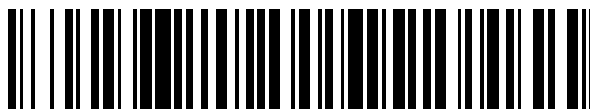


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 250**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

C12M 3/00 (2006.01)

C12M 1/09 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.11.2014** **PCT/DE2014/100389**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2015** **WO15067241**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2014** **E 14814739 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017** **EP 3066186**

54 Título: **Fotobiorreactor y planta de fotobiorreactores**

30 Prioridad:

08.11.2013 DE 102013112291

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

01.02.2018

73 Titular/es:

PHYTOLUTIONS GMBH (100.0%)
Campus Ring 1
28759 Bremen, DE

72 Inventor/es:

THOMSEN, CLAUDIA

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 652 250 T3

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

DESCRIPCIÓN

Fotobiorreactor y planta de fotobiorreactores

5 La invención se refiere a un fotobiorreactor para cultivar algas que presenta al menos dos cámaras de cultivo, que están conectadas entre sí a través de una primera conexión. Por lo demás, la invención se refiere a una planta de fotobiorreactores.

10 Las algas autotróficas y los procariotas se cultivan en denominados fotobiorreactores y también se producen en grandes cantidades. Habitualmente, el cultivo, además de mediante autotrofia, también puede tener lugar mediante mixotrofia y/o heterotrofia.

15 Básicamente, en el caso de los fotobiorreactores se diferencia entre sistemas de tubos rígidos, por ejemplo, de vidrio, policarbonato o plexiglás, así como sistemas de láminas flexibles, tales como, por ejemplo, de polietileno u otros materiales de lámina.

A menudo, los sistemas de láminas se utilizan verticalmente como bolsas, por toda la superficie como bolsas de múltiples cámaras delgadas o también de manera rígida como denominados biorreactores de panel plano.

20 Parámetros de producción importantes para el diseño de fotobiorreactores y para el usuario son una superficie activa, fotosintética lo más grande posible del fotobiorreactor, preferiblemente en relación con una trayectoria de la luz reducida, de modo que pueda garantizarse una alta productividad relativa así como absoluta. Requisitos adicionales de un fotobiorreactor radican en su escalabilidad a una escala industrial grande, en la relación precio-rendimiento, la capacidad de uso universal y la capacidad de carga mecánica.

25 Los fotobiorreactores se utilizan en sitios de producción en el campo y en denominadas granjas de algas en medios acuáticos naturales. En el caso de las granjas de algas se conocen por ejemplo superficies de 60 km² para la producción de macroalgas.

30 En el caso de la utilización de un fotobiorreactor en medios acuáticos naturales (río, lago, mar) aparecen factores de influencia adicionales. El viento y los movimientos de las corrientes y de las olas pueden tener un efecto negativo, cuando, por ejemplo, el material del fotobiorreactor no resiste la carga mecánica. Siempre que cada fotobiorreactor no esté colocado individualmente, los fotobiorreactores suspendidos, por ejemplo, en paralelo se llevan unos hacia otros por la corriente, y de ese modo se dan sombra mutuamente. Además, las floraciones de algas naturales, en particular, los denominados céspedes de algas sobre el mar, tienen un efecto negativo, dado que estos pueden conducir igualmente a un sombreado de fotobiorreactores.

35 Por el documento AU 2009205386 B2 se conoce un fotobiorreactor, que para reducir el problema de la aglomeración dentro de las cámaras de cultivo está dividido en varios subcompartimentos y en el que la posición del fotobiorreactor en el agua se ajusta a través de diferencias de densidad entre el medio de cultivo y el agua circundante.

40 En el documento WO 2009/094196 A2 se da a conocer un fotobiorreactor para cultivar algas, que está diseñado con capacidad de inmersión mediante medios de flotabilidad.

45 Además, en el documento DE 10 2007 000 815 A1 se dan a conocer biorreactores al aire libre con fuentes de radiación artificiales, utilizándose como fuentes de radiación uno o varios del grupo que contiene piezas moldeadas equipadas con LED, conductores de luz, piezas moldeadas luminiscentes, que están dispuestos en el interior del reactor.

50 En el estado de la técnica resulta desventajoso que varios fotobiorreactores colocados en paralelo puedan inclinarse bajo la influencia del movimiento de las corrientes y de las olas, en particular, horizontalmente y también verticalmente, de modo que se acercan unos a otros y se dan sombra mutuamente, de modo que se reduce la productividad.

55 En particular, en el caso de un movimiento intenso de las corrientes y de las olas, existe además el peligro de que el material del fotobiorreactor falle, en particular, que los sistemas de láminas se rasguen. De este modo pueden abrirse las cámaras de cultivo y liberarse las algas al agua circundante o, en el caso de un desgarrar en el sistema de sujeción, puede perderse todo el fotobiorreactor en el mar.

60 El objetivo de la invención es mejorar el estado de la técnica.

65 El objetivo se alcanza mediante un fotobiorreactor para cultivar algas, que presenta al menos dos cámaras de cultivo que están conectadas entre sí mediante una primera conexión, presentando la primera conexión un sitio de rotura controlada, que se abre en el caso de una corriente límite, de modo que un medio de circulación, en particular, agua de mar, fluye a través del sitio de rotura controlada abierto y por consiguiente se reduce una resistencia a la

corriente del fotobiorreactor.

De este modo, la forma de la cámara de cultivo del fotobiorreactor se adapta a las condiciones de corrientes y de olas de la región de utilización. En el caso de una corriente demasiado intensa, el sitio de rotura controlada se abre, de modo que puede fluir agua a través del sitio de rotura controlada y alrededor de la cámara de cultivo, con lo que se reduce la resistencia a la corriente y resistencia a las olas del fotobiorreactor. Además, las cámaras de cultivo pueden orientarse de ese modo de manera más flexible correspondientemente a la corriente. Por consiguiente se evita que el fotobiorreactor se destruya debido a una corriente demasiado intensa, por ejemplo, que en el caso de un reactor de láminas se rasgue la lámina, o se desgarre del sistema de sujeción debido a una carga de corriente demasiado intensa.

