais com uma superfície estruturada e/ou uma superfície interna. Isto pode compreender, por exemplo, materiais com uma superfície plástica estruturada, mas também grânulos de lava, péletes de cerâmica, têxteis, metal ou estruturas de madeira e semelhantes.

Isto possibilita uma superfície de população grande e, conseqüentemente, alta densidade e estabilidade das colônias de microrganismo produtoras de biogás.

É especialmente preferido se prover o reator de leito fixo com um material que permita a formação de canais basicamente longitudinais.

O termo "canais basicamente longitudinais" envolve materiais que são adequados para prover o substrato a ser fermentado na seção ascendente (primária) e/ou a seção descendente (secundária) do fermentador com uma direção de
5 fluxo consistente. Isto é vantajoso também na medida em que previne correntes de curto-circuito. Isto está subsequente-mente discutido em mais detalhes. Materiais possíveis a serem utilizados para este propósito envolvem, por exemplo, tubos verticais consistindo em cerâmica,
10 argila, barro, metal, madeira ou plásticos, ou hastes, placas colméias, cordas ou fios verticais.

É especialmente preferido que o reator de leito fixo compreenda um material que confira uma grande superfície para a colonização microbiana e permita a formação de
15 canais basicamente longitudinais.

Aqui foi especialmente considerada a utilização de tubos de plástico com uma superfície aumentada, como, por exemplo, os tubos de drenagem flexíveis conhecidos utilizados com construções subterrâneas com diâmetro entre
20 50 e 400 mm. Apresentam uma estrutura de parede corrugada que torna possível que microrganismos colonizem a superfície externa bem como a superfície interna dos tubos.

Os ditos tubos são especialmente vantajosos porque asseguram particularmente na seção ascendente do reator de
25 leito fixo que as bolhas de gás ascendentes (especialmente CO₂) não excedam a um tamanho específico. Nos fermentadores convencionais as bolhas de gás ascendentes aumentam desproporcionalmente devido à redução da pressão hidrostática, bem como devido à admissão de bolhas de gás
30 adicionais. Por um lado, isto reduz sua superfície

relativa. Por outro lado, aumenta consideravelmente sua velocidade de ascensão. Ambas as situações são responsáveis pelo fato do CO_2 ascendente não mais poder ser metabolizado e não mais poder ser transformado em metano de acordo com a reação (2). O equipamento com tubos ou partes
5 ocas similares restringe o aumento do tamanho corporal das bolhas. Pela compartimentalização do fluxo do substrato se cuida que o CO_2 ascendente seja adicionalmente metabolizado em paralelo e, conseqüentemente, em estruturas
10 estabilizadas.

Preferivelmente, cada extremidade superior e inferior do reator de leito fixo é provida com um dispositivo de retenção para os tubos de plástico que fixam a melhor distância possível dos tubos entre si e que não restringe
15 as passagens dos tubos, em vez disto previne tais restrições.

Por exemplo, este dispositivo de retenção pode consistir em seções de tubo de aço inoxidável ("luvas") que são dispostas em uma área superficial e soldadas,
20 inseridas, aparafusadas ou rebitadas com suportes em ângulo.

Preferivelmente, são utilizados tubos de plástico os quais tenham um diâmetro interno de 100 - 300 mm e uma distância entre si de entre 50 - 300 mm. É especialmente
25 preferido que o diâmetro interno seja de 200 mm e a distância dos tubos entre si seja de 100 mm.

Pela disposição de pelo menos um reator de leito fixo com pelo menos uma seção ascendente (primária) e uma seção descendente (secundária) se evita especialmente a formação
30 de correntes de curto-circuito. Isto é especialmente

importante porque somente tal passagem forçada pode garantir que o material possa ser fermentado (isto é, mineralizado) da maneira melhor possível e que o material em fermentação seja completamente sanitizado.

5 Tendo em vista regulamentações legais, a sanitização é requerida para materiais que contenham resíduos animais ou que tenham sido produzidos por resíduo animal, antes de sua aplicação em áreas específicas de cultivo, tais como pastagens de gado de leite. O mesmo se aplica as áreas de
10 proteção de água.

A disposição da invenção garante que todo o material a ser fermentado passe através de todo o reator de leito fixo. Na faixa termofílica (isto é, a temperaturas acima de 55°C), um período de armazenagem de 24 horas é
15 suficiente para uma sanitização adequada.

A sanitização desativa germes mesófilos (patogênicos, patogênicos opcionais e não patogênicos), como, por exemplo, bactérias coliformes, salmonelas, brucelose patogênicos e semelhantes. Os microrganismos requeridos
20 para a síntese de biogás são consistentemente termofílicos. Como resultado sobrevivem às temperaturas especificadas sem dano. Ao mesmo tempo, desenvolvem atividade máxima. Além disto, tendo em vista o substrato de excelente colonização, os microrganismos permanecem no fermentador e não são
25 expulsos com o resíduo da fermentação, isto é, não são passados para uma pastagem de gado de leite.

Sob certas condições, o calor gerado durante a síntese do biogás é suficiente para ajustar as condições termofílicas no fermentador, isto é, não é necessário se

prover uma entrada de calor externa, o que, por sua vez, resulta em economias consideráveis de energia.

Em uma realização preferida, a seção de reciclagem da invenção é conectada à câmara de sedimentação de uma borda de transbordo. Esta seção de reciclagem é projetada de tal forma que frações mais leves específicas do material orgânico bombeável são recuperadas e podem ser realimentadas à seção ascendente (primária) do reator de leito fixo. Estas frações mais leves específicas contêm em particular uma grande parte dos microrganismos metanogênicos que de outra forma seria expulsos do fermentador, sendo assim perdidos para a fermentação.

Este efeito é suportado pelo fato dos microrganismos metanogênicos se colonizarem sobre as superfícies do leito fixo. Desta forma, não podem ser expulsos.

Alternativamente, este material ativo recuperado pode ser realimentado também no contexto do "processo de repotenciação" para o fermentador convencional a ser intensificado. Irá aumentar a concentração de metanogênese e permitir um aumento da capacidade de fluxo ou performance.

Pode também ser disposto que a seção de reciclagem seja conectada à câmara de sedimentação por meio de orifícios periféricos ou dispositivos de varredura. Entretanto, sem se utilizar a etapa inventiva, um especialista pode derivar a partir desta informação outras possibilidades de como formar a conexão mencionada acima entre a seção de reciclagem e a câmara de sedimentação.

Adicionalmente, pode ser disposto que seja provido uma raspadeira na borda de transbordo dos orifícios ou

dispositivos de varredura. Esta raspadeira evita que os orifícios ou dispositivos de varredura sejam obstruídos e evita a formação de uma camada flutuante na borda de transbordo. O material recuperado, que é descrito em
5 algumas realizações na presente invenção como "borra semente", pode ser alimentado ao material orgânico a ser fermentado e a ser realimentado ao fermentador. Preferivelmente, uma unidade medidora foi provida para este propósito, que é preferivelmente controlado eletronicamente
10 por meio de um microprocessador. Desta maneira, a concentração dos microrganismos metanogênicos é permanentemente aumentada, o que, por sua vez prova ser um benefício para o rendimento e a qualidade do biogás.

Em princípio, por meio do projeto da seção de
15 reciclagem, é possível se ajustar a razão volumétrica entre o material realimentado ao fermentador e o material retido na seção de reciclagem. Por exemplo, isto pode ocorrer pela seleção específica da altura de uma borda de transbordo designada em relação à borda superior da seção
20 ascendente do reator de leito fixo. Pode ocorrer também pela seleção específica do tamanho e/ou densidade dos orifícios periféricos. Entretanto, sem o uso da etapa inventiva, um especialista pode derivar a partir desta informação outras possibilidades de como realizar o ajusta
25 da razão volumétrica mencionada acima.

Preferivelmente, foi disposto que a razão volumétrica entre o material realimentado ao fermentador e o material retido na seção de reciclagem varia entre 1:0,9 - 2:0,1. É especialmente preferido que a razão volumétrica seja de
30 2:1. A re-inoculação com o material retido deve ser tão

grande que é garantida uma fermentação sem problemas e não ocorre qualquer acidificação parcial. É fácil para o especialista reproduzir estes processos com os métodos apropriados (medidor de pH, NIRS, amostragem GC).

- 5 É também preferido que a seção de reciclagem consista em um ou, se necessário, vários elementos em forma de tubo basicamente verticais.

Além disto, preferivelmente, a seção de reciclagem é localizada entre a seção ascendente (primária) e a seção
10 descendente (secundária) de pelo menos um reator de leito fixo.

Esta realização apresenta um número de vantagens. Por exemplo, o biogás ainda gerado na seção de reciclagem pode ser coletado pelo mesmo dispositivo coletor de gás que
15 coleta o gás gerado nas seções do reator ou reatores de leito fixo. Além disto, desta maneira, é fácil se levar a seção de reciclagem para a temperatura em que está o reator ou reatores de leito fixo. Desta forma a posição da seção de reciclagem é também ideal para a recuperação de frações
20 mais leves específicas porque está localizada no centro da câmara de sedimentação; especialmente se a borda superior da seção de reciclagem formar uma borda de transbordo o que será subsequenteemente discutido em mais detalhes.

Contudo, é também possível e, desta forma, dentro do
25 escopo de proteção das reivindicações, que a seção de reciclagem não esteja localizada entre a seção ascendente (primária) e a seção descendente (secundária) de pelo menos um reator de leito fixo, mas em vez disto, por exemplo, lateralmente ou externamente ao fermentador real.

Em uma realização especialmente preferida, uma seção de reciclagem adicional é localizada por trás da seção descendente (secundária) do reator de leito fixo. Desta forma, a recuperação dos ditos substratos e microrganismos
5 é ainda mais melhorada.

Preferivelmente, o fermentador compreende a forma externa de um ou dois cilindros dispostos verticalmente. Para esta finalidade, pode ser disposto que o fermentador ou o cilindro (ou cilindros) consista em vários segmentos
10 que podem ser produzidos em uma fábrica e montados no local do fermentador.

Por exemplo, duas metades de cilindro ou várias seções do cilindro podem ser providas as quais são montadas no local e soldadas ou aparafusadas por meio de suportes de
15 montagem. Idealmente uma das metades do cilindro ou seções de cilindro já inclui a seção de reciclagem, o que facilita também a produção e instalação e, desta forma, reduz o custo.

Os inventores calcularam que tal fermentador pré-fabricado com um volume entre 200 - 250 m³ pode ser
20 construído no local em dois dias. Desta forma, os custos de montagem (horas trabalhadas, equipamento, grua móvel) e despesas associadas poderiam ser consideravelmente reduzidos. Além disto, as atividades operacionais no local
25 (por exemplo, em uma fazenda) são interrompidas apenas de forma não significativa. Isto garante também que o fermentador seja manufaturado de acordo com o padrão e, desta forma, apresenta um padrão de alta qualidade.

