

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 654**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

A01G 9/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.04.2010 PCT/EP2010/054618**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2010 WO10115944**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2010 E 10714611 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018 EP 2417242**

54 Título: **Equipo y procedimiento para eliminar 7 C₂, así como aplicaciones del mismo**

30 Prioridad:

09.04.2009 DE 102009017046

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

06.11.2018

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

HAJE, DETLEF

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 688 654 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).

EQUIPO Y PROCEDIMIENTO PARA ELIMINAR CO₂, ASÍ COMO APLICACIONES DEL MISMO**DESCRIPCIÓN**

- 5 La presente invención se refiere a una planta de combustión que incluye una cámara de combustión y un equipo para eliminar CO₂ (dióxido de carbono) de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.
- Además se refiere la invención a un procedimiento para operar una tal planta de combustión de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 4.
- 10 En la actualidad se están realizando grandes esfuerzos en todo el mundo para limitar la concentración de los denominados gases de efecto invernadero y en particular de CO₂ en la atmósfera terrestre. Puesto que la combustión de combustibles fósiles como el carbón o el petróleo, por ejemplo en centrales de generación, aumenta la concentración de CO₂ en la atmósfera, se investiga actualmente en posibilidades técnicas para la eliminación de CO₂.
- 15 El estado de la técnica para la eliminación de CO₂ consiste en el almacenamiento de CO₂ en grandes formaciones subterráneas como acuíferos o cavernas (lo que se conoce como "Carbon Capture and Storage", captura y almacenamiento de carbono, CCS). Para ello se considera el separar el CO₂ que se forma durante el funcionamiento de las centrales de generación directamente del gas de escape y conducirlo a un lugar de almacenamiento subterráneo a largo plazo, para oponerse a que siga aumentando la concentración del CO₂ atmosférico.
- 20 Alternativamente a la separación y almacenamiento de CO₂ (CCS), pueden comprarse derechos de emisión de CO₂ con la ayuda del llamado "Clean Development Mechanism" (mecanismo para un desarrollo limpio, CDM), a través de la reducción de emisiones en países en desarrollo y mediante transferencia de tecnología favorable al medio ambiente a países en desarrollo. Además bajo CDM se bonifica la creación de sumideros de CO₂ (por ejemplo reforestación) mediante derechos de emisión.
- 25 Como sumidero natural de CO₂ se tiene hoy día la fotosíntesis de las plantas sobre o en el continente (65% de la eliminación de CO₂ global, medida en carbono en la masa seca formada), así como en los océanos (35%). Las ideas para mejorar la intensidad de la conversión del CO₂ en los océanos tienen el inconveniente de una posibilidad de propagación sin límites de los organismos utilizados y de que sólo se puede influir limitadamente en las condiciones relevantes para la fotosíntesis.
- 30 Además se realizaron ya según el estado de la técnica reflexiones para una eliminación técnica del CO₂ con ayuda de la fotosíntesis. Pero no se conocen equipos y procedimientos orientados eficientemente a una utilización a gran escala. Serían deseables soluciones sencillas y/u optimizadas en costes, por ejemplo en cuanto al diseño y facilidad de fabricación de equipos adecuados.
- 35 Finalmente hasta ahora se oponen a la eliminación técnica del CO₂ a gran escala los elevados autoconsumos de energía de una aplicación (por ejemplo, considerable compresión de gases, considerable aportación de potencia de refrigeración, potencias de circulación a gran escala, separación activa (técnica) de CO₂, como la conocida actualmente como separación de CO₂ "Post Combustion" o el almacenamiento de CO₂ aumentando la presión o la licuación).
- 40 Por el documento US 5,713,154 se conoce un equipo para calentar un invernadero utilizando un calentador que funciona con combustible de hidrógeno. El gas de escape generado por el calentador se acumula entonces y a continuación el CO₂ allí contenido se emite mediante un dispositivo distribuidor, de manera controlada, a una atmósfera del invernadero en determinados periodos de tiempo.
- 45 Por el documento WO 97/12511 se conoce un sistema para mantener una atmósfera favorable en un invernadero, generándose mediante un quemador que opera con combustible de hidrógeno gas de escape que contiene vapor de agua y CO₂, que tras refrigerarlo se conduce al invernadero.
- 50 Por el documento EP 1 559 311 A1 se conoce la inclusión en el cultivo de plantas en un invernadero de un sistema de carriles con soportes desplazables para las plantas.
- 55 Por el documento SE 8 802 245 A se conoce la utilización de una esterilla de transporte para introducir y sacar plantas en un invernadero, que con plantas colocadas encima puede introducirse en el invernadero o sacarse del mismo.
- 60 Por el documento WO 2008/134010 A2 se conoce un fotobiorreactor cerrado, que está constituido para nadar sobre aguas y que contiene un líquido que presenta organismos fototrópicos.
- 65 Por las publicaciones WO 2008/008262 A2 y US 2005/0260553 A1 se conocen instalaciones de combustión y los correspondientes procedimientos para operarlas en los que el gas de escape de un

proceso de combustión se conduce a un equipo de eliminación de CO₂ basado en fotosíntesis, para reducir la proporción de CO₂ en el gas de escape.

5 Una planta de combustión de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 4 se conocen por el documento WO 2007/14353 A2. En dicho estado de la técnica están integrados la cámara de combustión y la zona activa en cuanto a fotosíntesis en un circuito de gas, alimentándose la cámara de combustión con una mezcla de gases pobre en CO₂ compuesta por aire fresco y oxígeno, obteniéndose el oxígeno de un gas de escape de un biorreactor.

10 Un inconveniente de los enfoques conocidos para la eliminación técnica de CO₂ es en particular el coste que ello implica, así como su influencia gravosa sobre la eficiencia.

15 Esto es así en particular también para la planta de combustión descrita en el documento WO 2007/143653 A2, en la que la obtención de oxígeno a partir del gas de escape del biorreactor implica un coste y la eficiencia del biorreactor es más bien mediocre, debido a la relativamente alta proporción de oxígeno en la atmósfera del biorreactor.