En consecuencia, mediante esta solución puede implementarse una mayor productividad y estabilidad del fotobiorreactor.

Una idea esencial de la invención se basa en que, a diferencia del estado de la técnica, las cámaras de cultivo de un fotobiorreactor no están unidas de manera firmemente resistente, sino que la conexión presenta un sitio de rotura controlada, que se abre en el caso de una corriente con fuerzas de cizallamiento intensas, de modo que el agua puede fluir a través del sitio de rotura controlada abierto y alrededor de las cámaras de cultivo. Por consiguiente, se reducen las fuerzas de cizallamiento sobre el fotobiorreactor.

A continuación se explicará la siguiente terminología:

En el caso de un “fotobiorreactor” se trata en particular de un biorreactor para cultivar y producir microorganismos y/o macroorganismos, en particular, algas, fuera de su entorno natural y dentro de uno técnico artificial. El fotobiorreactor presenta, en particular, cámaras de cultivo en las que los organismos se cultivan separados del entorno. Un fotobiorreactor sirve en particular para cultivar organismos fototróficos, que aprovechan la luz natural y/o artificial para su propia obtención de energía. En un fotobiorreactor se cultivan en particular organismos, que aprovechan el proceso de la fotosíntesis para formar su propia biomasa a partir de luz y CO₂. Por consiguiente, un fotobiorreactor sirve en particular para proporcionar de manera controlada un hábitat que ofrezca para el o los organismos relevantes las condiciones de vida óptimas en la medida de lo posible. Un fotobiorreactor posibilita en particular tasas de crecimiento y de producción así como purezas de los organismos claramente mayores que lo que podría conseguirse en medios acuáticos naturales.

Por “cultivar” se entiende en particular el establecimiento y el mantenimiento de condiciones que garantizan un crecimiento de determinados organismos. Con el “cultivo” está asociada en particular también la proliferación de organismos.

Las “algas” son en particular organismos vegetales, eucariotas, que viven en el agua, que realizan fotosíntesis y/o protistas, es decir, eucariotas de monocelulares a de pocas células, tales como algas verdes y rojas, que pueden vivir de manera autotrófica, pero también heterotrófica, mixotrófica, aerobia o anaerobia. Además, por algas se entienden en particular también las cianobacterias (también denominadas algas azules), que como bacterias pertenecen a los procariotas. Las cianobacterias realizan en particular fotosíntesis oxigénica o anoxigénica, de modo que parcialmente no tiene lugar ninguna fijación de CO₂ en la biomasa. Por algas se entiende en particular también el plancton activo por asimilación, vegetal, que aparece de manera natural en el mar. Las algas pueden adoptar en particular un tamaño de < 0,2 µm (femtoplankton), < 2 µm (picoplankton) a > 2 mm (macroplankton) y procariotas en particular un tamaño de desde 0,2 µm hasta 700 µm.

Una “conexión” designa en particular una cohesión mecánica entre dos cámaras de cultivo. A este respecto, se trata en particular de una conexión firme y/o una conexión que limita la capacidad de movimiento entre las dos cámaras de cultivo. La conexión es en particular por adherencia de materiales. Por ejemplo, en el caso de un reactor de láminas sin fin, las conexiones de las cámaras de cultivo se han formado mediante soldadura y el material de lámina conecta las dos cámaras de cultivo entre los sitios de soldadura.

Por un “sitio de rotura controlada” se entiende en particular un elemento de construcción previsto de manera seleccionada, que, en el caso de un daño y/o de una sobrecarga, falla de manera seleccionada y predecible. En particular, un sitio de rotura controlada se abre en el caso de una corriente límite externa del agua, de modo que el agua fluye a través del sitio de rotura controlada abierto y alrededor de las cámaras de cultivo. Por consiguiente, el sitio de rotura controlada tiene en particular el objetivo de posibilitar una corriente a través del fotobiorreactor y reducir la resistencia a la corriente del fotobiorreactor en el caso de una fuerza de cizallamiento alta de la corriente. A pesar del sitio de rotura controlada abierto, sigue existiendo en particular la conexión entre las cámaras de cultivo.

Por un “medio de circulación” se entiende en particular el aire que se mueve y/o el agua que se mueve, que incide sobre el fotobiorreactor con una velocidad de corriente. En particular, en el caso del medio de circulación puede tratarse de agua de mar, sin embargo, también es posible que el fotobiorreactor esté dispuesto sobre bastidores por encima del nivel del mar, para garantizar una irradiación intensa. En este caso, el medio de circulación es en particular aire.

Por "corriente límite" se entiende en particular la corriente de un medio de circulación que ejerce una fuerza de cizallamiento sobre el fotobiorreactor tal que el fotobiorreactor se deforma y/o se desvía de su posición vertical y/u horizontal en el medio acuático que el fotobiorreactor ha adoptado antes de la aparición de la corriente límite. La corriente límite puede encontrarse en particular en la transición de una corriente laminar a una turbulenta. Sin embargo, la corriente límite también puede producirse en particular entre otras condiciones de corriente, dado que los movimientos de las corrientes y de las olas, así como el viento, pueden interactuar, de modo que pueden existir localmente diferentes circunstancias de carga en el fotobiorreactor. Además existe en particular también una dependencia de la superficie del fotobiorreactor.