Pode também ser disposto que o fermentador apresente
30 um dispositivo de coleta de gás que é localizado pelo menos

parcialmente acima do reator de leito fixo e/ou do dispositivo de recuperação.

Por exemplo, este dispositivo de coleta de gás pode envolver uma construção em domo telhado com um diafragma vedado a gás localizado por baixo. Em tal realização, pode ser especialmente disposto que o dispositivo de coleta de gás também apresente a função de um sistema de armazenagem de gás. Neste caso, o diafragma vedado a gás é pendurado frouxo acima do digestor na medida em que apenas uma pequena quantidade de gás é desenvolvida. Entretanto, o gás em desenvolvimento empurra o diafragma para cima e se torna vedado. Então o gás gerado pode ser extraído de forma conhecida e com dispositivos de extração conhecidos.

Basicamente, pode ser disposto que o fermentador da invenção compreenda também um dispositivo para a alimentação do biogás gerado em uma rede de tubulação de gás. Entretanto, é preferido que o fermentador da invenção seja conectado ao dispositivo que converte o biogás gerado em eletricidade.

De maneira a converter a energia química contida no gás gerado em energia elétrica, o biogás é convertido em eletricidade, por exemplo, em uma unidade de co-geração (BHKW) a qual inclui um motor a gás ou um motor de combustível duplo. De maneira a se trabalhar economicamente, o gás a ser queimado deve ser alimentado ao motor a gás com uma pressão inicial de aproximadamente 100 mbar. Em plantas de biogás convencionais, um compressor separado de pressão de gás é necessário para levar o gás armazenado para a pressão inicial mencionada acima. Por um lado, este compressor utiliza uma quantidade considerável

de energia. Entretanto, aumenta as exigências de manutenção e custos de aquisição, bem como a necessidade de controle da planta de biogás.

É especialmente preferido que o fermentador
5 compreenda um sistema de armazenagem hidrostático de gás.

O termo "sistema de armazenagem hidrostático de gás" envolve um sistema de armazenagem de gás (o qual é subsequente-mente descrito em mais detalhes) no qual o gás alimentado desloca um líquido previamente disponível (água,
10 em particular) por gravidade (e desta forma contra a formação de pressão hidrostática ou uma coluna de água). No que diz respeito a esta realização, faz-se aqui referência aos desenhos.

Se o sistema de armazenagem de gás é construído em
15 uma forma que, quando do deslocamento do líquido disponível no sistema, o fluxo de gás forma uma coluna máxima de água de 2000 mm, isto corresponde a uma pressão hidrostática de 200 mbar. Ao mesmo tempo, a pressão do gás armazenado é mantida em um nível correspondendo à pressão hidrostática e
20 pode ser fornecido ao motor a gás do BHKW sem a utilização de seu próprio compressor de gás. Para este propósito é essencial que os microrganismos geradores de biogás sejam capazes de continuar a produzir biogás mesmo na presença de fortes gradientes de pressão. Na literatura são descritos
25 gradientes de pressão de até 160 bars. Conseqüentemente, a síntese de biogás não é afetada pelo gradiente de pressão acumulado descrito de 200 mbar, que poderia continuar adiante no fermentador.

Preferivelmente, as tubulações que levam ao sistema
30 de armazenagem de gás hidrostático são dimensionadas de tal

forma que preenchem os requerimentos de segurança para dispositivos a gás (alta pressão e baixa pressão). Por exemplo, uma geração excessiva de gás pode escapar para o meio ambiente através do sistema de armazenagem de gás

5 hidrostático. Ao mesmo tempo, o líquido do sistema de armazenagem de gás funciona como um protetor retroativo e elimina o perigo de explosão ou fogo no fermentador. Um sistema de armazenagem de gás convencional não é capaz de fazer isto. Além disto, com dimensões específicas, as

10 tubulações poder ser utilizadas também como um dispositivo de segurança por transbordo para o substrato de fermentação que foi alimentado em excesso no fermentador. Este substrato de fermentação é drenado através das tubulações e é coletado por meio do sistema de armazenagem de gás

15 hidrostático.

Preferivelmente, o dispositivo de coleta de gás do fermentador compreende um domo cônico ou frustocônico, parabolóide ou hemisférico.

É especialmente preferido que este domo seja disposto

20 sobre o fermentador de tal forma que a região afilada do domo, a qual é direcionada para cima, começa abaixo da borda de transbordo da seção de reciclagem. Neste contexto, faz-se aqui referência aos desenhos. Como resultado, a recuperação da biomassa ativa é

25 consideravelmente aumentada.

Além disto, é preferido que nenhum dispositivo elétrico seja disposto para a região do digestor, o sistema de armazenagem de gás e/ou a câmara de sedimentação. O digestor, o sistema de armazenagem de gás e/ou a câmara de

30 sedimentação podem ser projetados também como gaiola de

Faraday. Ambos os métodos servem como prevenção de fogo e explosão. Para este propósito, a caixa do fermentador como um todo pode consistir em metal condutor (especialmente de aço V₄A ou aço revestido resistente a corrosão), ou pode
5 consistir em um material não metálico provido com uma rede de condutores metálicos, por exemplo, na forma de uma rede de arame circundando o material da caixa.

Em uma realização adicionalmente preferida, o fermentador da invenção compreende um canal de sedimentação
10 localizado na base do digestor. Neste canal de sedimentação material não orgânico, tal como areia, cal e pedra, etc., podem se sedimentar e serem removidos do fermentador por meio de um rosca transportadora. Usualmente entre aproximadamente 1 - 3% do material de
15 fermentação é removido desta forma diariamente. É então possível se separar a matéria sólida do material descarregado e se realimentar os componentes líquidos para o digestor.

Em uma realização adicionalmente preferida, um
20 trocador de calor é disposto na região da saída do fermentador. Por meio deste trocador de calor, material orgânico fresco a ser fermentado pode ser pré-aquecido.

Desta forma, é consideravelmente mais fácil se ajustar condições mesofílicas ou termofílicas no
25 fermentador. Ao mesmo tempo, isto reduz o consumo de energia requerido. Em um caso ideal, o calor intrínseco de reação que se desenvolve durante o processo de fermentação é suficiente para ajustar as condições mencionadas acima. Conseqüentemente, nenhum fornecimento de calor externo é
30 necessário.

Em alguns casos, isto é, se o calor intrínseco da reação não for suficiente, o fermentador da invenção deve ser aquecido. Vários dispositivos de aquecimento, por exemplo, trocadores de calor localizados no fermentador, 5 apresentam uma temperatura de superfície que é muito alta para os microrganismos. Conseqüentemente, o material em fermentação que entra em contato com o dispositivo de aquecimento é inicialmente aquecido para uma temperatura que fica acima da faixa de temperatura preferida e libera 10 esta temperatura sucessivamente para o material circunvizinho. Desta forma, é possível se ajustar o digestor como um todo para a temperatura desejada. Entretanto, a temperatura elevada faz com que os microrganismos (especialmente as bactérias metanogênicas) 15 que se colonizem na região do dispositivo de aquecimento ou que entram em contato com esta morram. Isto, por sua vez reduz o rendimento.

É também preferido que o fermentador compreenda um dispositivo de controle de temperatura para o material 20 orgânico a ser fermentado que é ajustado de tal forma que a temperatura do material em fermentação, o qual é levado para o digestor através da entrada, possa ser ajustada apenas pelo aquecimento do material orgânico a ser fermentado.

25 Além de um dispositivo de aquecimento para o substrato a ser fermentado, isto requer que o digestor seja equipado com pelo menos uma sonda de temperatura e um respectivo circuito de controle. Este tipo de controle de temperatura é especialmente efetivo porque o material 30 aquecido levado para o digestor é imediatamente distribuído

e rapidamente libera sua energia térmica para a área circunvizinha. Por causa da rápida troca de calor para o material circunvizinho, os processos vitais das bactérias metanogênicas no fermentador não são afetados. Além disto, tendo em vista a excelente condutividade térmica e da mistura efetiva, apenas um aumento insignificante da temperatura do substrato a ser fermentado é suficiente para o controle efetivo da temperatura no fermentador. Conseqüentemente, não há qualquer razão para se temer que as bactérias metanogênicas no fermentador sejam danificadas. De modo geral, é possível se aquecer o material em fermentação mais uniformemente e rapidamente, o que é um efeito positivo para o processo de estabilização. Para esta finalidade, pode ser preferível que o dispositivo de enchimento seja localizado entre as unidades de agitação. Desta forma, o substrato aquecido a ser fermentado é levado para o digestor de maneira especialmente efetiva e é rapidamente misturado com o material em fermentação, liberando sua temperatura muito rapidamente para a área circunvizinha. Isto provê também a possibilidade de pasteurização e esterilização do substrato a ser fermentado antes de ser levado para o digestor. Desta forma, pode ser rapidamente colonizado com bactérias metanogênicas depois de ser levado para o digestor, o que irá forçar a fermentação e, desta forma, aumentar o rendimento. Com este tipo de controle de temperatura não é necessário se prover o digestor com dispositivos de aquecimento ou trocadores de calor adicionais, evitando-se os danos mencionados acima. Além disto, com este tipo de controle de temperatura, também não é requerido se prover

circuitos elétricos no digestor, o que, de outra forma, poderia envolver o perigo de explosão e fogo.

Em adição, de acordo com uma das reivindicações prévias, a invenção provê um método para a produção de
5 biogás em um fermentador a partir de material orgânico bombeável com baixo teor de substâncias orgânicas secas (oTS). O método envolve as seguintes etapas:

- a) alimentar o material orgânico bombeável no fermentador através de uma entrada,
- 10 b) produção e manutenção de um ambiente anaeróbico, um valor de pH de pelo menos 7 e uma tp na faixa de mesofílica a termofílica,
- c) produção de um fluxo de material orgânico bombeável através do reator de leito fixo, bem como da
15 câmara de sedimentação do fermentador,
- d) recuperação na seção de reciclagem das frações mais leves específicas do material orgânico bombeável,
- e) se possível, realimentação do material recuperado para o fermentador,
- 20 f) coleta do gás gerado e extração do resíduo de fermentação fermentado continuamente e em bateladas.

Ao mesmo tempo, o valor de pH pode ser ajustado com os métodos usuais conhecidos do especialista.

Em particular pode ser disposto que o fluxo de
25 material através do reator de leito fixo seja produzido continuamente ou de maneira pulsante. Ambos os tipos podem apresentar vantagens e desvantagens, especialmente no que diz respeito ao substrato utilizado. Por exemplo, um fluxo pulsante do material pode ser vantajoso para prover um
30 tempo de contato mais longo entre o substrato a ser

fermentado e os microorganismos. Por meio de testes de rotina e sem a utilização da etapa inventiva, um especialista pode facilmente determinar as condições de fluxo adequadas (velocidade, intervalos dos pulsos, etc.,
5 especialmente no que diz respeito ao substrato utilizado).