20 Por lo tanto un objetivo de la presente invención es indicar una planta de combustión de la clase citada al principio, así como un procedimiento para operarla, con los que pueda lograrse una alta eficiencia de manera sencilla.

25 Este objetivo se logra de acuerdo con la invención mediante una planta de combustión de acuerdo con la reivindicación 1 y/o un procedimiento para operarla de acuerdo con la reivindicación 4. Las reivindicaciones dependientes se refieren a perfeccionamientos ventajosos de la invención.

30 La variante de configuración del equipo para eliminar el CO₂ utilizado en la invención tiene como idea básica que la eliminación del CO₂ puede realizarse de manera efectiva mediante una aplicación técnica, en particular apoyada por técnica a gran escala, de la fotosíntesis. Al respecto puede influirse positivamente de manera ventajosa en los procesos biológicos de la fotosíntesis mediante equipos técnicos, tal que puede optimizarse la efectividad y la utilización de los recursos (explotación del suelo).

35 El equipo de eliminación de CO₂ puede instalarse y operarse por ejemplo preferentemente en áreas o extensiones geográficas con elevada irradiación solar (latitud por ejemplo en la zona de - 40° a + 40°, en particular de - 30° a + 30°) y/o bajos costes del terreno (por ejemplo desiertos como el Sáhara, etc.). En particular para tales áreas geográficas elegidas procede operar el equipo como sumidero de CO₂ a gran escala técnica. El concepto "a gran escala técnica" designa al respecto en particular una extensión en cuanto a superficie del equipo de más de 10¹ km², en particular de más de 10² km² o incluso de más de 10³ km². La altura del equipo puede encontrarse por ejemplo en la gama entre 10 cm y varios metros, por ejemplo de 0,4 a 1,5 m.

45 El tamaño de la superficie activa en cuanto a fotosíntesis necesaria para el equipo hace necesario un aprovechamiento óptimo de toda la superficie del equipo. Por lo tanto ventajosamente se cubre o configura con preferencia en amplia medida toda la superficie del equipo mediante zonas activas en cuanto a fotosíntesis, por ejemplo más del 80% de la superficie, con más preferencia más del 90% de la superficie.

50 Además puede lograrse por ejemplo mediante una configuración del equipo esencialmente extendida superficialmente una reducción significativa de los costes, por ejemplo en comparación con soluciones imaginables con componentes del equipo con forma complicada o de fabricación costosa, como por ejemplo costosos sistemas de paredes (como por ejemplo delimitaciones con forma tubular de biorreactores conocidos).

55 Básicamente puede utilizarse toda clase de organismos que activan la fotosíntesis para la invención, por lo que en el caso de aplicación concreto pueden elegirse en cada caso uno o varios organismos especialmente adecuados. Esto se realiza convenientemente en función de los detalles del diseño del correspondiente equipo y/o de las circunstancias geográficas del respectivo lugar de utilización. Los organismos pueden ser en particular todo tipo de plantas terrestres (por ejemplo árboles, arbustos, hierbas, plantas del suelo, plantas trepadoras, etc.), plantas acuáticas (por ejemplo plantas acuáticas que nadan libremente, plantas acuáticas que se adhieren al fondo, plantas palustres, etc., algas, bacterias, etc. Es esencial que el correspondiente organismo active una transformación fotosintética del CO₂.

65 Para la aplicación en un medio acuoso se ha comprobado que es extremadamente ventajosa por ejemplo la utilización de organismos monocelulares suspendidos en el agua, ya que éstos tienen un intercambio de sustancias intenso con el agua y pueden seguir con facilidad el apoyo técnicamente proporcionado a la fotosíntesis. Las algas que activan la fotosíntesis o cianobacterias son así especialmente adecuadas para la aplicación. Pueden utilizarse por ejemplo algas del tipo Chlorella minutissima, que bajo las condiciones mediterráneas muestran, bajo elevadas concentraciones de CO₂, un gran aumento de su crecimiento/su

5 multiplicación. En ensayos realizados ha crecido la masa de las plantas, bajo concentraciones de CO₂ muy aumentadas, en un factor de hasta 4,1 (!) más rápidamente que con concentraciones de CO₂ usuales. En una optimización más amplia (concentración inicial óptima de las algas utilizadas en g/ litro de volumen activo de la instalación) pueden alcanzarse incluso tasas de crecimiento del orden de magnitud de nueve a diez veces el crecimiento natural.

10 En una forma de realización está previsto operar el equipo en gran parte, en particular esencialmente con exclusividad, con un tipo de organismo ("monocultivo"). Esto tiene sobre todo ventajas en cuanto a lograr condiciones favorables del entorno para los organismos alojados en la cubierta envolvente, así como en cuanto a una evacuación técnicamente sencilla de productos de la transformación del CO₂.

15 En otra forma de realización está previsto utilizar al menos 2 (o incluso más) clases diferentes de organismos. Entonces pueden estar previstas en el espacio interior de la cubierta envolvente por ejemplo varias zonas (por ejemplo celdas), que estén dotadas en cada caso en gran parte o esencialmente por completo de una determinada clase de organismo. En determinados casos de aplicación puede seguir aumentando así por ejemplo la efectividad de la fotosíntesis. Tales zonas individuales dotadas en cada caso individualmente de organismos pueden estar realizadas por ejemplo en forma de tramos individuales del espacio interior o celdas, para poder limitar perturbaciones y perjuicios a zonas individuales o bien entre las distintas zonas y optimizar la transformación de las sustancias. La alimentación de las distintas zonas con CO₂ o con medio que contiene CO₂ (por ejemplo gas de combustión de una central, agua enriquecida con CO₂, etc.) puede realizarse entonces por ejemplo en forma de una configuración en serie, paralelo o serie/paralelo.