Una "resistencia a la corriente" es en particular un resultado de la fuerza que ejerce la corriente sobre el fotobiorreactor. Sobre la superficie del fotobiorreactor alrededor del que se produce una circulación, la corriente ejerce un esfuerzo cortante y una presión localmente diferentes. La fuerza resultante puede determinarse mediante la integración de la presión y los esfuerzos cortantes por toda la superficie. A este respecto, la fuerza de resistencia es la componente de fuerza que existe en la dirección del sentido de incidencia.

En una forma de realización adicional del fotobiorreactor, el sitio de rotura controlada está delimitado por una estructura de delimitación, en particular, una costura de delimitación reforzada, en una extensión de rotura controlada.

Debido a la estructura de delimitación, el sitio de rotura controlada puede abrirse como máximo solo tanto como esté previsto constructivamente. Por lo demás, mediante la estructura de delimitación se garantiza que el sitio de rotura controlada, en el caso de cargas de corriente altas, no se abra adicionalmente o incluso se rasgue. Esto puede garantizarse en particular mediante una estructura de delimitación reforzada.

Por consiguiente, puede utilizarse, por ejemplo, una costura de delimitación reforzada, pudiendo tratarse de una costura de soldadura y/o también de una costura cosida, que puede reforzarse de manera seleccionada mediante el número de soldaduras y/o de costuras y adaptarse a la carga de las corrientes y de las olas de la región de utilización.

Además, a través de la estructura de delimitación y su grosor se establece cuánto pueden deformarse las cámaras de cultivo al incidir una corriente límite.

Una "estructura de delimitación" es en particular una estructura, que está diseñada de tal manera que la extensión del sitio de rotura controlada está delimitada al inicio y/o al final del sitio de rotura controlada y en particular no se posibilita más allá de la extensión prevista constructivamente una apertura del sitio de rotura controlada. La estructura de delimitación es en particular una estructura reforzada en el material del fotobiorreactor, para delimitar la extensión de rotura controlada. La estructura de delimitación es en particular una costura de delimitación reforzada, por ejemplo, una costura de soldadura reforzada y/o una costura convencional.

Por "extensión de rotura controlada" se entiende en particular la extensión prevista constructivamente del sitio de rotura controlada como dimensión máxima.

Para garantizar una apertura fiable del sitio de rotura controlada, el sitio de rotura controlada del fotobiorreactor es una costura de rotura controlada.

Mediante la nueva costura de soldadura desarrollada es posible que costuras de soldadura que discurren por ejemplo verticalmente se abran en el caso de una carga demasiado alta a lo largo de una costura de rotura controlada, pudiendo configurarse la costura de rotura controlada en particular mediante la perforación del material de lámina entre las costuras de soldadura que delimitan las cámaras de cultivo. De este modo, el fotobiorreactor, en el caso de superar una determinada corriente o una fuerza de cizallamiento generada por el movimiento de las olas, se abre a lo largo de la perforación y permite una corriente a través de las láminas por el intersticio generado entre las dos cámaras de cultivo. La reducción provocada de ese modo de la superficie de ataque conduce a una descarga significativa del fotobiorreactor.

En cuanto la corriente disminuye de nuevo, se reduce el intersticio entre las dos cámaras de cultivo y el fotobiorreactor puede adoptar de nuevo su forma original.

Mediante el sitio de rotura controlada, las cámaras de cultivo pueden deformarse en particular en la dirección horizontal y/o vertical. Mediante la variación de la forma de las cámaras de cultivo puede variarse de manera correspondiente también su flotabilidad.

Por una "costura de rotura controlada" se entiende en particular una costura prevista constructivamente, que en el caso de una acción de una corriente límite conduce a que se abra el sitio de rotura controlada. Una costura de rotura controlada es en particular una perforación entre las costuras de soldadura de delimitación de dos cámaras de cultivo y/o una costura convencional, conduciendo los orificios producidos mediante la realización de la costura a la

apertura del sitio de rotura controlada.

En una realización adicional del fotobiorreactor, el sitio de rotura controlada es un cierre reutilizable, en particular, un velcro.

5 Mediante el número y la posición de los ganchitos en el cierre reutilizable puede tener lugar de manera seleccionada una adaptación a la corriente límite, en la que debe producirse una apertura del sitio de rotura controlada, así como a la región de utilización del fotobiorreactor.

10 Ventajosamente, las ganchitos flexibles del cierre reutilizable pueden volver a conectarse en el caso de una aproximación como consecuencia de no alcanzar la corriente límite. También puede volver a cerrarse el cierre reutilizable manualmente mediante presión, pudiendo tener lugar esto directamente en la región de utilización o en el caso de la extracción del fotobiorreactor fuera del agua por ejemplo con motivos de mantenimiento o en el caso de variar la región de utilización.

15 Un "cierre reutilizable" es en particular un cierre que puede abrirse de manera reversible y por consiguiente volver a cerrarse. En particular, el cierre reutilizable se abre automáticamente en el caso de existir una determinada corriente límite y se cierra de nuevo en el caso de no alcanzar la corriente límite. En el caso del cierre reutilizable puede tratarse en particular de un velcro que presenta en particular predominantemente un medio de cierre textil que puede desprenderse con la frecuencia deseada, basándose en el principio de los abrojos. Un velcro consta en particular de
20 dos tiras de fibras químicas seleccionadas, de las que una presenta ganchitos flexibles y la otra, bucles. En particular, en el estado comprimido se obtiene como resultado un cierre rápido con capacidad de carga pero reversible. Las tiras de velcro tejidas pueden consistir en particular en fibras de poliamida, de poliéster y de poliolefina y/o poliaramidas. El velcro está en particular soldado y/o cosido y/o encolado al material del
25 fotobiorreactor.

Para garantizar una corriente alrededor y una deformación de las cámaras de cultivo del fotobiorreactor y no poner en peligro en general la estabilidad del fotobiorreactor, el sitio de rotura controlada presenta una extensión de rotura controlada máxima de desde el 5% hasta el 95% de una dimensión exterior vertical y/u horizontal y/u oblicua del
30 fotobiorreactor.