De acordo com a invenção, foi também disposto que o material recuperado é pré-incubado com material fresco a ser fermentado antes do material fresco ser levado para o fermentador.

10 É especialmente preferido que, para o propósito de plena utilização, mais biomassa de fontes renováveis, especialmente culturas energéticas, seja alimentada ao material orgânico a ser fermentado, material orgânico este que apresenta baixas proporções de substância orgânica seca
15 (oTS).

Os resíduos de fermentação produzidos com o fermentador da invenção ou método, compreendem um teor alto de nutrientes mineralizados (N, P, K) e são bem adequados como fertilizantes. Em comparação com o substrato em
20 fermentação, os resíduos de fermentação usualmente apresentam baixa viscosidade, uma vez que cotem uma proporção mais baixa de matéria orgânica residual. Por esta razão, podem ser mais facilmente espalhados e utilizados para planta de produção que, por exemplo,
25 esterco líquido. Por causa da proporção reduzida de substâncias orgânicas, existe o perigo de que, após a descarga do resíduo de fermentação, ocorrerá uma consideravelmente baixa formação de gases estufa, tais como, dióxido de carbono (CO_2), gás metano (CH_4), e óxido
30 nitroso (N_2O). Além disto, sementes de plantas

possivelmente contidas no esterco líquido, especialmente sementes de grama e esporos de fungos são desativados pela fermentação. Conseqüentemente, após sua descarga não podem mais germinar. Uma vantagem adicional dos resíduos de fermentação produzidos desta forma é o fato de serem sanitizados se condições específicas de processo forem mantidas. Desta forma, sem tratamento químico ou térmico adicional, podem ser aplicados também em superfícies críticas, por exemplo, áreas de proteção de águas ou pastagens de gado de leite.

Além disto, o esterco líquido é altamente mineralizado, isto é, as plantas a serem fertilizadas se beneficiam muito mais dos nutrientes ali contidos. Entretanto, se esterco líquido não fermentado é utilizado para fertilização, é criado no solo um potencial incalculável de nutrientes organicamente fixados. Durante as fases de mineralização naturais, isto pode ter um impacto considerável nas águas subterrâneas se a vegetação não for capaz de absorver as fases nutrientes mineralizadas.

Em uma realização adicional do fermentador da invenção, foi disposto que o dito fermentador é conectado a jusante com um fermentador de biogás convencional (assim chamada "repotenciação") de forma tal que os resíduos de fermentação possam ser alimentados a partir do fermentador de biogás convencional por meio da entrada do material orgânico bombeável.

Subseqüentemente, esta realização é chamada de pós fermentador. O termo "fermentador de biogás convencional" envolve os fermentadores do estado da técnica mencionados

no início. Estes fermentadores de biogás são utilizados para fermentar fontes renováveis. Consistem basicamente de um grande tanque com agitação com um domo de armazenagem de gás ou um dispositivo de fluxo (cilindro horizontal). Eles realizam apenas uma fermentação incompleta das matérias primas e, ao mesmo tempo, apresentam uma perda contínua de microorganismos metanogênicos. Além disto, produzem resíduos de fermentação que são inadequadamente sanitizados (correntes de curto circuito, ver acima) e que emitem gases estufa (metano, óxido nitroso, CO₂, ver acima). Por esta razão, é extremamente vantajoso se alimentar os resíduos de fermentação de tal fermentador ao fermentador da invenção que, neste caso, funciona como um tipo de pós fermentador. Desta forma, um operador de um fermentador de biogás convencional pode efetivamente aumentar a eficiência e adequação ao meio ambiente desta planta com relativamente baixos investimentos.

Nesta realização especial, pode ser disposto que o biogás gerado no pós fermentador seja alimentado ao sistema de armazenagem de gás da planta principal.

Em uma realização especialmente preferida, foi disposto que a seção de reciclagem fosse projetada de tal forma que as frações mais leves específicas do material orgânico bombeável possam ser realimentadas ao fermentador de biogás a montante.

Isto envolve a possibilidade de recuperação e realimentação para o processo de fermentação da biomassa ativa que, juntamente com o material fermentado, foi alimentada por meio de equipamento do estado da técnica aos fermentadores e ali deixada não utilizada. Desta forma, o

rendimento pode ser consideravelmente aumentado. Além disto, pela realimentação da biomassa ativa ao digestor, o período de otimização da planta durante uma primeira operação é consideravelmente reduzido. Basicamente, uma
5 planta de biogás requer um certo tempo para a otimização. Isto é devido ao fato de antes de tudo uma flora estável de microorganismos deve ser estabelecida na planta. Por meio da possibilidade de se recuperar os microorganismos que ainda estão presentes no material fermentado extraído do
10 digestor, o período de estabelecimento de uma microflora estável e altamente eficiente é consideravelmente reduzido. Como resultado, o rendimento máximo é alcançado em um período de tempo consideravelmente mais curto.

A possibilidade de recuperação da biomassa ativa
15 envolve uma outra vantagem: O processo de fermentação é acelerado porque é possível se manter no digestor uma densidade consideravelmente mais alta de microorganismos ativos. Desta forma, a capacidade de fluxo do fermentador pode ser aumentada. Isto resulta no fato do fermentador da
20 invenção poder tolerar uma carga volumétrica consideravelmente mais alta.

Pode ser disposto também que o fermentador da invenção (alternativamente ou adicionalmente à realização previamente mencionada) seja conectado a jusante com um
25 reator de hidrólise de longo prazo (com preservação líquida dos substratos). O dito reator de hidrólise de longo prazo é conhecido sob o termo "LIGAVATOR" ou "BETAVATOR". Por exemplo, tal reator apresenta uma capacidade de 1500 m³. Embora o produto a ser fermentado seja armazenado em tal
30 reator, um processo de fermentação anaeróbico ocorre

(especialmente um processo de ensilagem, isto é, fermentação ácido láctico/ácido acético), o qual pode resultar em metabólitos de cadeia curta (especialmente lactato, isto é, de ácido láctico e acetato, isto é, de ácido acético), na redução do valor de pH e na formação de CO₂. Especialmente o ácido láctico e o ácido acético podem ser metabolizados de maneira excelente no fermentador da invenção. O CO₂ liberado pode ser também alimentado ao fermentador da invenção.

10 **Desenhos e Exemplos**

A presente invenção é explicada em mais detalhes por meio das figuras e exemplos a seguir. Deve ser levado em consideração que as figuras e exemplos são apenas de natureza descritiva. Não servem ao propósito de restringir a invenção seja de que forma for.

A Figura 1 mostra um exemplo longitudinal de uma realização de um fermentador da invenção (10) para o propósito de produção de biogás a partir de material orgânico bombeável. O fermentador contém uma entrada (11) para o material orgânico bombeável, um reator de leito fixo (12) para o material orgânico bombeável com pelo menos uma seção primária (ascendente) (12a) e uma seção secundária (descendente) (12b), bem como pelo menos uma saída (13) para os resíduos de fermentação em desenvolvimento.

Além disto, o fermentador compreende uma câmara de sedimentação (14) para o material orgânico bombeável a qual é localizada entre a seção primária e a seção secundária (12a, 12b) do reator de leito fixo. Compreende também uma seção de reciclagem (15) que é conectada com a câmara de sedimentação (14) e que é projetada de forma tal que as

frações mais leves específicas do material orgânico bombeável podem ser recuperadas e, se requerido, realimentadas na seção ascendente (primária) do reator de leito fixo.

- 5 O reator de leito fixo (12) consiste em um material que permite a formação de canais basicamente longitudinais (análogos aos tubos intestinais paralelos, isto é, trato intestinal).

Pela utilização de um reator de leito fixo com estas
10 características têm-se muitas vantagens. Por exemplo, um reator de leito fixo não requer sua própria unidade de agitação, que é utilizada nos fermentadores de tanque agitado, tendo em vista a possibilidade de se direcionar o fluxo do material no interior do reator. O fluxo
15 direcionado de material previne especialmente correntes de curto circuito que são inevitáveis nos fermentadores de tanque agitado e que afetam uma sanitização efetiva do material em fermentação, bem como uma fermentação ideal. O reator de leito fixo provido fornece também um substrato de
20 colonização para os microorganismos produtores de metano. Desta forma, contrário ao fermentador com tanque agitado, é possível se obter uma formação em camada de microbiocenose.

A seção de reciclagem (15) consiste em um elemento tubular vertical e é localizada entre a seção ascendente
25 (primária) (12a) e a seção descendente (secundária) (12b) do reator de leito fixo.

A seção de reciclagem (15) é conectada à câmara de sedimentação (14) por meio de uma borda de transbordo e é projetada de tal forma que as frações mais leves
30 específicas (19) de material orgânico bombeável podem ser

recuperadas e realimentadas através de uma saída (16) para a seção ascendente (primária) do reator de leito fixo. Por um lado, estas frações mais leves específicas envolvem frações orgânicas mais leves específicas, como, por exemplo, ácidos graxos voláteis. Nos fermentadores de tanque agitado convencionais estas frações formam uma camada flutuante e, desta forma, escapam do processo de fermentação. Incidentalmente alguns dos ácidos graxos voláteis facilmente se transformam na fase gasosa e são, desta forma, permanentemente excluídos do processo de fermentação.

As frações orgânicas mais leves específicas contêm também microorganismos (a assim chamada "biomassa ativa") que foram dissolvidos do substrato do reator de leito fixo e, sem uma seção de reciclagem, seriam descarregados com o resíduo da fermentação do fermentador. Isto envolve também uma perda contínua de micronutrientes que devem ser suplementados nos fermentadores convencionais com uma unidade de agitação. Isto, por sua vez, resulta em despesas adicionais e na introdução adicional de metal pesado. Conseqüentemente, nos fermentadores de biogás convencionais, a densidade de microorganismos produtores de biogás é continuamente reduzida o que resulta no fato destes fermentadores serem operados basicamente com uma densidade de microorganismos que é muito baixa para se obter um rendimento ideal em biogás. A seção de reciclagem da invenção permite que estes microorganismos sejam recuperados e realimentados no fermentador. Como resultado, o fermentador da invenção apresenta uma densidade consideravelmente mais alta de microorganismos

que o fermentador convencional e um suprimento consideravelmente aumentado de micronutrientes, os quais são circulados por meio da biomassa ativa. Incidentalmente, alguns dos ácidos graxos voláteis
5 facilmente se transformam na fase gasosa e são, desta forma, permanentemente excluídos do processo de fermentação.