25 Cuando por ejemplo en una configuración serie se conduce el CO₂ o el medio que contiene CO₂ desde una zona (por ejemplo celda) hasta la siguiente zona, entonces desciende la concentración de CO₂ de una zona a otra. En este caso puede estar prevista ventajosamente una optimización de las zonas para adaptarlas a la correspondiente concentración de CO₂, por ejemplo mediante una elección especial de los organismos para las distintas zonas y/o ajuste especial de los demás parámetros del entorno de los organismos (por ejemplo intensidad de la aportación de la luz solar, humedad del aire, valor del pH, temperatura, etc.).

30 Por el contrario en una configuración en paralelo se someten todas las zonas con preferencia en la misma medida a CO₂ y poseen aproximadamente la misma concentración de CO₂ y la misma tarea de eliminación del CO₂. En este caso pueden evitarse de nuevo perturbaciones y perjuicios (por ejemplo propagación de una enfermedad) mediante separaciones adecuadas entre las zonas.

35 Con la cubierta envolvente para alojar los organismos en un espacio interior de la cubierta envolvente, es más fácil mantener condiciones del entorno predeterminadas técnicamente y favorables para la fotosíntesis, para los distintos organismos en el espacio interior y/o en las distintas zonas del espacio interior separadas entre sí. En función del caso de aplicación concreto, puede ser suficiente para ello también una cubierta envolvente realizada sólo parcialmente (por ejemplo un techo mediante el correspondiente equipamiento técnico). Hay que considerar por ejemplo que dado el caso también ciertas particularidades geográficas naturales (por ejemplo calidad del suelo, existencia de un lago, etc.) pueden servir ventajosamente para este fin o bien pueden constituir así una parte de la "cubierta envolvente" prevista en la invención. Así puede pensarse en particular que la cubierta envolvente a levantar esencialmente esté formada por una cubierta superior o techo. Aquí procede por ejemplo una cubierta superior de construcción ligera, que por ejemplo puede estar configurada a modo de un pabellón hinchable. Por ejemplo puede levantarse una lámina del suelo mediante un ligero aumento de la presión interior. Como forma constructiva alternativa puede pensarse también en pabellones usuales de clase constructiva más sencilla (pero con preferencia estancas), como por ejemplo estructura de soporte de acero o de hormigón armado con una proporción suficiente de zonas transparentes, como por ejemplo vidrio, plexiglás u otros materiales transparentes, en particular plásticos.

40 En una forma de realización preferida incluye la cubierta envolvente al menos una lámina o capa transparente. Según una "solución optimizada basada en plantas acuáticas" puede estar previsto por ejemplo que la cubierta envolvente se apoye, en forma de una lámina o capa transparente, indirectamente o directamente y esencialmente en toda su superficie en el agua. Con ello se suprimen ventajosamente costosas estructuras de soporte para la cubierta envolvente, minimizándose además una eventual sollicitación debida al viento. En un perfeccionamiento no se apoyan las distintas zonas de la cubierta envolvente por completo en la zona activa en cuanto a fotosíntesis sino que forman un espacio hueco para la aportación y/o evacuación de CO₂ o bien O₂.

45 En el espacio interior de la cubierta envolvente están dispuestos los organismos que activan la fotosíntesis con preferencia con una elevada densidad espacial.

50 Según una "solución optimizada basada en plantas acuáticas", se utilizan organismos monocelulares que flotan o suspendidos en el agua, en particular algas o cianobacterias que activan la fotosíntesis. Por

ejemplo pueden utilizarse algas del tipo "Chlorella minutissima" ya mencionado. Así puede optimizarse la efectividad del equipo.

5 Se ha comprobado que es ventajoso ajustar la concentración inicial o la concentración media de los organismos utilizados (por ejemplo algas) tal que la misma se optimice en función de la concentración de CO₂ existente en cuanto a la transformación del CO₂ y al crecimiento/la multiplicación. Tal como se ha explicado antes, con una adaptación óptima de la concentración de los organismos (concentración inicial óptima de las algas utilizadas en gramos/litro de volumen activo) de la instalación pueden lograrse altas tasas de crecimiento.

10 En una forma de realización incluye el equipo un equipo de control (por ejemplo equipo de control electrónico controlado por programa) para controlar al menos uno de los equipos, en particular esencialmente todos los equipos que pueden controlarse, del equipo de eliminación de CO₂. Con un tal equipo de control pueden ajustarse y/o controlarse ventajosamente de forma óptima las condiciones del entorno para los organismos, así como todas las medidas de aportación y evacuación hacia el espacio interior y desde el espacio interior hacia fuera.

15 En una forma de realización incluye el equipo además un sistema sensórico para captar parámetros de los organismos (por ejemplo edad, tamaño, estado de salud, etc.) y/o del entorno de los organismos (por ejemplo intensidad de la luz solar, temperatura, etc.). Los sensores adecuados para ello son suficientemente conocidos por el estado de la técnica y no precisan por lo tanto de mayor explicación. Las señales de sensor y/o datos de sensor generados mediante el sistema sensórico pueden aportarse ventajosamente como señales de entrada y/o datos de entrada del antes citado equipo de control, que puede realizar el control de los dispositivos técnicos correspondientes entonces en función de los parámetros captados sensóricamente.

20 Mediante un sistema de control pueden optimizarse los procesos biológicos de la fotosíntesis con miras a un aumento de la efectividad, pudiendo jugar un papel relevante en cada caso, en función de la clase de organismos utilizada, diversos parámetros (por ejemplo temperatura/s humedad/es del aire, valor/es del pH, concentración/ones de CO₂, intensidad/es de la luz solar, etc.) y/o pudiendo aportar diversos objetivos en función de los organismos utilizados.

25 En una forma de realización incluye el equipo medios para templar de forma controlada o pasiva (no controlada) del espacio interior, es decir, para calentar y/o enfriar el espacio interior y/o partes del mismo (por ejemplo para templar individualmente las zonas o celdas del espacio interior antes citadas).