Por lo demás, de este modo se garantiza que queda suficiente espacio en el material del fotobiorreactor para disponer unidades de suministro y de evacuación y/o unidades de sujeción y/o sistemas de anclaje y/o sistemas de lastre en el fotobiorreactor.

35 Dado que el fotobiorreactor puede utilizarse en un entorno dinámico, en particular, con movimientos de olas elevados, por una dimensión vertical y/u horizontal y/u oblicua del fotobiorreactor debe entenderse la orientación en relación con la superficie promedio del agua.

40 En una forma de realización adicional del fotobiorreactor, el fotobiorreactor presenta cámaras de cultivo adicionales, que están dispuestas en cada caso con una conexión adicional a una cámara de cultivo adyacente.

Partiendo de un tubo flexible de láminas sin fin de habitualmente 1,0 m a 10,0 m de envergadura, mediante la colocación seleccionada de costuras de soldadura puede producirse un fotobiorreactor con varias cámaras de
45 cultivo, estando dispuestas las cámaras de cultivo en cada caso con una conexión adicional a una cámara de cultivo adyacente.

Para un cultivo óptimo y una carga óptima del fotobiorreactor, las costuras de soldadura de delimitación de las cámaras de cultivo tienen en particular una distancia de desde 5 cm hasta 50 cm, preferiblemente de desde 10 cm hasta 20 cm.

50 En el caso de alturas de desde 0,5 m hasta 2,0 m pueden producirse de este modo fotobiorreactores con longitudes de en particular 10 m, pero también de hasta 5.000 m.

55 Mediante la disposición de varias cámaras de cultivo puede crearse una superficie activa, fotosintética, lo más grande posible para la producción. Por consiguiente, la producción también puede aumentarse a escala hasta la escala industrial grande y conseguirse una relación precio/rendimiento favorable.

60 Para que en el caso de un fotobiorreactor con más de dos cámaras de cultivo dispuestas se posibilite una apertura de las conexiones adicionales, las conexiones adicionales presentan sitios de rotura controlada adicionales.

En particular en el caso de un fotobiorreactor con un gran número de cámaras de cultivo y por consiguiente una resistencia a la corriente correspondiente, son ventajosos sitios de rotura controlada en las conexiones adicionales, para posibilitar una apertura y una corriente a través de los sitios de rotura controlada adicionales. De este modo se reduce la carga de corriente igualmente en fotobiorreactores de gran superficie. Por consiguiente, también se garantiza una deformabilidad de fotobiorreactores muy largos y/o de gran superficie.

En una forma de realización adicional del fotobiorreactor, uno de los sitios de rotura controlada o varios sitios de rotura controlada está/están diseñados en vertical y/u horizontal y/u oblicuo, en particular, en paralelo entre sí.

- 5 Mediante esta orientación de los sitios de rotura controlada puede retirarse la carga de corriente uniformemente del fotobiorreactor, abriéndose simultáneamente los sitios de rotura controlada.

10 En particular resulta ventajoso que los sitios de rotura controlada estén diseñados en vertical y/o en horizontal y/o en oblicuo, pero a la misma distancia en paralelo entre sí, dado que con ello se reduce uniformemente la carga del fotobiorreactor.

Además, en el caso de una gasificación simultánea del fotobiorreactor es preferible entonces una orientación vertical de las cámaras de cultivo y de los sitios de rotura controlada en particular cuando debido a la especie de alga y/o al medio de cultivo u otras magnitudes de influencia debe contarse con una sedimentación o un enriquecimiento selectivo de las algas y/o del medio de cultivo en las cámaras de cultivo. Mediante la orientación vertical y las burbujas de gas ascendentes se evita una sedimentación y se promueve un mezclado homogéneo. Esto resulta ventajoso, en particular, cuando en el medio acuático no hay condiciones o sólo condiciones reducidas que promueven el mezclado, tales como un movimiento de las olas y una corriente intensos.

20 Tal como ya se ha expuesto anteriormente, la orientación vertical y/u horizontal y/u oblicua de los sitios de rotura controlada se refiere a la superficie promedio del agua.

Para posibilitar una fotosíntesis de las algas, las cámaras de cultivo presentan un material translúcido, en particular, un material de lámina de polietileno.

25 A este respecto, la luz natural y/o artificial puede dejarse pasar a través del material translúcido de manera completa y/o de manera selectiva sólo determinados porcentajes de luz.

30 En regiones de utilización con una intensidad luminosa fuerte puede ser en particular una ventaja usar un material translúcido, que debilite al mismo tiempo la intensidad luminosa natural, para evitar un estrés para las algas.

Igualmente, el material translúcido puede presentar adicionalmente una función de aislamiento térmico, para evitar un calentamiento y/o enfriamiento demasiado intenso en las cámaras de cultivo.

35 Por "material de lámina" se entiende en particular una lámina de plástico, que representa una hoja muy delgada (por ejemplo < 1 mm) de plástico. El material de lámina se fabrica en particular en una banda sin fin, se suelda previamente, así como se colocan los sitios de rotura controlada, y a continuación se enrolla. Según la longitud deseada del fotobiorreactor, la banda sin fin prefabricada se corta y se sueldan ambos lados de corte, de modo que el fotobiorreactor puede utilizarse posteriormente sellado con respecto al medio acuático. Como material de lámina translúcido se utiliza en particular polietileno, pero pueden utilizarse también otros materiales de lámina con propiedades translúcidas, tal como por ejemplo poliamida, PVC o etileno-tetrafluoroetileno.