As frações orgânicas mais leves específicas contêm também microorganismos (a assim chamada "biomassa ativa")
10 que foram dissolvidos do substrato do reator de leito fixo e, sem uma seção de reciclagem, seriam descarregados com o resíduo da fermentação do fermentador. Conseqüentemente, nos fermentadores de biogás convencionais, a densidade de microorganismos produtores de biogás é continuamente
15 reduzida o que resulta no fato destes fermentadores serem basicamente operados com uma densidade de microorganismos que é muito baixa para se obter um rendimento ideal de biogás. A seção de reciclagem da invenção permite que estes microorganismos sejam recuperados e realimentados ao
20 fermentador. Como resultado, o fermentador da invenção apresenta uma densidade de microorganismos consideravelmente mais alta que o fermentador convencional.

Adicionalmente, o fermentador compreende duas unidades de agitação relativamente pequenas (17a, 17b) na
25 região da entrada da câmara de sedimentação (14). Estas unidades de agitação são ativadas a intervalos regulares e, se requerido, evitam que partículas sólidas se sedimentem. Em comparação com as unidades de agitação conhecidas dos fermentadores de tanque agitado convencionais, as unidades

de agitação mostradas apresentam dimensões consideravelmente menores e menor consumo de energia.

Além disto, o fermentador contém uma bomba (18) para bombear o material em fermentação através do reator de leito fixo. Em comparação com as unidades de agitação conhecidas dos fermentadores de tanque agitado convencionais, também esta bomba apresenta um consumo de energia consideravelmente mais baixo. Pode envolver também particularmente uma bomba de pistão duplo. Adicionalmente, a Figura 1 mostra um dispositivo de dispensa de gás (20) para a extração do biogás gerado.

As setas sólidas mostram a direção através do fermentador do fluxo de material. As setas tracejadas mostram a direção do biogás gerado.

A Figura 1 mostra claramente que o fermentador da invenção requer consideravelmente menos área superficial que um fermentador de tanque agitado convencional, que requer uma área superficial muito grande tendo em vista a grande capacidade do digestor. Em uma realização preferida, o fermentador da invenção apresenta uma área de base de meramente 29 m² e pode, assim, ser integrado facilmente em locais disponíveis nas fazendas.

A Figura 2 mostra duas seções transversais do fermentador da invenção ao longo das linhas A-A' (Fig. 2A) ou B-B' (Fig. 2B). Uma vista superior da Figura 2a mostra a seção ascendente (primária) (22a) e a seção descendente (secundária) (22b) do reator de leito fixo, bem como a seção de reciclagem (15). A Figura 2b mostra uma vista superior da borda de transbordo com a borda superior da seção de reciclagem. A Figura 3a mostra um exemplo de um

tubo plástico (31) que é preferivelmente utilizado como material para o reator de corpo sólido porque permite a formação de canais basicamente longitudinais. Este tubo apresenta uma superfície aumentada em sua superfície externa, bem como em sua superfície interna e provê uma superfície grande para a colonização microbiana. O tubo plástico envolve um tubo que apresenta características similares às dos tubos de drenagem flexíveis conhecidos utilizados em construções subterrâneas com um diâmetro entre 50 e 400 mm. É especialmente preferido se utilizar este tipo de tubo de drenagem porque é leve e custo efetivo. Preferivelmente são feitas disposições em que muitos de tais tubos sejam suspensos no fermentador, desta forma, formando o reator de leito fixo. Para este propósito pode ser disposto que o fermentador compreenda em sua região superior e em sua região inferior um respectivo dispositivo de suspensão de maneira a suspender os tubos plásticos mencionados.

Outros materiais para formar o reator de leito fixo compreendem, por exemplo, tubos verticais ou corpos ocos em forma de colméia consistindo em material de cerâmica, argila, barro, metal, madeira ou plásticos, ou hastes verticais, cordas ou fios.

A Figura 3 mostra um exemplo de um dispositivo de retenção (33) para estes tubos plásticos, dispositivo este que é fixado às extremidades superior e inferior do reator de leito fixo, respectivamente, e que fixa a melhor distância possível dos tubos entre si e não restringe as passagens dos tubos, pelo contrário previne tais restrições. O dispositivo de retenção consiste em seções

de tubos de aço inoxidável ("luvas") que são dispostas em uma superficial e que são soldadas ou de alguma outra forma conectadas entre si com suportes em ângulo. As extremidades dos tubos plásticos se ajustam perfeitamente
5 no dispositivo de retenção.

A Figura 4 mostra uma vista explodida de uma parte (40) do fermentador da invenção, consistindo em duas metades de cilindro (41a) e (41b). A Figura 4 mostra uma vista superior da seção ascendente (primária) (42) do
10 reator de leito fixo. A seção descendente na Figura 4 é coberta pela parede do segmento (41b) e, desta forma, não está visível. Os segmentos são aparafusados juntos no local por meio de suportes de montagem (43). Idealmente um dos segmentos (aqui (41^a)) inclui já a seção de reciclagem
15 (45), o que facilita também a produção e instalação e, desta forma, reduz custos.

A Figura 5 mostra também uma vista explodida de uma parte (50) de um fermentador da invenção. Em contraste com o fermentador mostrado na Figura 4, este fermentador
20 consiste em 4 segmentos (51a - 51d). Conseqüentemente, a seção ascendente (primária) do reator de leito fixo consiste em 2 segmentos (52a) e (52b). A seção descendente na Figura 5 está coberta pela parede dos segmentos (51c) e (51d) e, por esta razão, não está visível. A Figura 5
25 mostra também a seção de reciclagem (55).

A Figura 6 mostra também uma parte (60) de um fermentador da invenção em um corte em seção com os padrões de fluxo do material em fermentação. O material em fermentação é transferido da seção ascendente (primária)
30 (62) do reator de leito fixo para a câmara de sedimentação

(64). Ali, as frações mais leves específicas (69) se sedimentam no topo e são transferidas para a seção de reciclagem (65) por meio de uma borda de transbordo. Entretanto, as frações mais pesadas específicas (por exemplo, biomassa morta não gasosa) são transferidas para a
5 seção descendente (secundária) (não mostrada) do reator de leito fixo.

A Figura 7 mostra realizações diferentes complementares do fermentador da invenção. Por exemplo, a
10 Figura 7a mostra um trocador de calor (74) que é localizado na região da saída (73). O material orgânico fresco a ser fermentado pode ser aquecido por meio deste trocador de calor. Para este propósito, o trocador de calor é conectado à saída (71).

15 Isto facilita consideravelmente as condições mesofílicas ou termofílicas no fermentador. Ao mesmo tempo, reduz o consumo de energia requerida. Em um caso ideal, o calor de reação intrínseco que se desenvolve durante o processo de fermentação é suficiente para ajustar
20 as condições mencionadas acima. Conseqüentemente, nenhum fornecimento adicional de calor externo é necessário.

A Figura 7b mostra uma seção de reciclagem (75) adicional que é localizada por trás da seção descendente (secundária) do reator de leito fixo (72). Desta forma, a
25 recuperação dos ditos substratos e microorganismos é ainda mais aumentada.

A Figura 8 mostra um sistema de armazenagem de gás hidrostático (80), consistindo em um contêiner (81) com um fundo intermediário (82). A parte de fundo do contêiner é
30 preenchida com fluido tampão (83). O sistema de

armazenagem de gás é conectado a um dispositivo de dispensa de gás (84) de um fermentador que não é mostrado. Durante o processo de fluxo na parte inferior do contêiner, o gás alimentado desloca o líquido (em particular água) com gravidade (e, desta forma, contra a formação de pressão hidrostática ou coluna de água). A água sobe através de um tubo de ascensão (85) para a parte superior do contêiner. Se, por exemplo, o sistema de armazenagem de gás é construído de maneira tal que, quando do deslocamento do líquido disponível no sistema, o influxo de gás forma uma coluna de água máxima de 2000 mm, isto corresponde a uma pressão hidrostática de 200 mbar. Ao mesmo tempo, a pressão do gás armazenado é mantida a um nível correspondendo à pressão hidrostática e pode ser suprida para o motor a gás do BHKW sem a utilização de seu próprio compressor de gás. Para este propósito é essencial que os microorganismos geradores de biogás sejam capazes de continuar a produzir biogás mesmo em gradientes de pressão fortes. Conseqüentemente, a síntese de biogás não é afetada pelo gradiente de pressão acumulado descrito de 200 mbar, que poderia continuar em frente para o fermentador.

A Figura 9 mostra uma realização adicional de um fermentador da invenção (90) que corresponde n maioria dos aspectos à realização mostrada na Figura 1. Entretanto, em contraste com a realização mostrada na Figura 1, a câmara de sedimentação (95) é conectada à seção de reciclagem (94) por meio de orifícios (96) ou dispositivos de varredura, e não por meio de uma borda de transbordo.

A Figura 10 mostra uma realização adicional de um fermentador da invenção (100) que corresponde também na

maioria dos aspectos à realização mostrada na Figura 1. Entretanto, em contraste com a realização mostrada na Figura 1, a câmara de sedimentação (105) é localizada externamente, sendo conectada à seção de reciclagem (104).

- 5 A quantidade de fluxo de recirculação pode ser regulada por meio de uma válvula (106). Neste desenho, é fácil se separar a câmara de sedimentação do fermentador para propósitos de manutenção.

A Figura 11 mostra uma realização adicional do fermentador da invenção incluindo a entrada (111), um reator de leito fixo (112) para o material orgânico bombeável com uma seção primária (ascendente) (112a) e uma seção secundária (descendente) (112b), que são separadas estruturalmente uma da outra (os assim chamados fermentadores parciais), bem como uma saída (113). De maneira a se economizar despesas, as seções (112a) e (112b) podem ser feitas a partir de um tanque de gás liquefeito utilizado ou tanque de gás que foi cortado através do centro. Na peça de cabeça do fermentador parcial, uma câmara de sedimentação (115) foi provida por meio da qual as frações mais leves específicas recuperadas do material bombeável são realimentadas ao fermentador de biogás (116) a montante. O material é transportado por meio de pressão de gás que é especialmente gerado na seção ascendente do fermentador.

A Figura 11 mostra também um fermentador de biogás convencional (116) opcionalmente provido que está conectado a jusante com o fermentador da invenção (110) e que funciona na direção do fermentador da invenção como um pós fermentador (assim chamada "repotenciação") de tal forma

que os resíduos da fermentação podem ser alimentados através da entrada.

Em uma realização adicional do fermentador da invenção foi disposto que o dito fermentador seja conectado a jusante com um fermentador de biogás convencional (assim chamada "repotenciação") de tal forma que os resíduos da fermentação possam ser alimentados a partir do fermentador de biogás convencional através da entrada para o material orgânico bombeável.