30 Los medios para controlar la temperatura o dispositivos calentadores/enfriadores pueden incluir un acumulador de calor (acumulador térmico), que puede estar constituido por ejemplo por una gran masa de agua o masa del suelo o similares (con elevada capacidad térmica). El acumulador de calor puede tener por ejemplo una capacidad térmica tan grande que con él pueda modificarse la temperatura (promedia) del espacio interior en al menos 5° (en comparación con una estructura de equipo similar sin ese acumulador de calor). Juntamente con un dispositivo de gestión del calor adecuado, que por ejemplo puede operarse activamente mediante el citado equipo de control, pueden realizarse ventajosamente procesos de transferencia del calor selectivos desde el acumulador de calor hacia fuera o hacia dentro del acumulador de calor (por ejemplo mediante bombas de calor e intercambiadores de calor).

35 En una forma de realización preferida se encuentra el acumulador de calor unido directamente con transmisión del calor con una zona activa en cuanto a fotosíntesis (el decir, zona que contiene organismos que activan la fotosíntesis). En particular puede apoyarse la zona activa en cuanto a fotosíntesis sobre el acumulador de calor, nadar sobre el mismo o estar dispuesta en contacto con su superficie o con los bordes de la misma. El acumulador de calor y su unión con la zona activa en cuanto a fotosíntesis pueden estar constituidos tal que se amortiguan oscilaciones de la temperatura en el ciclo diario (ciclo día-noche) en una medida considerable (por ejemplo en más del 40%).

40 Mediante los elementos para controlar la temperatura pueden compensarse ventajosamente en particular oscilaciones de temperatura en el entorno del equipo, al menos parcialmente, ya se trate de por ejemplo oscilaciones de temperatura a lo largo del día y de la noche o bien oscilaciones de temperatura estacionales (verano/invierno).

45 Tal como antes se ha mencionado, se realiza la construcción y el funcionamiento del equipo con preferencia por ejemplo en desiertos o áreas climáticas similares. Debido a las elevadas temperaturas que allí reinan durante el día y a las fuertes oscilaciones de temperatura diarias (por ejemplo temperaturas en Sebha/Libia en el verano a lo largo del día 38 - 42 °C y por la noche 20 - 26 °C) es conveniente para lograr una temperatura óptima para la fotosíntesis (por ejemplo 20 - 35 °C) una estabilización de la temperatura mediante una conducción de la temperatura activa y/o pasiva, en particular también refrigeración.

En una "solución basada en plantas terrestres", en la cual una gran parte o esencialmente todos los organismos utilizados están configurados en gran medida rodeados por aire y como plantas terrestres, puede lograrse o bien apoyarse esto por ejemplo mediante integración de un acumulador de calor con capacidad térmica suficientemente alta en el equipo. Un tal acumulador de calor puede estar formado por ejemplo por una gran masa de agua, pudiendo utilizarse dado el caso equipos de transferencia de calor asociados (por ejemplo intercambiadores de calor, etc.) para procesos de transferencia de calor adecuados en cada caso a las necesidades. Además puede utilizarse un enfriamiento por vaporización (por ejemplo en una gran superficie de agua y/o mediante una vaporización continua o temporal de gotas de agua). También puede considerarse tapar controladamente en función de las necesidades parte de la superficie del equipo mediante diafragmas, espejos o similares, así como una refrigeración activa (instalaciones de climatización, instalaciones de enfriamiento, instalaciones de refrigeración de retorno, etc.). Además puede estar previsto un rociado y/o un riego con agua de los organismos. También puede pensarse en llevar los organismos o partes de los mismos bajo el agua, temporal o permanentemente. Estas últimas medidas pueden utilizarse también para asegurar un suficiente nivel de humedad para la fotosíntesis (por ejemplo para mantener una humedad del aire suficiente). Las gotitas de agua vaporizadas para refrigerar el espacio interior pueden así utilizarse también para humectar los organismos y/o su entorno.

En una "solución basada en plantas acuáticas", en la cual una gran parte o esencialmente todos los organismos están situados al menos parcialmente bajo el agua (por ejemplo plantas acuáticas), contribuye ya la capacidad térmica del agua a compensar oscilaciones de temperatura (aprovechamiento de la temperatura media diaria). Además puede dimensionarse el tamaño de un depósito de agua para lograr oscilaciones de temperatura suficientemente pequeñas. Alternativa o adicionalmente pueden utilizarse las medidas antes descritas para la solución basada en plantas terrestres para el control de la temperatura (y dado el caso la humectación).

En una forma de realización preferida, están configurados los medios para el control de la temperatura para enfriar el espacio interior o partes del mismo según necesidades. Posibilidades técnicas al respecto ya se han explicado antes a modo de ejemplo. Estas medidas técnicas u otras similares pueden realizarse controladamente, con lo que su forma de funcionamiento y/o su potencia de calentamiento/enfriamiento puede/n ajustarse óptimamente en cada caso mediante un equipo de control.

También se prefiere una realización en la que el o un acumulador de calor se encuentre unido en cuanto a transmisión del calor directamente con el espacio interior y/o con un entorno de los organismos. El acumulador de calor puede encontrarse entonces por ejemplo dentro del espacio interior o también fuera del espacio interior del equipo. En particular puede por ejemplo apoyarse una zona activa en cuanto a fotosíntesis sobre el acumulador de calor, nadar sobre el mismo o estar dispuesta en contacto con su superficie o con el borde de la misma. Como contacto con transmisión de calor se entiende entonces por ejemplo una configuración en la cual el calor se transmite esencialmente mediante procesos de conducción del calor y/o de convección natural o forzada. Así puede lograrse una estabilización de la temperatura suficiente de manera esencialmente pasiva, es decir, sin utilización de energía importante.

El tamaño del/de los acumulador/es de calor se dimensiona con preferencia tal que (teniendo en cuenta las diferencias de temperatura debidas a la conducción del calor entre acumulador de calor y zona activa del equipo) se amortigüen en medida suficiente (por ejemplo en promedio en al menos un 40%) oscilaciones de temperatura en el ciclo diario (ciclo día-noche). En particular pueden estar dimensionado/s el/los acumulador/es de calor y la unión con la zona activa del equipo tal que no se sobrepasen temperaturas máximas soportables biológicamente, en particular se mantengan gamas de temperatura biológicamente favorables.