45 En una forma de realización adicional del fotobiorreactor, las cámaras de cultivo presentan agua de mar como medio de cultivo y/o al menos una válvula de varias vías para el intercambio de gas con el medio circundante, en particular, aire o agua de mar, y/o un tubo flexible de suministro, que está diseñado de tal manera que se suministran nutrientes, en particular, gases y/o agua enriquecida a las cámaras de cultivo.

50 Dado que las cámaras de cultivo presentan agua de mar como medio de cultivo, puede usarse directamente el agua de mar circundante como medio de cultivo y no tiene que producirse de manera artificial y costosa un medio de cultivo.

Una válvula de varias vías para el intercambio de gas con el medio circundante es por un lado ventajoso, dado que el fotobiorreactor se gasifica habitualmente con CO₂ y/o aire, para aumentar la producción y para distribuir los nutrientes y las algas homogéneamente en el reactor. Los gases en exceso salen del fotobiorreactor a través de la válvula de varias vías.

60 Por otro lado, la válvula de varias vías también puede servir para regular la posición del fotobiorreactor en la columna de agua vertical, dado que a través de la misma puede ajustarse el contenido de gas y por consiguiente la flotabilidad del fotobiorreactor. En particular, en el caso de un oleaje fuerte y una corriente muy intensa, resulta ventajoso reducir la flotabilidad del fotobiorreactor a través de la válvula de varias vías, de modo que el fotobiorreactor se hunda por debajo de la superficie del mar y adopte una posición más profunda en la columna de agua vertical.

65 Este ajuste de la flotabilidad resulta en particular ventajoso, cuando debido a una carga de corriente muy alta y/o un oleaje fuerte, la apertura de los sitios de rotura controlada ya no es suficiente para evitar un daño del fotobiorreactor.

Además, mediante el ajuste de la flotabilidad a través de la válvula de varias vías puede situarse el fotobiorreactor en la columna de agua vertical de tal manera que existen condiciones de crecimiento óptimas, en particular, relaciones de luz óptimas.

5 Un "tubo flexible de suministro", que suministra nutrientes, en particular, gases y/o agua enriquecida, a las cámaras de cultivo, sirve para una producción óptima de las algas. En particular resulta ventajoso que el tubo flexible de suministro esté dispuesto en el fondo del fotobiorreactor, dado que las burbujas de gas generadas a modo de finas perlas durante la gasificación se absorben en el medio y adicionalmente ascienden hasta la parte superior del fotobiorreactor para generar una flotabilidad necesaria. En este caso, las cámaras de cultivo y las conexiones están
10 orientadas en vertical con respecto a la superficie promedio del agua. En particular, el tubo flexible de suministro también puede ajustarse en profundidad y/o altura. El tubo flexible de suministro puede estar configurado en particular también como tubo flexible de recogida.

También es posible, reducir la flotabilidad del fotobiorreactor mediante la reducción o la desconexión del suministro de gas a través del tubo flexible de suministro y de ese modo hundirlo por debajo de la superficie del mar.
15

Un "medio de cultivo" (también denominado "medio nutritivo") sirve en particular para el suministro y el cultivo de organismos, en particular, algas. Como medio de cultivo se utiliza en particular una solución nutritiva líquida, que se compone preferiblemente de agua, en particular, agua de mar, al menos una fuente de energía aprovechable, tal como compuestos orgánicos o que contienen azufre, los nutrientes necesarios (fuentes de carbono, nitrógeno, azufre y/o fosfato orgánicas y/o inorgánicas, así como otros nutrientes esenciales) y elementos traza.
20

Para orientar el fotobiorreactor en el agua, el fotobiorreactor presenta un elemento de lastre y/o un elemento de anclaje, con lo que se le puede conferir al fotobiorreactor una dirección de orientación.
25

Mediante un elemento de lastre y/o un elemento de anclaje puede tener lugar en particular una orientación del fotobiorreactor en contra de la flotabilidad que actúa, de modo que el fotobiorreactor puede mantenerse flotando, hundirse más hacia el fondo del mar y/o sujetarse en el fondo del mar.

30 Esto resulta ventajoso en particular, cuando las costuras de rotura controlada ya no son suficientes en el caso de una corriente muy intensa y/o ya no es posible una reducción de la flotabilidad a través de la válvula de varias vías y la gasificación, pero el fotobiorreactor debe llevarse debido a la carga más profundo a la proximidad del fondo del mar.

35 Un hundimiento en la dirección del fondo del mar también puede resultar ventajoso en el caso de una producción heterótrofa, que no necesita luz, y/o de una producción mixotrófica.

Por lo demás, en el caso del aumento de la producción con una gasificación aumentada puede compensarse la flotabilidad generada de este modo mediante un elemento de lastre y/o de anclaje y mantenerse el fotobiorreactor flotando.
40

Un "elemento de lastre" es en particular un elemento, que presenta una densidad, que es más pesado que el medio de cultivo y/o el agua circundante. En el caso del elemento de lastre puede tratarse en particular de un líquido y/o un sólido. Por ejemplo puede tratarse de un lastre de arena y/o de agua. El elemento de lastre puede estar realizado en particular en una cámara especial, separada por una costura.
45

Un "elemento de anclaje" establece en particular una conexión resistente a la tracción entre el fotobiorreactor y el fondo del mar. A este respecto, el elemento de anclaje absorbe en particular la tensión de tracción. El elemento de anclaje puede estar fabricado por ejemplo de madera y/o hierro y/o acero. El elemento de anclaje puede estar
50 realizado en particular también en relación con instalaciones en alta mar existentes o planificadas, tales como instalaciones de energía eólica, para aprovechar la sinergia por ejemplo en el anclaje, el aprovechamiento del calor/calor residual, durante el suministro y el mantenimiento.