Basicamente, o fermentador de biogás (116) consiste em um grande tanque agitado com um domo de armazenagem de gás. Este realiza apenas uma fermentação incompleta da matéria prima (isto é, a maior parte do potencial remanescente do resíduo da fermentação) e, ao mesmo tempo, apresenta uma perda contínua de microorganismos metanogênicos. Além disto, produz resíduos de fermentação que são inadequadamente sanitizados e mineralizados (fermentados) (correntes de curto circuito, ver acima) e que, acima de tudo, emitem gases estufa (metano, óxido nitroso, CO_2 , ver acima). Desta forma, é extremamente vantajoso se alimentar os resíduos de fermentação de tal fermentador (116) no fermentador da invenção (112). Desta forma, um operador de um fermentador de biogás convencional pode aumentar efetivamente a eficiência e adequação ao meio ambiente de sua planta com investimentos relativamente baixos.

No processo, o biogás produzido no fermentador (112) é fornecido para um sistema de armazenagem de gás do fermentador de biogás (116). Em uma realização especialmente preferida foi disposto que a câmara de

sedimentação (115) seja projetada de tal forma que as frações mais leves específicas recuperadas do material orgânico bombeável possam ser realimentadas ao fermentador de biogás (116) a montante.

REIVINDICAÇÕES

1. Fermentador para a geração de biogás a partir de material orgânico bombeável com baixo teor de matéria
5 orgânica seca (oTS), **caracterizado** pelo fato de compreender:

- a) Pelo menos uma entrada para o material orgânico bombeável,
- b) Pelo menos um reator de leito fixo para o material
10 orgânico bombeável com pelo menos uma seção primária e uma seção secundária, bem como,
- c) Pelo menos uma saída para o resíduo de fermentação restante.

2. Fermentador de acordo com a reivindicação 1,
15 **caracterizado** pelo fato de compreender:

- a) Pelo menos uma seção de reciclagem para o material bombeável, seção esta que é localizada entre a seção primária e a seção secundária do reator de leito fixo, bem como,
- b) Pelo menos uma câmara de sedimentação que é
20 conectada à seção de reciclagem e que é projetada de tal forma que frações específicas mais leves do material orgânico bombeável podem ser recuperadas e, se requerido, podem ser realimentadas à seção
25 ascendente (primária) do reator de leito fixo.

3. Fermentador de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato da seção primária do reator de leito fixo ser uma seção ascendente e a segunda seção do reator de leito fixo ser uma seção descendente.

4. Fermentador de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato do reator de leito fixo consistir em um material que provê uma superfície de colonização para microrganismos.

5 5. Fermentador de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato do reator de leito fixo consistir em um material que permite a formação de canais longitudinais.

6. Fermentador de acordo com qualquer uma das
10 reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato da câmara de sedimentação consistir em um elemento substancialmente tubular vertical passível de compreender várias seções.

7. Fermentador de acordo com qualquer uma das
15 reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato da câmara de sedimentação ser localizada entre a seção ascendente (primária) e a seção descendente (secundária) do reator de leito fixo.

8. Fermentador de acordo com qualquer uma das
20 reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de uma câmara de sedimentação adicional ser localizada a jusante da seção descendente (secundária) do reator de leito fixo.

9. Fermentador de acordo com qualquer uma das
25 reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de apresentar a forma externa de um cilindro vertical.

10. Fermentador de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de consistir em vários segmentos passíveis de serem produzidos em uma indústria e serem montados no local do fermentador.

11. Fermentador de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de apresentar um dispositivo de coleta de gás que é localizado pelo menos parcialmente acima do reator de leito fixo e/ou
5 do dispositivo de recuperação.

12. Fermentador de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de compreender um sistema de armazenagem de gás hidrostático.

13. Fermentador de acordo com qualquer uma das
10 reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato do dispositivo de coleta de gás compreender um domo cônico ou frusto-cônico, parabolóide ou hemisférico.

14. Fermentador de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de um
15 trocador de calor ser disposto na região da saída do fermentador, e pelo fato de por meio do dito trocador de calor o material orgânico fresco a ser fermentado pode ser pré-aquecido.

15. Fermentador de acordo com qualquer uma das
20 reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de compreender um dispositivo de controle de temperatura para o material orgânico a ser fermentado que é ajustado de forma tal que a temperatura do material em fermentação, que é colocado no digestor através da entrada, pode ser
25 ajustada apenas pelo aquecimento do material orgânico a ser fermentado.

16. Método para a geração de biogás a partir de material orgânico bombeável com baixo teor de substância orgânica seca (oTS) no fermentador conforme definido em

qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de compreender as seguintes etapas:

- a) inserir o material orgânico bombeável através de uma entrada do fermentador,
- 5 b) produzir e manter um meio anaeróbico, um valor do pH de pelo menos 7 e uma temperatura na faixa mesofílica a termofílica,
- c) produzir um fluxo de material orgânico bombeável através do reator de leito fixo, bem como da câmara
10 de sedimentação do fermentador,
- d) recuperar na seção de reciclagem as frações mais leves específicas do material orgânico bombeável,
- e) se possível, realimentar o material recuperado para o fermentador,
- 15 f) coletar o gás gerado e extrair o resíduo de fermentação fermentado continuamente em bateladas.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato do material recuperado ser pré-incubado com material fresco a ser fermentado antes do
20 material fresco ser colocado no fermentador.

18. Método de acordo com as reivindicações 16 ou 17, **caracterizado** pelo fato de para o propósito de utilização completa, mais biomassa, por exemplo, de fontes renováveis, especialmente de cultivos energéticos, ser suprida ao
25 material orgânico a ser fermentado.

19. Método de acordo com as reivindicações 16 - 18, **caracterizado** pelo fato das condições de processo serem ajustadas de tal forma que a formação de ácido propiônico é reduzida ou que a redução do ácido propiônico seja
30 promovida.

20. Fermentador de acordo as reivindicações 1 - 15, **caracterizado** pelo fato de ser conectado a jusante com um fermentador de biogás convencional de tal forma que os resíduos da fermentação podem ser alimentados do fermentador de biogás convencional por meio da entrada para o material orgânico bombeável.

21. Fermentador de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato da câmara de sedimentação ser projetada de tal forma que as frações mais leves específicas recuperadas de material orgânico bombeável podem ser realimentadas no fermentador de biogás a montante.

22. Fermentador de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de ser conectado a jusante a um reator de hidrólise de longo prazo.