En una forma de realización está previsto que los medios para la introducción de la luz del sol puedan controlarse.

En el caso más sencillo se realiza la introducción de la luz del sol a través de una constitución transparente, al menos por zonas, de la cubierta envolvente o bien tapa del equipo. En este caso puede controlarse la magnitud de la introducción de la luz solar por ejemplo mediante diafragmas adecuados. Mediante un equipo de diafragma (por ejemplo con cuerpos de ensombrecimiento y/o espejos que con preferencia pueden ajustarse sin escalones) puede realizarse una limitación adecuada a las necesidades de la introducción de la luz del sol en el espacio interior. Tales equipos de diafragma pueden así bien ser parte de los medios de introducción de la luz que pueden controlarse o bien considerarse también como parte de los medios de control de la temperatura. Con preferencia permite el equipo de diafragma una reducción máxima de la potencia de radiación incidente en al menos un 50%.

Para mejorar la efectividad pueden preverse sustancias fotoluminiscentes para convertir partes integrantes de la irradiación solar poco útiles para la correspondiente fotosíntesis en partes integrantes de más utilidad.

ES 2 688 654 T3

La integración de las sustancias fotoluminiscentes en el equipo puede realizarse tal que la luz emitida (transformada) puede incidir sobre los organismos que activan la fotosíntesis; por ejemplo introducción en el agua que sirve como medio portador para los organismos, en un borde del espacio interior o en el curso de los rayos de la luz del sol que incide en el espacio interior.

5

En un perfeccionamiento de la invención incluye el equipo sustancias fotoluminiscentes para transformar partes integrantes de la radiación solar de onda corta (por ejemplo partes integrantes UV) en radiación de longitud de onda larga (por ejemplo en la zona espectral visible). Así puede lograrse un considerable aumento de la eficiencia en cuanto al aprovechamiento de la radiación solar para la fotosíntesis.

10

Las sustancias utilizadas para ello son conocidas por el estado de la técnica (por ejemplo: recubrimiento fotoluminiscente en tubos fluorescentes para transformar luz UV de una descarga en gas en luz en el espectro visible).

15

En una forma de realización la cubierta envolvente es al menos parcialmente permeable para la luz solar y en particular está configurada con una zona de cubierta transparente en gran parte. Con preferencia está formada más de 90% de la zona de la cubierta por un material transparente (permeabilidad de la luz para la gama de 360 a 700 nm con preferencia mayor del 90%).

20

En un perfeccionamiento incluyen los medios para introducir la luz solar un sistema de superficies especulares (dentro y/o fuera del espacio interior), por ejemplo para coleccionar, reunir en un haz o desviar la radiación solar.

25

Por ejemplo pueden preverse para aumentar aún más la cantidad de luz solar irradiada superficies de espejos (con preferencia ajustables de forma controlada), que desvían la luz del sol que incide fuera de las superficies del equipo efectivas para la fotosíntesis, tal que la misma contribuye a la fotosíntesis.

30

En una forma de realización se controla adecuadamente la aportación de CO₂ para lograr una concentración de CO₂ predeterminada en el entorno (agua y/o aire) de los organismos.

35

En una forma de realización preferida, está configurado el equipo de aportación de CO₂ para ajustar la concentración de CO₂ en el entorno de los organismos tal que resulte una tasa de transformación del CO₂ considerablemente más elevada que en las condiciones naturales (por ejemplo tasa doble, en particular al menos tasa quintuple).

40

En particular puede ajustarse para la proporción de aire en el espacio interior una concentración de CO₂ superior a la concentración de CO₂ atmosférica (aproximadamente 0,04%), por ejemplo 0,1 a 1,0 %, lo cual por lo general implica un aumento considerable de la eficiencia de la transformación. En una forma de realización está prevista una concentración de CO₂ en el entorno (del aire) de los organismos de más del 0,1%, en particular de más del 1%.

45

En una forma de realización se encuentra la concentración de CO₂ en un entorno gaseoso de los organismos en la gama de 1% a 40%.

50

Las indicaciones porcentuales de concentraciones de CO₂ indicadas en esta solicitud para un entorno gaseoso de los organismos son porcentajes en volumen.

En un entorno acuoso de los organismos, puede encontrarse la concentración de CO₂ en la gama de las concentraciones que resultan en procesos de disolución de CO₂ en el agua en contacto con una mezcla de gases con las citadas proporciones de CO₂.

55

La gama de utilización óptima para el equipo se encuentra en general en concentraciones de CO₂ de por ejemplo 35% hasta un 5% (para *Chlorella minutissima*), peor por ejemplo de 35% a 40% o de 1% a 5%. Ventajosamente se ajusta en el curso de la eliminación del CO₂ (con una concentración en CO₂ descendente) una concentración inicial o concentración media optimizada para la correspondiente concentración de CO₂ en los organismos utilizados (por ejemplo algas), con lo que resulta, en función de la concentración de CO₂ existente, en cuanto a la transformación de CO₂ y al crecimiento y/o a la multiplicación, un óptimo o un valor próximo al mismo.

60

Un equipo de aportación de CO₂ puede estar configurado por ejemplo para aportar CO₂ gaseoso al espacio interior o zonas del mismo. Alternativa o adicionalmente puede estar prevista una aportación de CO₂ existente en solución acuosa (por ejemplo mediante inyección). El CO₂ gaseoso comprimido, CO₂ líquido o CO₂ sólido ("hielo seco") puede aportarse por ejemplo mediante un dispositivo de expansión o estrangulamiento de manera controlada al espacio interior del equipo o bien a zonas individuales del mismo.

65

Se entiende que el "CO₂" no tiene que aportarse en el equipo de eliminación de CO₂ en forma pura al espacio interior, sino más bien también como parte integrante de una mezcla, como por ejemplo como

parte integrante del aire atmosférico o de un gas de escape de una planta de combustión, como en particular una central de generación o similares.