Para posibilitar una flotabilidad del fotobiorreactor, el fotobiorreactor puede configurarse de tal manera que mediante una desgasificación y/o gasificación y/o dilución y/o concentración de un medio de cultivo que se encuentra en las cámaras de cultivo pueda ajustarse una flotabilidad del fotobiorreactor.
55

De este modo puede ajustarse adicionalmente la posición del fotobiorreactor en la columna de agua vertical. En el caso de luz débil o estrés por luz deseado puede llevarse de ese modo el fotobiorreactor directamente a la superficie del agua. Por el contrario, en el caso de una intensidad luminosa demasiado intensa puede situarse el fotobiorreactor por debajo de la superficie del agua. Con ello es posible optimizar la posición del fotobiorreactor en la columna de agua vertical y por ejemplo adaptarla a la evolución diaria de la luz así como a los requisitos estacionales y a las relaciones de las olas y del viento.
60

65 En un aspecto adicional de la invención, el objetivo se alcanza mediante una planta de fotobiorreactores, que presenta un fotobiorreactor tal como se describió anteriormente.

Mediante una planta de fotobiorreactores puede proporcionarse en un espacio mínimo una superficie activa para la fotosíntesis muy grande.

5 Segmentos de fotobiorreactor, por ejemplo, con una longitud de desde 2 m hasta 12 m, preferiblemente de 3 m a 10 m, pueden colocarse por medio de medios de sujeción, tales como anillos de plástico, poleas, mosquetones y/o dispositivos similares, por ejemplo, en cables de metal tensados o carriles que discurren a lo largo de cadenas para boyas. A este respecto, los segmentos de fotobiorreactor se sujetan en paralelo entre sí.

10 La sujeción también puede tener lugar a través de costuras en el fotobiorreactor, por ejemplo, al configurar mediante varias costuras reforzadas un orificio en el material de lámina y al sujetar un mosquetón. La suspensión también puede tener lugar a través de una cámara prevista especialmente para ello y separada, del fotobiorreactor.

15 El fotobiorreactor y/o los segmentos de fotobiorreactor y/o toda la planta de fotobiorreactores pueden suspenderse en vertical y/o en horizontal. En una planta de fotobiorreactores diseñada de este modo de en cada caso una superficie de 1.000 m² a 10.000 m² se posibilita una producción de algas correspondiente en medios acuáticos. La planta de fotobiorreactores puede adoptar en particular también una superficie de varios kilómetros cuadrados, en particular, de 10 km² a 100 km².

20 En plantas de fotobiorreactores con colocación paralela de varios fotobiorreactores es especialmente importante la apertura de los sitios de rotura controlada en el caso de una carga de corriente alta, dado que de este modo se evita que los fotobiorreactores se acerquen unos a otro y de ese modo se den sombra mutuamente.

25 Además, mediante la orientación de los sitios de rotura controlada puede conseguirse que los fotobiorreactores individuales se deformen y/u orienten uniformemente en el caso de una carga de corriente.

30 Para en el caso de plantas de fotobiorreactores largas evitar la configuración de canales de corriente a través de los sitios de rotura controlada abiertos, los sitios de rotura controlada también pueden estar dispuestos desplazados en los fotobiorreactores individuales.

En particular, en la planta de fotobiorreactores resultan ventajosos una orientación y/o un anclaje optimizados de toda la planta.

35 Mediante esta planta de fotobiorreactores es posible un aumento en escala a una escala de producción industrial grande.

A continuación se explicará más detalladamente la invención mediante ejemplos de realización. Muestran

40 la figura 1 una representación en corte muy esquemática de un fotobiorreactor con sitios de rotura controlada en el caso de una carga de corriente reducida y

la figura 2 una representación en corte muy esquemática de un fotobiorreactor con sitios de rotura controlada en el caso de superar la corriente límite.

45 Un fotobiorreactor 101 presenta seis cámaras 105, 108 y 112 de cultivo y está fabricado de una lámina 102 de polietileno sin fin. Las delimitaciones laterales externas del fotobiorreactor 101 no se muestran en la figura 1. Entre la primera y la segunda cámara 105 y 108 de cultivo está dispuesta una primera conexión 106, que presenta una costura 107 de perforación. Cámaras 112 de cultivo adicionales están conectadas a través de conexiones 113 adicionales en cada caso con la cámara de cultivo anterior.

50 Los cámaras 105, 108 y 112 de cultivo tienen en cada caso una anchura de 20,0 cm. Las conexiones 113 adicionales presentan igualmente costuras 114 de perforación adicionales. La costura 107 de perforación y las costuras 114 de perforación tienen una extensión 111 de rotura controlada máxima. La costura 107 de perforación y las costuras 114 de perforación están delimitadas en su extensión por costuras 109 de delimitación, que en cada caso se encuentran en el extremo superior e inferior de la extensión 111 de rotura controlada.

55 El fotobiorreactor 101 está conectado en una abertura 103 superior con un cable 104 de sujeción y se sostiene a través del cable 104 de sujeción en el mar a 400 m de la costa. En la parte superior del fotobiorreactor 101 se encuentra una válvula 115 de varias vías.

60 A través de una abertura 116 inferior está dispuesto un tubo 117 flexible de suministro poroso dentro del fotobiorreactor 101, que se gasifica con aire ambiente. Por lo demás, un tubo 118 flexible de recogida está guiado a través de la abertura 116 inferior al fotobiorreactor 101. Por debajo del tubo 117 flexible de suministro poroso se encuentra una cámara 119 de lastre, en la que está dispuesto un peso 120 de lastre.

65 La corriente 122 de agua principal fluye desde atrás contra el fotobiorreactor 101. En el presente caso hay un día

con viento en calma. No existe ninguna fuerza de cizallamiento de la corriente de agua y las costuras 107 y 114 de perforación entre las cámaras 105, 108 y 112 de cultivo están cerradas.