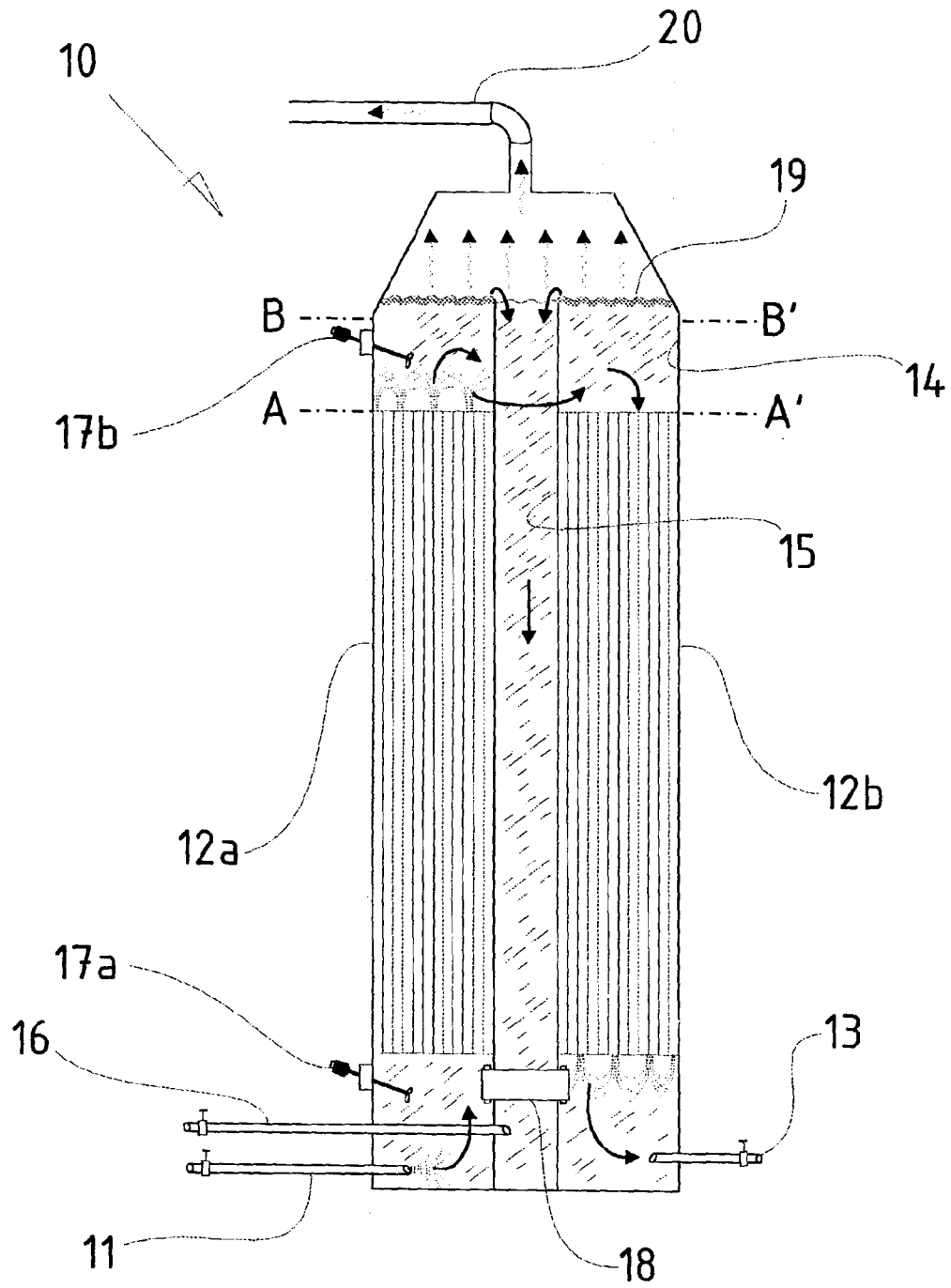


Fig. 1

2/11

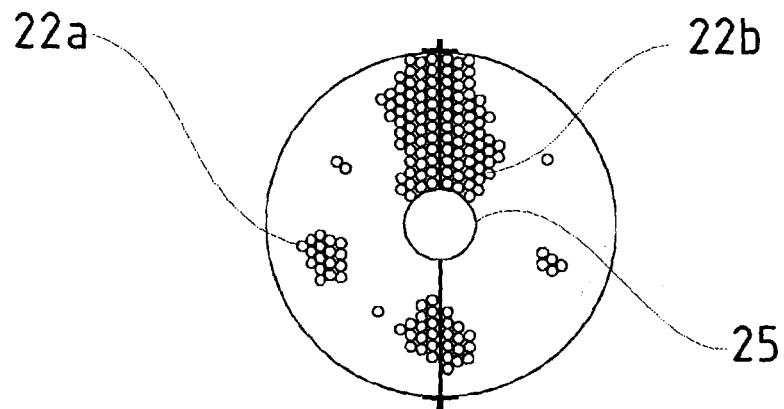


Fig. 2A

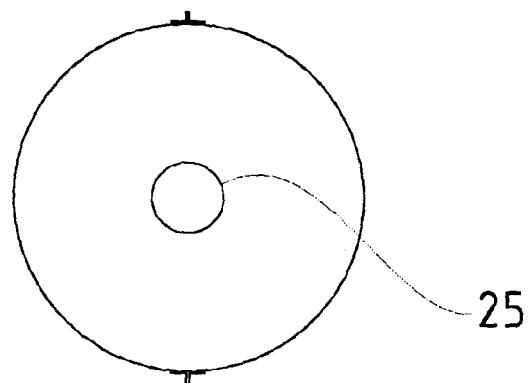


Fig. 2B

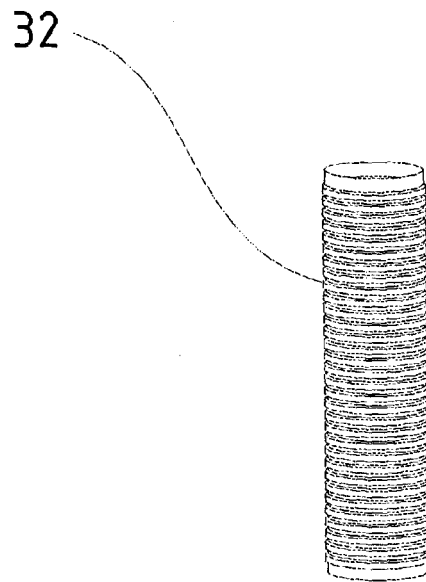


Fig. 3A

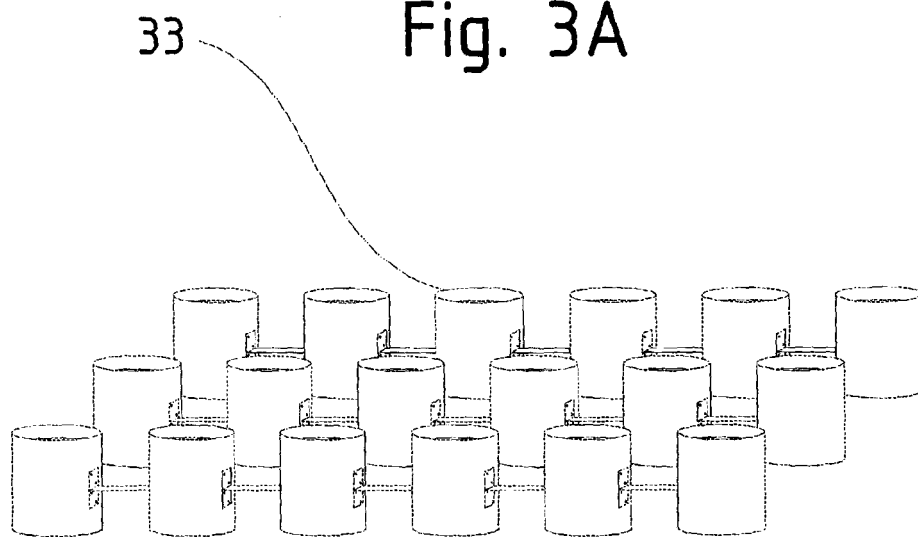