5 En una forma de realización preferida incluye el equipo (al menos) una zona de intercambio (por ejemplo canal de intercambio), en la que puede entrar en disolución el CO₂ introducido en forma gaseosa (por ejemplo mezcla de gases) mediante aportación finamente distribuida (inyección) de agua o mediante conducción a través de una superficie de agua. El agua, y con ella el CO₂, puede aportarse a continuación a la zona activa en cuanto a fotosíntesis. En particular puede incluir el equipo una zona de intercambio, que se extiende longitudinalmente, en particular una zona de intercambio que se extiende a lo largo o a través del equipo.

10 En una variante de configuración ventajosa, que es especialmente adecuada para una solución basada en plantas acuáticas, en particular para una "solución optimizada basada en plantas acuáticas", se conduce el CO₂ o una mezcla de gases que contiene CO₂ a lo largo de al menos un canal de intercambio. El canal puede ser por ejemplo un espacio hueco alargado, en particular que se extiende longitudinalmente, que conduce un flujo de gas y que posibilita un intercambio de gases que se realiza en toda su extensión.

15 Ventajosamente se conduce el canal de intercambio a lo largo del equipo o a través del mismo, con lo que el canal puede asumir el transporte del CO₂ al equipo. Además puede asumir el canal de intercambio la evacuación del oxígeno generado, que puede introducirse a contracorriente respecto al CO₂ que se toma.

20 El intercambio puede realizarse con ventaja y bajo consumo de energía aprovechando la solubilidad natural del CO₂ y/u oxígeno en un líquido, en particular por ejemplo agua. Para lograr una transición del gas lo más efectiva posible, puede inyectarse por ejemplo agua desde el equipo al canal y devolverse este agua al equipo, con lo que pueden lograrse procesos de disolución y redisolución del CO₂ a eliminar y del oxígeno generado. Ajustando el valor de pH del agua inyectada puede favorecerse la solubilidad del CO₂ y con ello su intercambio de sustancias y transporte. Se ha comprobado que son ventajosos por ejemplo valores del pH de 7 a 9, con preferencia de 7,5 a 8,5. Debido a la absorción de CO₂ desciende el valor del pH (formación de ácido carbónico en solución acuosa). Como valor límite inferior realizable del valor del pH tras la absorción de CO₂, se ha comprobado un valor del pH de 5,5 y mejor de 5,8. Mediante un aumento de la temperatura del canal de intercambio puede también mejorar la redisolución del O₂ (aumento de la temperatura por ejemplo debido a la luz solar irradiada, dado el caso reforzada mediante espejos).

25 Cuando se satura óptimamente el agua con CO₂, ya no puede transportarse de retorno el oxígeno que se forma al eliminar el CO₂, debido a su menor solubilidad, con la misma cantidad en el agua. Así, saldrá el oxígeno en el equipo de la solución y subirá hasta la superficie. Para la acumulación/evacuación pueden posicionarse a intervalos adecuados tuberías colectoras de O₂ en la superficie. En función de la concentración de O₂ y CO₂ puede conducirse el gas desde estas tuberías colectoras al canal de intercambio u otro lugar del equipo (por ejemplo también a la salida del equipo).

30 En una forma de realización procede el CO₂ aportado de la atmósfera y se conduce directamente (por ejemplo tras la extracción del aire atmosférico o como parte integrante del aire atmosférico) desde el entorno del equipo al espacio interior.

35 No obstante de acuerdo con la invención se utiliza (también) el CO₂ que procede de una fuente antropogénica (cámara de combustión de la planta de combustión), para su aportación controlada al equipo (por ejemplo desde una planta de combustión a gran escala, una central de generación o similares).

40 Un ejemplo de ello es la generación de CO₂ durante el funcionamiento de una central para generar energía mediante un proceso de combustión que genera CO₂.

45 De acuerdo con la invención está prevista una combinación del equipo de eliminación de CO₂ con una planta de combustión, en particular por ejemplo una central de generación.

50 Una ventaja especial de esta combinación consiste por ejemplo en que el CO₂ generado durante el funcionamiento de la planta de combustión como parte integrante del gas de escape (por ejemplo como el llamado gas de combustión) tiene ya una concentración muy alta (por ejemplo aproximadamente un 20%), lo que permite una transformación de fotosíntesis muy eficiente. En el caso de que, por ejemplo debido a la clase concreta de organismos utilizados, sea ventajosa una concentración de CO₂ más baja en el entorno, ello puede lograrse sin problemas mediante un proceso de dilución controlado adecuadamente (por ejemplo añadiendo por mezcla aire atmosférico).

55 Una utilización del gas de escape con una elevada proporción de CO₂ posibilita una mejora de la transformación de CO₂ en el equipo. Tal como se ha mencionado, puede ser por ejemplo una concentración de CO₂ en la gama de 35% a 5% especialmente favorable para una transformación

efectiva. En la combinación con una planta de combustión esto puede aprovecharse con especial facilidad para que la misma utilice ya para la combustión, en lugar de aire fresco, una mezcla de gases con una proporción de CO₂ aumentada. Entonces puede aportarse al proceso de combustión una mezcla de gases compuesta (además de oligogases) esencialmente por oxígeno (por ejemplo 20%), CO₂ (por ejemplo 15%) y nitrógeno (resto). En la cámara de combustión se transforma el oxígeno con combustible casi por completo en CO₂, con lo que resulta un gas de escape compuesto por nitrógeno y una elevada proporción de CO₂ (por ejemplo 35%). En cuanto a la combustión, se sustituye entonces el nitrógeno (como gas inerte en muy amplia medida en este contexto) por el CO₂ que igualmente no es combustible y que no actúa como oxidante.

En una forma de realización especialmente preferida se logra entonces un circuito de gas esencialmente cerrado, en el que una cierta cantidad de nitrógeno y CO₂ circula desde la planta de combustión hasta el equipo de eliminación y de retorno, complementada por una cierta cantidad de oxígeno y/o CO₂, que se transforma en la combustión y en la eliminación del CO₂. La proporción de CO₂ que circula sirve entonces para aumentar ventajosamente la concentración de CO₂ en el equipo y permite un funcionamiento del equipo en la zona del óptimo desde los puntos de vista biológico y fotosintético.