5 Mediante el ajuste de la gasificación a través del tubo 117 flexible de suministro poroso, de la válvula 115 de varias vías así como mediante el peso 120 de lastre se mantiene el fotobiorreactor 101 en el mar 10 cm por debajo de la superficie del agua flotando.

10 En el presente caso habrá ahora una tormenta, de modo que en la dirección 222 de corriente principal se supera la corriente límite. De este modo se abren la costura 207 de perforación y las costuras 214 de perforación adicionales, de modo que el agua de mar fluye a través de la costura 207 de perforación y las costuras 214 de perforación adicionales y alrededor de las cámaras 205, 208 y 212 de cultivo, con lo que está reducida la resistencia a la corriente del fotobiorreactor 201. La corriente 223 de agua pasa uniformemente a través de todas las costuras 207 y 214 de perforación, de modo que hay una corriente uniforme a través del fotobiorreactor 201 por toda la altura de la extensión 211 de rotura controlada. Al mismo tiempo, las cámaras 205, 208 y 212 de cultivo se deforman uniformemente con una ligera flexión en el sentido de la corriente 222 de agua principal.

20 Al alcanzar el máximo de la tormenta con una corriente 223 principal todavía más intensa adicionalmente la válvula 215 de varias vías está más abierta, de modo que el fotobiorreactor 201 se desgasifica más intensamente y en consecuencia se reduce la flotabilidad del fotobiorreactor 201. De este modo se sitúa el fotobiorreactor 201 2,5 m por debajo de la superficie del agua y está menos expuesto al movimiento de las olas y a la carga de corriente.

Lista de números de referencia

- 25 101 fotobiorreactor
- 102 lámina de polietileno
- 103 abertura superior
- 104 cable de sujeción
- 105 primera cámara de cultivo
- 106 primera conexión
- 30 107 costura de perforación
- 108 segunda cámara de cultivo
- 109 costura de delimitación
- 111 extensión de rotura controlada
- 112 cámara de cultivo adicional
- 35 113 conexión adicional
- 114 costura de perforación adicional
- 115 válvula de varias vías
- 116 abertura inferior
- 117 tubo flexible de suministro poroso
- 40 118 tubo flexible de recogida
- 119 cámara de lastre
- 120 peso de lastre
- 122 corriente de agua principal
- 201 fotobiorreactor
- 45 202 lámina de polietileno
- 203 abertura superior
- 204 cable de sujeción
- 205 primera cámara de cultivo
- 206 primera conexión
- 50 207 costura de perforación
- 208 segunda cámara de cultivo
- 209 costura de delimitación
- 211 extensión de rotura controlada
- 212 cámara de cultivo adicional
- 55 213 conexión adicional
- 214 costura de perforación adicional
- 215 válvula de varias vías
- 216 abertura inferior
- 217 tubo flexible de suministro poroso
- 60 218 tubo flexible de recogida
- 219 cámara de lastre
- 220 peso de lastre
- 222 corriente de agua principal
- 223 corriente de agua a través de costuras de perforación
- 65

REIVINDICACIONES

1. Fotobiorreactor (101, 201) para cultivar algas, que presenta al menos dos cámaras (105, 108, 205, 208) de cultivo, que están conectadas entre sí mediante una primera conexión (106, 206), caracterizado porque la primera conexión presenta un sitio (107, 207) de rotura controlada, que se abre en el caso de una corriente (222) límite, de modo que un medio de circulación, en particular, agua de mar, fluye (223) a través del sitio de rotura controlada abierto y por consiguiente se reduce una resistencia a la corriente del fotobiorreactor.
2. Fotobiorreactor según la reivindicación 1, caracterizado porque el sitio de rotura controlada está delimitado por una estructura (109, 209) de delimitación, en particular, una costura de delimitación reforzada, en una extensión de rotura controlada.
3. Fotobiorreactor según la reivindicación 1 y 2, caracterizado porque el sitio de rotura controlada es una costura de rotura controlada.
4. Fotobiorreactor según la reivindicación 1 y 2, caracterizado porque el sitio de rotura controlada es un cierre reutilizable, en particular, un velcro.
5. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sitio de rotura controlada presenta una extensión (111, 211) de rotura controlada máxima de desde el 5% hasta el 95% de una dimensión exterior vertical y/u horizontal y/u oblicua del fotobiorreactor.
6. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el fotobiorreactor presenta cámaras (112, 212) de cultivo adicionales, que están dispuestas en cada caso con una conexión (113, 213) adicional a una cámara de cultivo adyacente.
7. Fotobiorreactor según la reivindicación 6, caracterizado porque las conexiones adicionales presentan sitios (114, 214) de rotura controlada adicionales.
8. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque uno de los sitios de rotura controlada o varios sitios de rotura controlada están diseñados en vertical y/o en horizontal y/o en oblicuo, en particular, en paralelo entre sí.
9. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las cámaras de cultivo presentan un material (102, 202) translúcido, en particular, un material de lámina de polietileno.
10. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las cámaras de cultivo presentan agua de mar como medio de cultivo y/o al menos una válvula (115, 215) de varias vías para el intercambio de gas con el medio circundante, en particular, aire o agua de mar, y/o un tubo (117, 217) flexible de suministro, que está diseñado de tal manera que se suministran nutrientes, en particular, gases y/o agua enriquecida, a las cámaras de cultivo.
11. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por un elemento (120, 220) de lastre y/o un elemento de anclaje, con lo que se le puede conferir al fotobiorreactor una dirección de orientación.
12. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el fotobiorreactor puede configurarse de tal manera que mediante una desgasificación y/o gasificación y/o dilución y/o concentración de un medio de cultivo que se encuentra en las cámaras de cultivo puede ajustarse una flotabilidad del fotobiorreactor.
13. Planta de fotobiorreactores, que presenta un fotobiorreactor según una de las reivindicaciones anteriores.