Fig. 3B

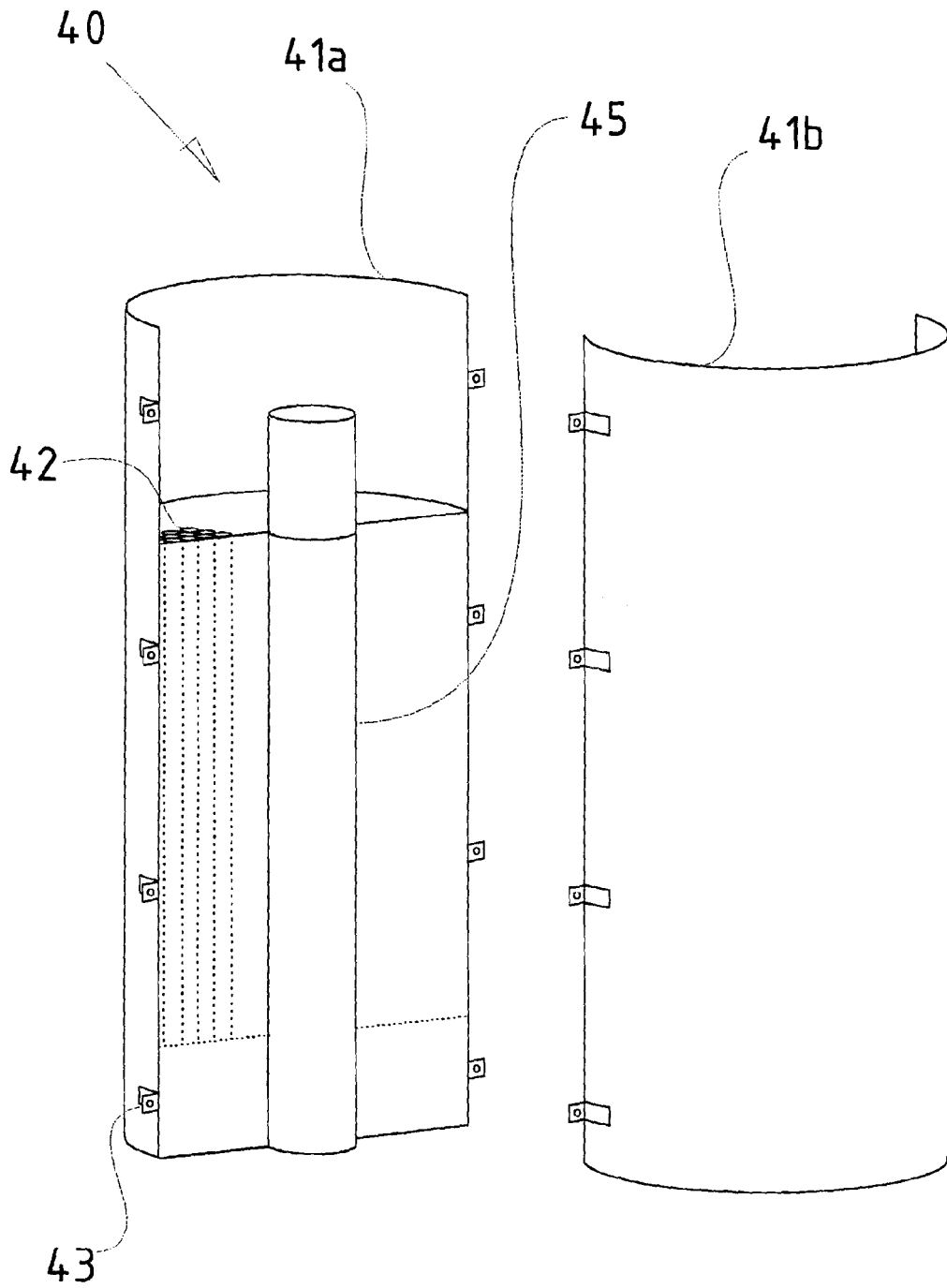


Fig. 4

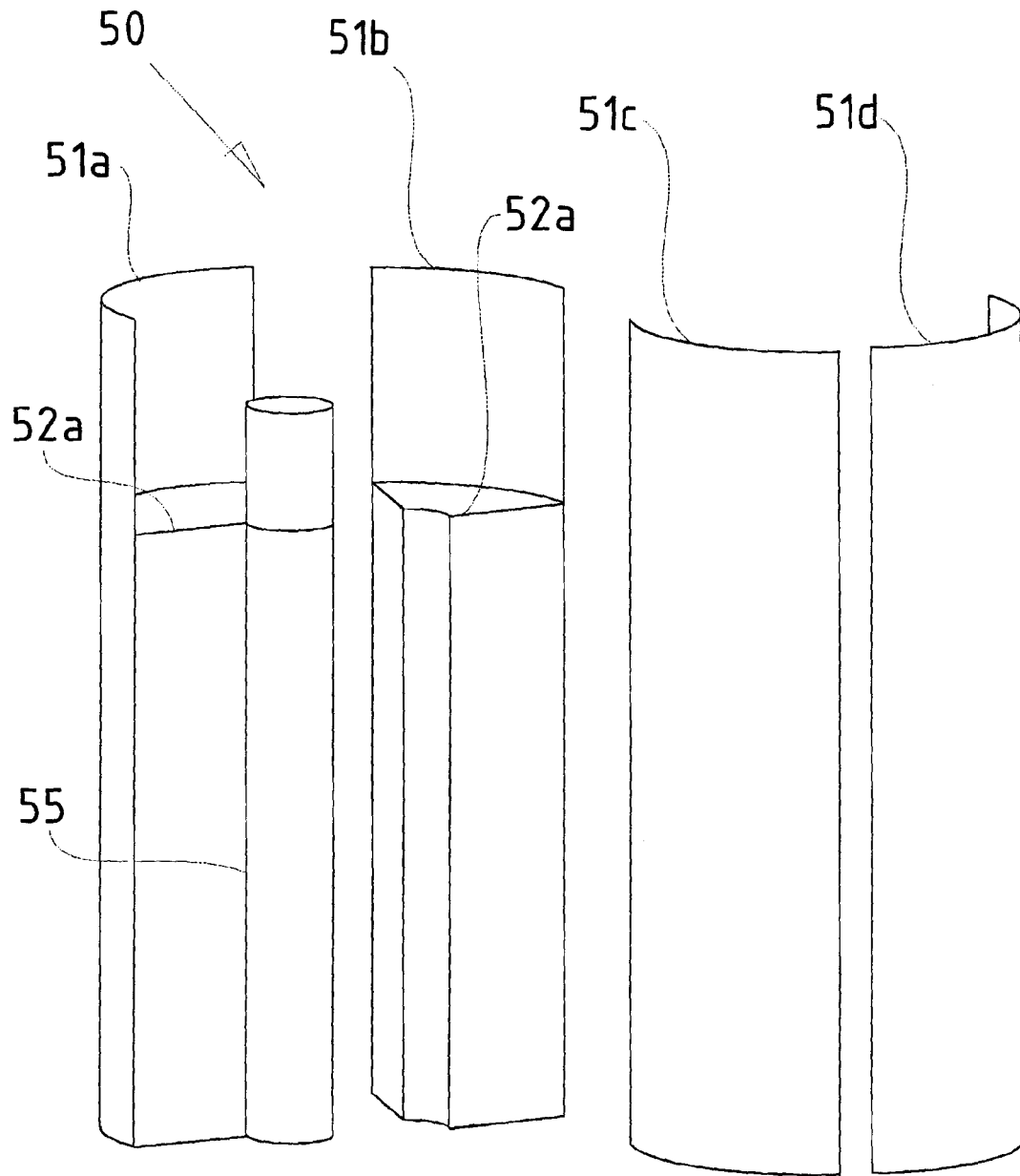


Fig. 5

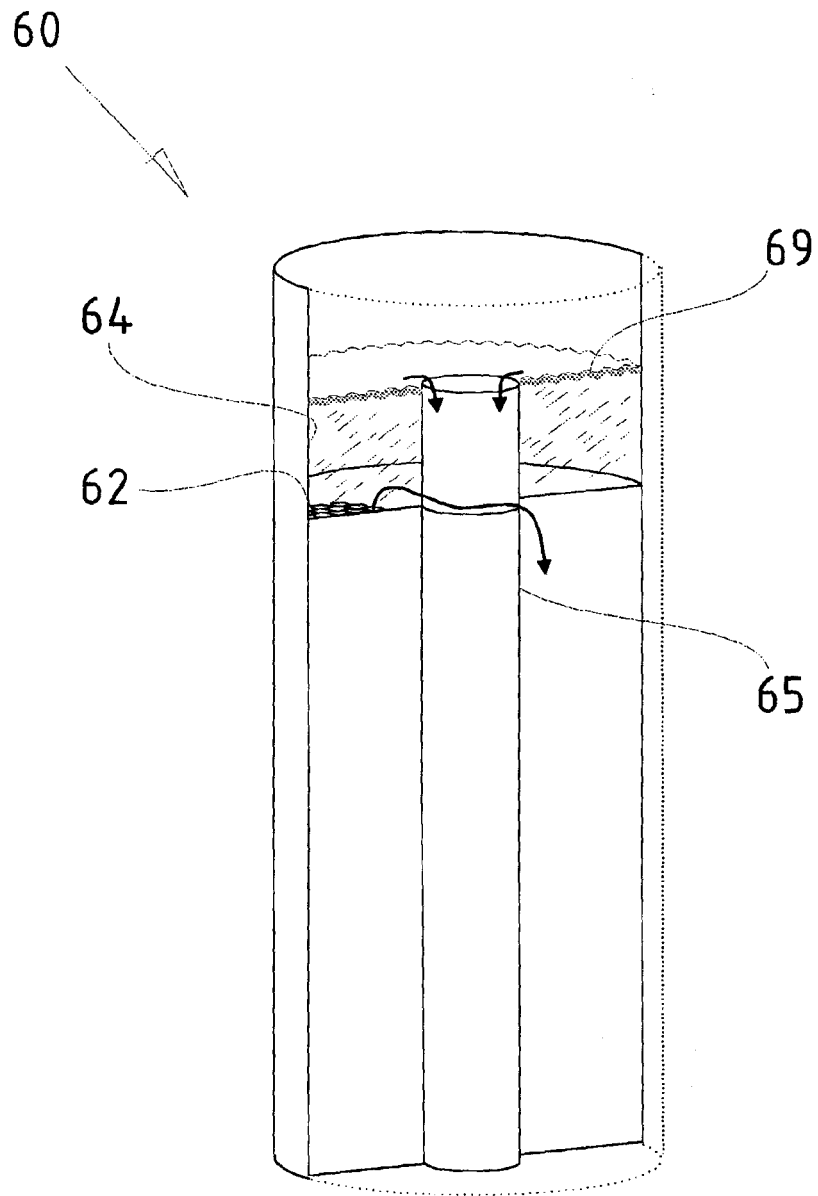


Fig. 6

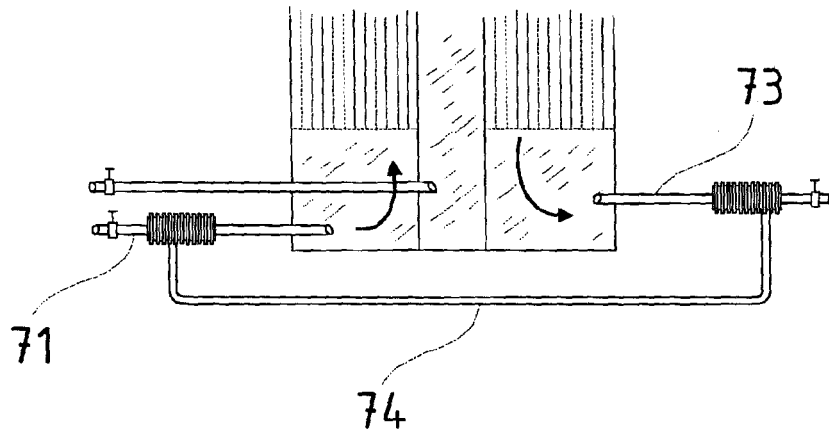


Fig. 7a