Otra ventaja adicional de esta combinación consiste en que la "biomasa" que se produce en base al funcionamiento del equipo de eliminación de CO₂ puede conducirse como combustible (dado el caso combustible adicional) para la operación de la planta de combustión o central de generación.

En una forma de realización incluye el equipo un dispositivo para evacuar O₂ (oxígeno) pudiendo ser este dispositivo una parte o bien una funcionalidad parcial del equipo de evacuación del producto que puede controlarse para la evacuación controlada de productos de la transformación del CO₂.

El dispositivo de evacuación de O₂ puede estar configurado por ejemplo para extraer del espacio interior productos gaseosos de la transformación del CO₂.

En este contexto se entiende que el "O₂" no tiene que evacuarse en forma pura, sino que por ejemplo también puede evacuarse como parte integrante de una mezcla de gases como el aire ("atmósfera del espacio interior") que se encuentra en el espacio interior (o bien zonas del mismo) y/o dado el caso agua prevista en el espacio interior.

El dispositivo de evacuación de O₂ puede utilizarse en particular para evacuar aire con un elevado componente de O₂ procedente de la atmósfera del espacio interior. En un perfeccionamiento se conduce al menos una parte de este aire a un procesamiento posterior y/o reutilización, respecto a lo cual se describirán posteriormente ejemplos.

El dispositivo de evacuación de O₂ puede incluir un llamado separador de CO₂, para a partir del flujo de evacuación separar CO₂ o bien aire rico en CO₂ y con preferencia aportar de nuevo al espacio interior mediante el equipo de aportación de CO₂ al menos una parte del aire rico en CO₂.

El dispositivo de evacuación de O₂, que dado el caso también sirve para la extracción y devolución del CO₂, puede ser parte de un dispositivo de intercambio de aire previsto para el equipo, mediante el cual se provoca un intercambio de aire con preferencia controlado entre el espacio interior (o partes del mismo) y la atmósfera. Un tal dispositivo de intercambio de aire puede utilizarse también en el marco del control de la temperatura del espacio interior del equipo.

En la realización citada bastante más arriba con un canal de intercambio y un intercambio de gas realizado a través de por ejemplo su extensión longitudinal, se concentra O₂ en el curso del paso del flujo del canal de intercambio mediante procesos de redisolución a partir de agua inyectada, así como desde tuberías colectoras de oxígeno conectadas opcionalmente, con lo que la salida del canal puede funcionar como dispositivo de evacuación de oxígeno. Alternativamente a ello, pueden conducir las citadas tuberías colectoras de oxígeno separadamente a la salida del equipo.

Se sabe que determinados microorganismos (por ejemplo microalgas de la clase "Dunaliella parva") son capaces de transformar óxidos de nitrógeno (NO_x) en sustancias inocuas. Esto puede aprovecharse ventajosamente introduciendo tales organismos a la vez en la primera o las primeras zonas recorridas por el flujo del equipo de eliminación de CO₂. Cuando se utiliza un canal de intercambio se acarrea el NO_x en las primeras zonas del canal y se disuelve en agua, ya que sólo se encuentra en pequeñas concentraciones. Con ello puede suprimirse (en función de las sustancias nocivas que se generen) una instalación separada para la desnitrificación del gas de combustión. Básicamente pueden utilizarse/añadirse organismos con la capacidad de transformar los NO_x también en toda la instalación. Esto mismo es válido opcionalmente y de forma análoga también para otras sustancias nocivas en el gas de escape de la combustión, por ejemplo SO₂.

En una forma de realización incluye el equipo un equipo de evacuación de biomasa. Con ello pueden evacuarse del espacio interior los organismos o una parte de los mismos (por ejemplo organismos más

antiguos o ya muertos) y sus productos de metabolismo formados durante el funcionamiento del equipo. Esta evacuación puede realizarse de manera continua o discontinua (por ejemplo a determinados intervalos de tiempo), por ejemplo para mantener o ajustar condiciones predeterminadas del "ecosistema" en el espacio interior del equipo.

5

El equipo de evacuación de biomasa puede llevar colocado a continuación un equipo de tratamiento de la biomasa (con componentes dentro y/o fuera del espacio interior) mediante el cual y en función del caso concreto de aplicación pueden realizarse diversas etapas de procesamiento a continuación (por ejemplo extracción de agua, compresión, etc.).

10

El equipo de evacuación de biomasa, así como el dado el caso el equipo de tratamiento de la biomasa colocado a continuación, pueden estar configurados ventajosamente tal que pueden controlarse, para incluir su funcionamiento en el control del equipo realizado mediante un equipo de control.

15

En un perfeccionamiento preferido, cuando se evacúa la biomasa se extrae agua y se devuelve al espacio interior del equipo. El agua devuelta puede utilizarse en particular como medio de transporte para los organismos (por ejemplo en el caso de plantas acuáticas), para alimentar los organismos, para fines de refrigeración (por ejemplo mediante atomización) y/o para completar un depósito de agua, que por ejemplo constituye un acumulador de calor.

20

En una forma de realización está prevista una extracción esencialmente continua de la biomasa generada en el espacio interior mediante los equipos técnicos correspondientes para la toma, secado y procesamiento a continuación. Así puede lograrse ventajosamente un equilibrio de la generación de biomasa (por ejemplo masa de plantas) y su extracción.

25

Para la gestión del agua del equipo completo ha de considerarse además como importante que el agua que se produce en eventuales procesos de secado de la biomasa generada se recoja y se conduzca de nuevo al equipo, por así decirlo en un circuito. Lo mismo es válido en relación con el vapor de agua que se produce, que se condensa e igualmente puede aportarse de nuevo. El secado de la biomasa se provoca con preferencia, siempre que sea necesario, de forma mecánica (por ejemplo filtración, sedimentación, centrifugado) y/o de forma térmica (por ejemplo influencia de la radiación solar o de otra fuente de calor). La biomasa tomada y dado el caso procesada a continuación puede después aportarse para diversos usos, por ejemplo alimentos y piensos, fertilizantes, materia prima para la producción de carburantes, combustible para instalaciones de combustión, por ejemplo en centrales de generación.