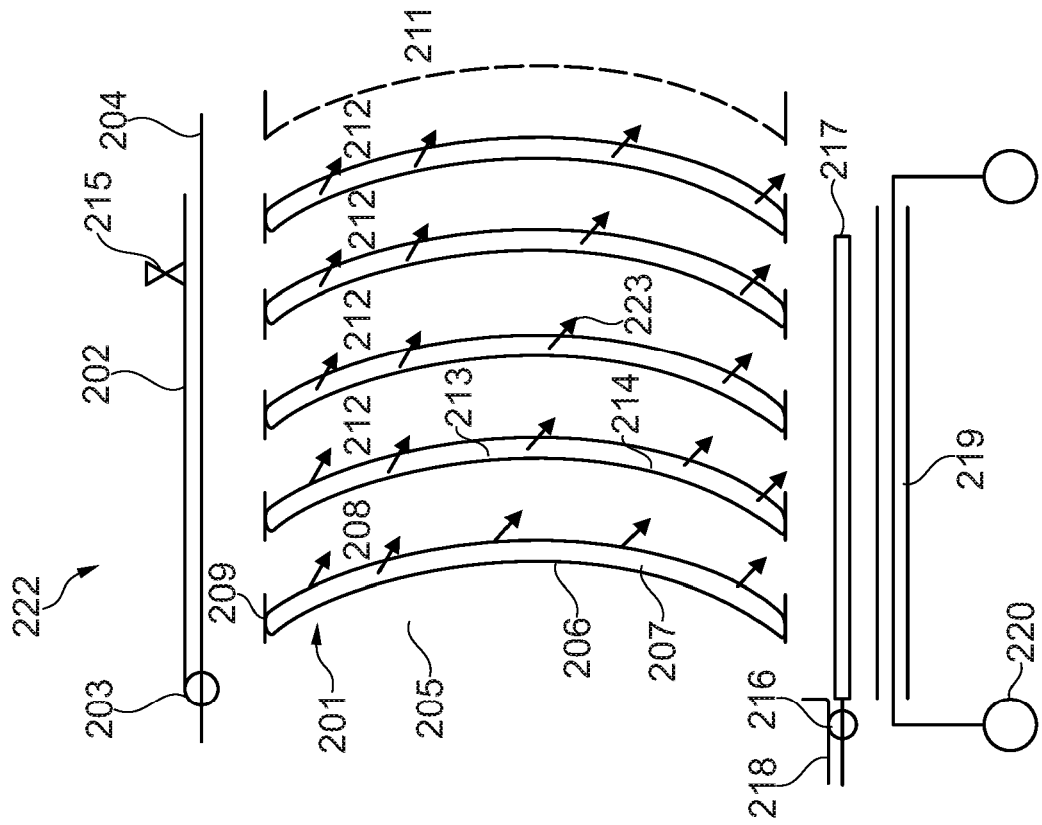


Fig. 2

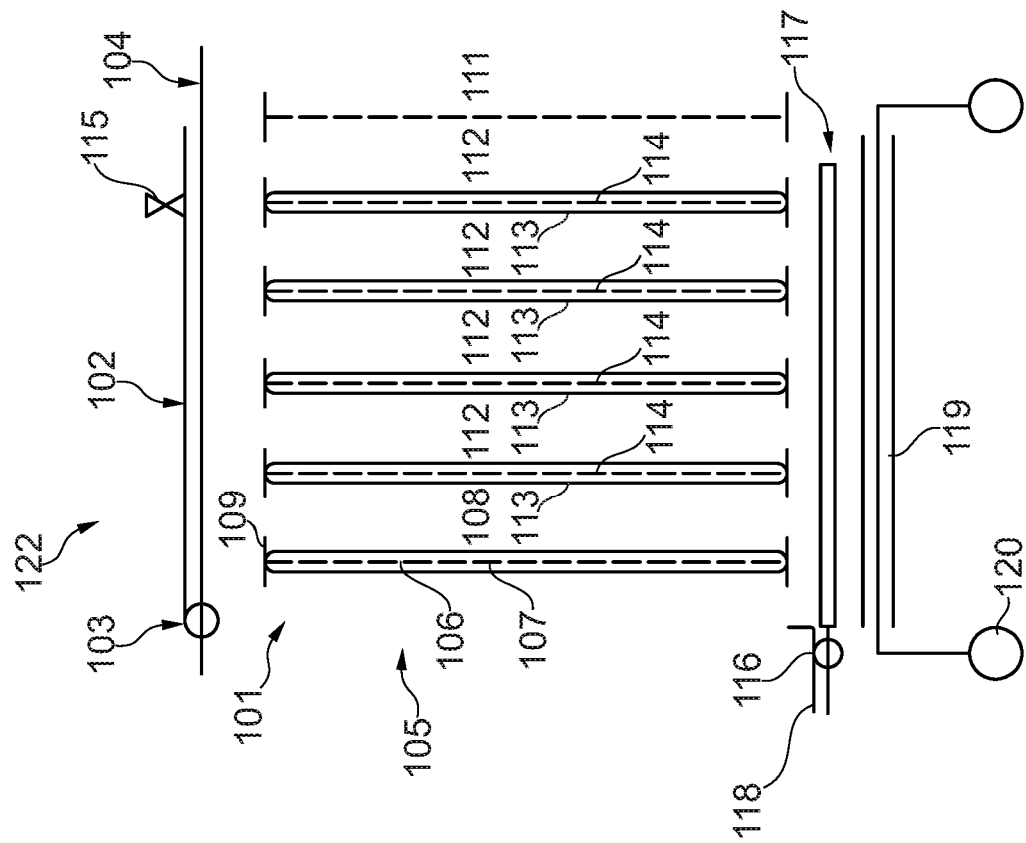


Fig. 1