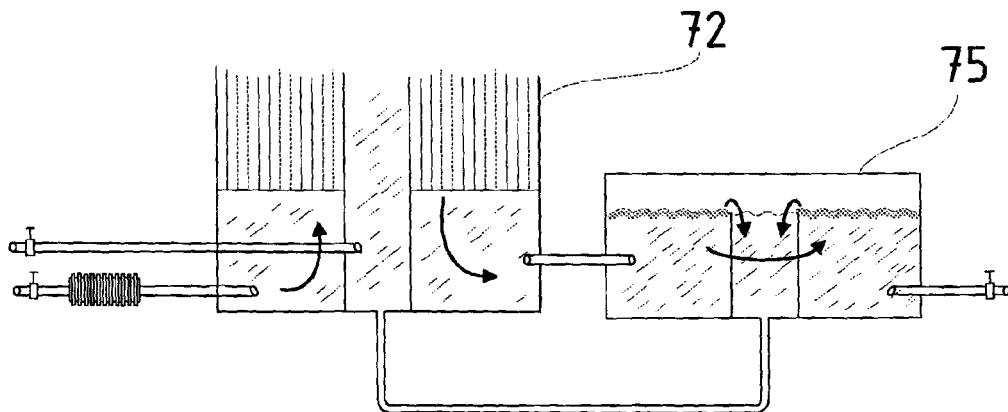


Fig. 7b

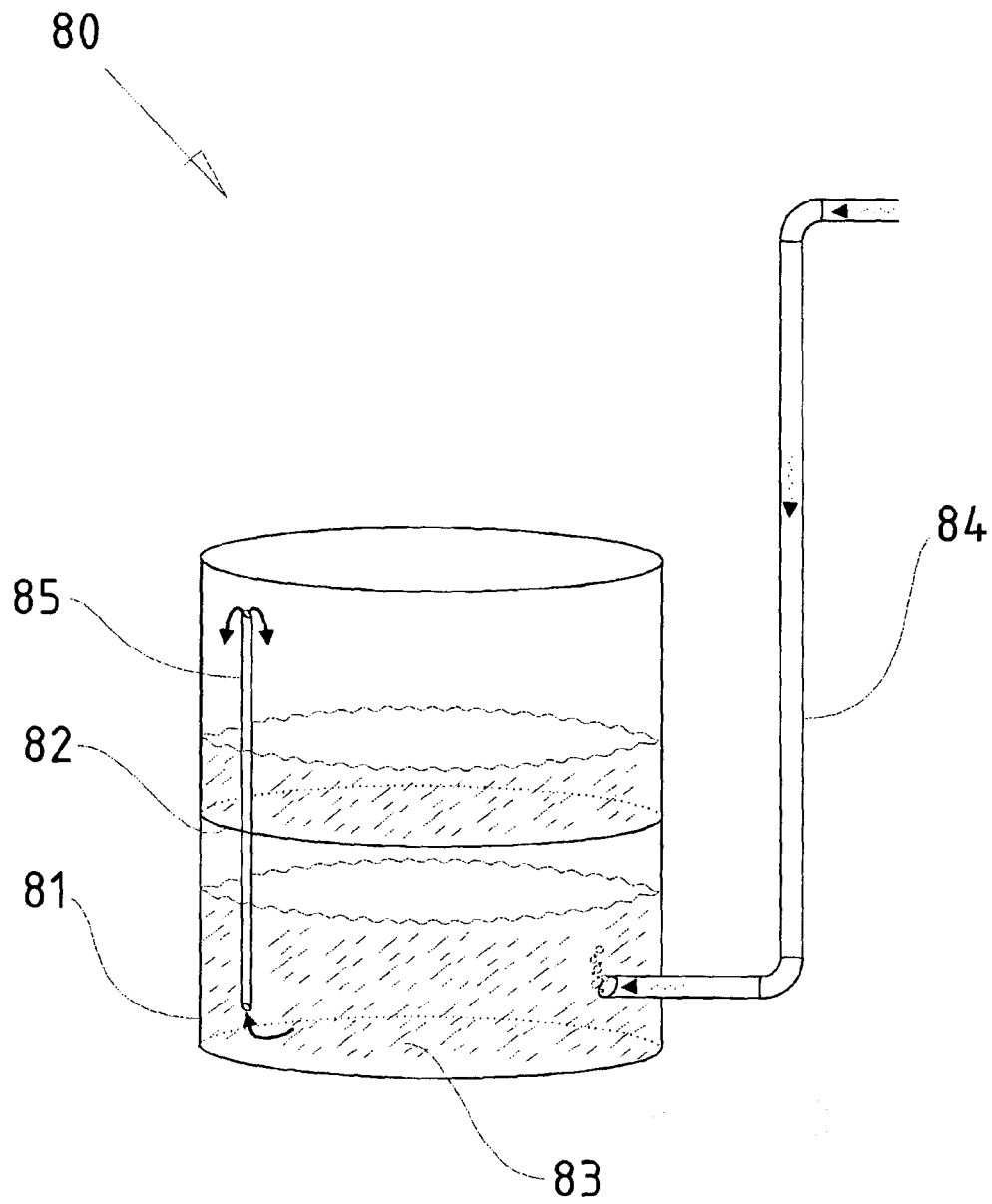


Fig. 8

9/11

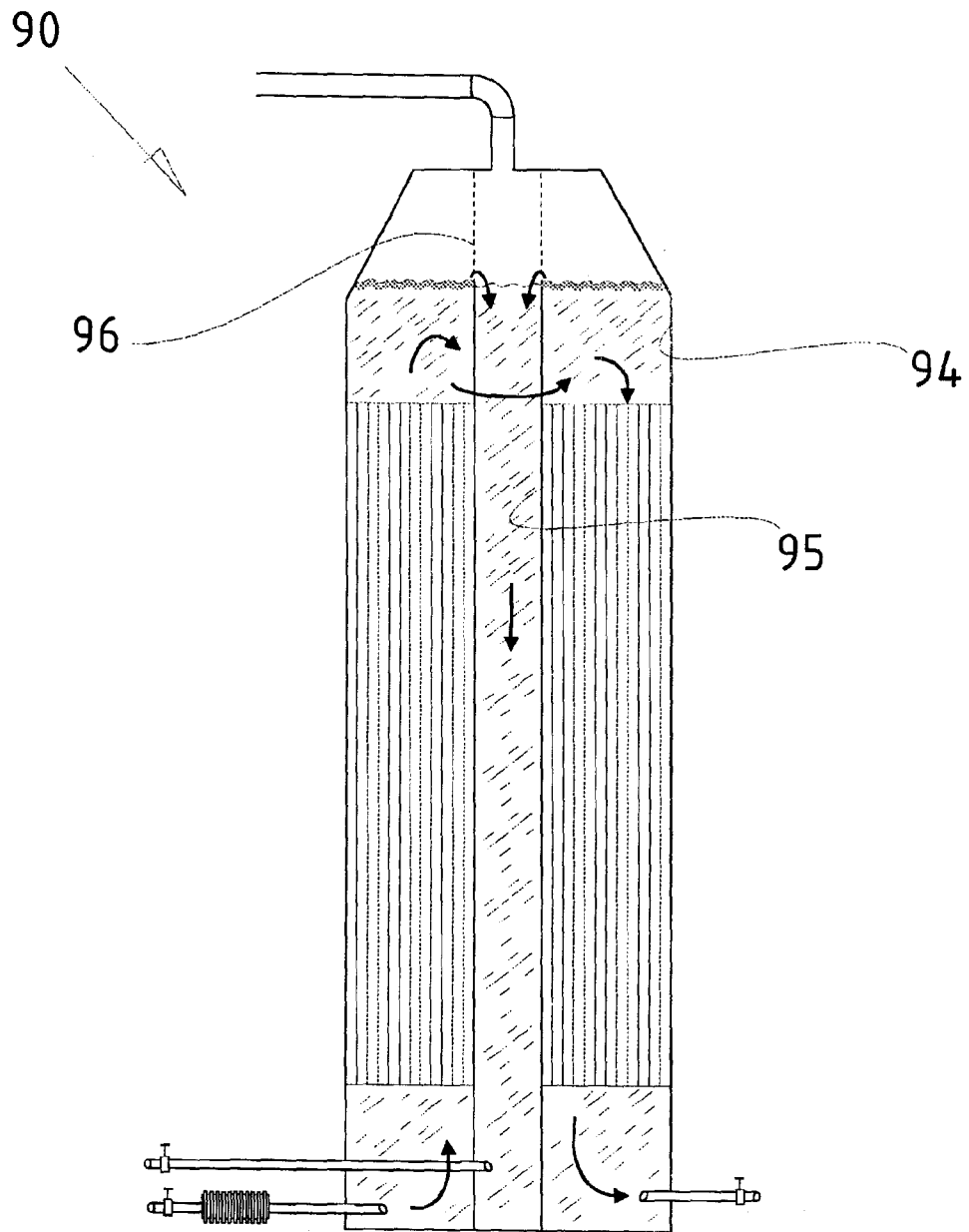


Fig. 9

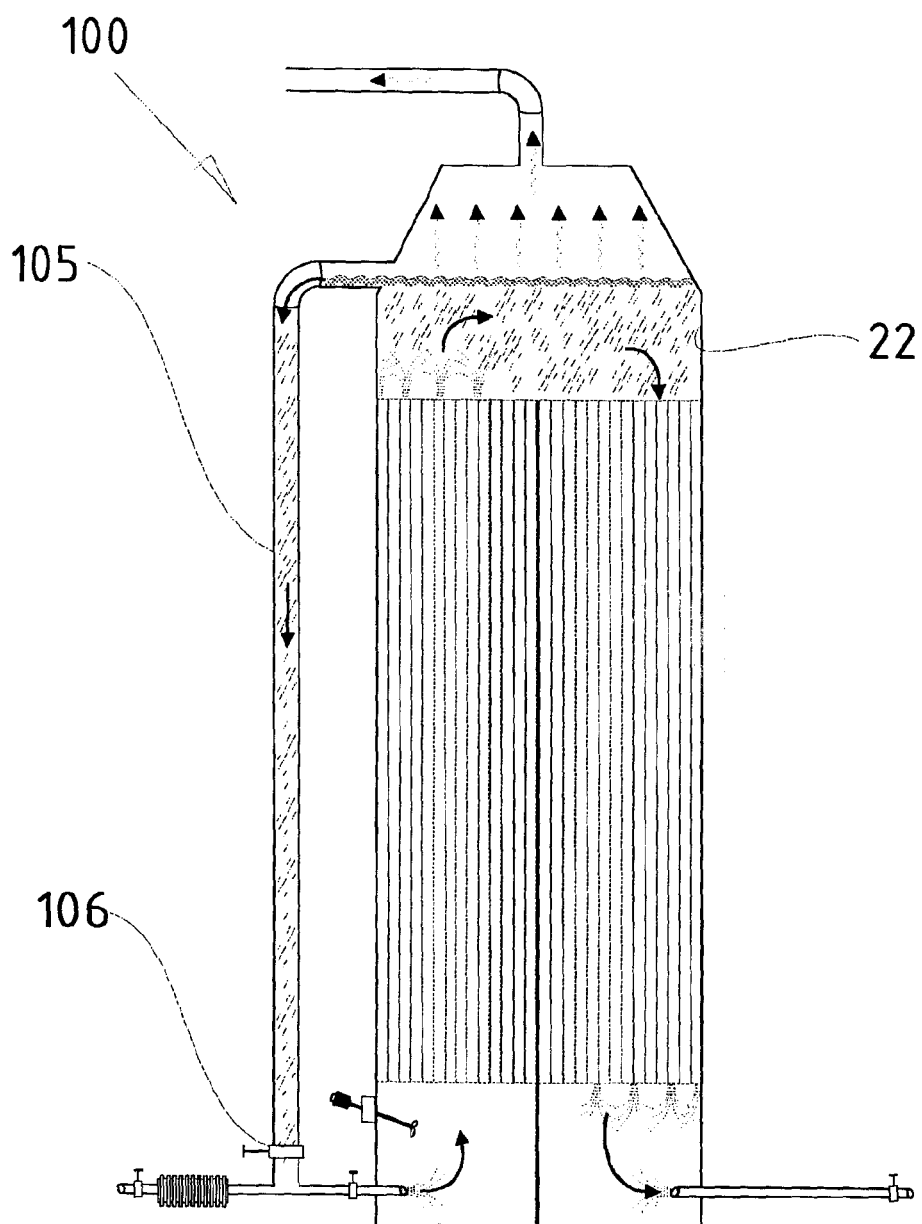


Fig. 10

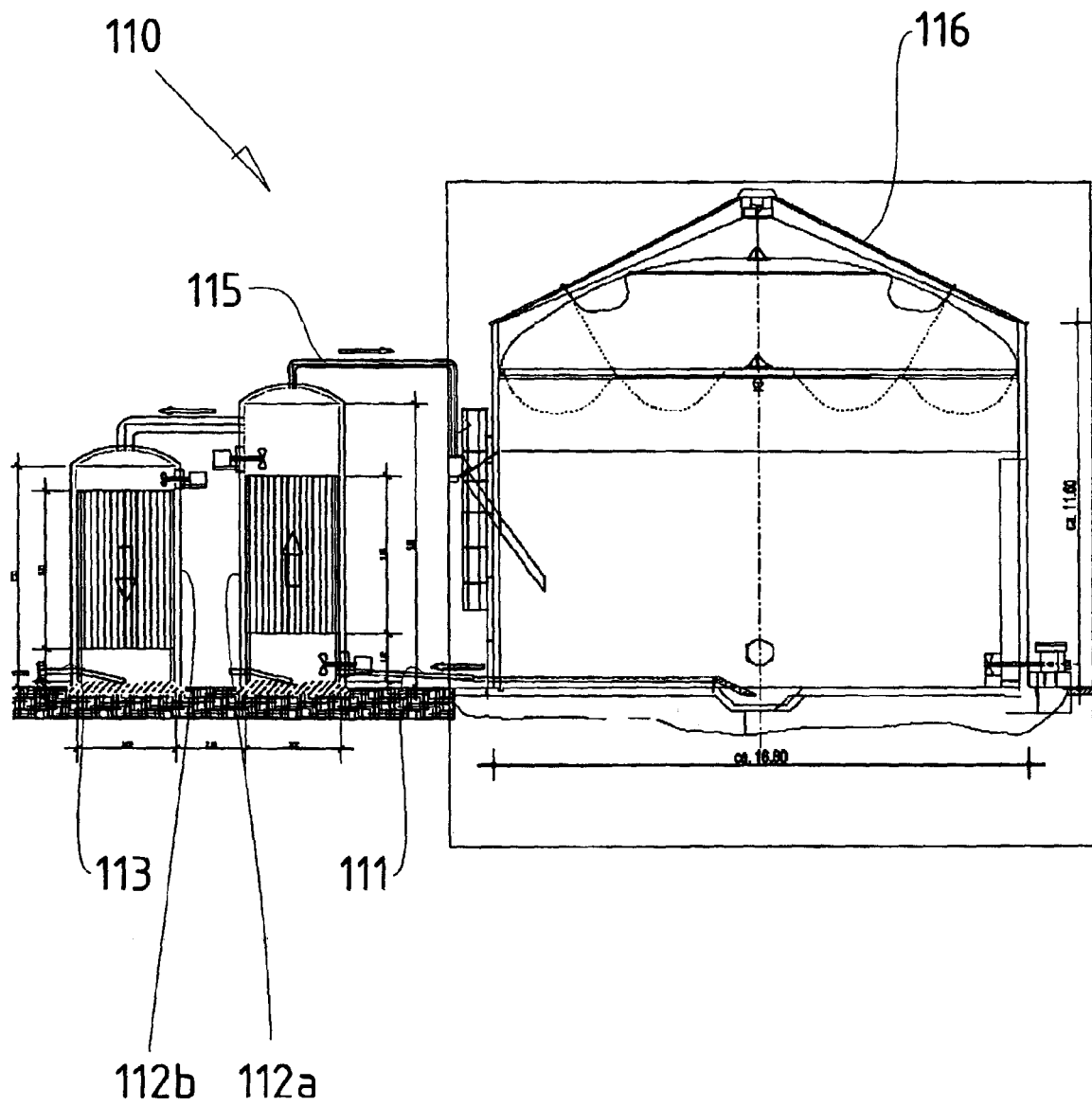


Fig. 11