30

En una forma de realización preferida incluye el equipo de evacuación de biomasa un equipo de secado cerrado para secar la biomasa tomada del espacio interior.

35

En un perfeccionamiento está configurado el equipo de secado para secar la biomasa mediante calor procedente de la irradiación solar.

40

En un perfeccionamiento está mantenido el equipo de secado a una temperatura elevada respecto a la de la zona activa en cuanto a fotosíntesis, en particular también respecto a las demás zonas del equipo.

45

En una forma de realización preferida se conduce al equipo de secado esencialmente gas de combustión enfriado (con preferencia como mezcla de gases no saturada) procedente de un proceso de combustión (por ejemplo del funcionamiento de una central de generación).

50

En una forma de realización preferida incluye el equipo de secado un equipo de evacuación de vapor de agua, para evacuar el vapor de agua que aparece durante el secado. Esta evacuación puede realizarse por ejemplo mediante un gas/mezcla de gases. En un perfeccionamiento se conduce el gas/mezcla de gases que contiene vapor de agua directa o indirectamente de nuevo al espacio interior del equipo.

55

En un perfeccionamiento preferido incluye el equipo de evacuación de biomasa un equipo de secado cerrado, en el que la biomasa tomada en trozos o sólida de la zona activa en cuanto a fotosíntesis se conduce a una trituración y/o eliminación del agua o secado. La trituración puede realizarse también durante la extracción o después de la misma. En otro perfeccionamiento preferido del equipo con un equipo de secado cerrado, se extrae agua que contiene biomasa de la zona activa en cuanto a fotosíntesis y se conduce a un sistema de espesamiento y/o desagüe. Al respecto puede estar previsto que se devuelva (recircule) y se añada por mezcla biomasa o mezcla de gases procedentes de etapas del proceso posteriores.

60

En una forma de realización incluye el equipo además un dispositivo de aportación de sustancias auxiliares que puede controlarse, para aportar sustancias auxiliares (por ejemplo sustancias para mantener y/o mejorar un estado de salud de los organismos y/o su eficiencia en cuanto a la fotosíntesis) al espacio interior o bien a los organismos.

65

Las sustancias auxiliares pueden ser en particular sustancias nutritivas, fertilizantes, productos fitosanitarios (por ejemplo contra la incidencia de las enfermedades de los organismos), etc.

5 En una forma de realización preferente se aportan sustancias nutritivas y fertilizantes de forma controlada y de manera y en cantidad adecuadas, para mejorar la realización de la fotosíntesis y dado el caso del crecimiento. Las sustancias nutritivas y fertilizantes adecuados en cada caso se determinan mediante la clase de organismos utilizados. Para combatir eventuales enfermedades (por ejemplo enfermedades de las plantas) o la infestación parasitaria, pueden introducirse mediante el dispositivo de aportación de sustancias auxiliares medios de protección adecuados en cada caso.

10 En una forma de realización preferida está configurado el equipo con una zona, que ocupa en gran medida su superficie total, que es activa en cuanto a fotosíntesis (ocupada por los organismos), por ejemplo más del 80% de la superficie, con preferencia más del 90% de la superficie. Con preferencia posee el equipo una configuración esencialmente extendida superficialmente (contrariamente por ejemplo a tuberías/canales), por ejemplo con una superficie total del equipo cuya raíz cuadrada es mayor que 10^2 veces, en particular 10^3 veces la altura del equipo (altura de las zonas activas en cuanto a fotosíntesis del equipo).

15 En una forma de realización incluye el equipo una zona llena de agua, por ejemplo una pileta llena de agua, para alojar al menos una parte de los organismos en el agua. Esto es ventajoso en particular para la ya citada "solución basada en plantas acuáticas".

20 La pileta de agua o depósito de agua es un equipo para alojar un medio portador (agua, dado el caso con aditivos) para los organismos adecuados para ello. Con preferencia se transforma la zona llena de agua (por ejemplo pileta de agua) en equipo predominantemente para alojar, acumular y mantener disponibles organismos que activan la fotosíntesis con una elevada densidad, con lo que la luz que incide puede aprovecharse en una proporción lo mayor posible para la fotosíntesis. El agua puede estar ocupada por ejemplo por los organismos tan densamente que la intensidad de la luz del sol que incide sobre los organismos por cada metro (en cuanto a "profundidad de penetración") desciende en al menos un 50%.
25 Con preferencia es esta intensidad, para la máxima profundidad de penetración, todavía como máximo de un 10% de la intensidad máxima que se tiene.

30 Se prefiere para una ya antes citada "solución optimizada basada en plantas acuáticas" una realización con una zona activa en cuanto a fotosíntesis que se apoya/ flota/ puede posicionarse sobre una superficie del agua/un acumulador de calor. Las dimensiones preferidas como por ejemplo un grosor de la zona activa y un grosor del equipo completo pueden elegirse por ejemplo tal como se describe más abajo en base a los ejemplos de realización.

35 En una forma de realización se utiliza como depósito de agua una acumulación natural de agua como por ejemplo un gran lago. También puede pensarse en llenar con agua una "pileta natural", dado el caso habiendo tomado medidas técnicas de impermeabilización.

En una forma de realización los organismos son organismos suspendidos en el agua.

40 En una forma de realización los organismos son algas monocelulares o cianobacterias, por ejemplo algas del tipo *Chlorella minutissima*.

45 En un perfeccionamiento se realiza la aportación de CO_2 directamente en el agua, por ejemplo mediante toberas/aberturas de entrada dispuestas bajo el agua para CO_2 o bien un medio que contiene CO_2 (por ejemplo agua enriquecida con CO_2). Alternativa o adicionalmente puede aportarse el CO_2 a la superficie del agua.

50 En una forma de realización está previsto por ejemplo que el CO_2 que procede del funcionamiento de una central de generación o de otra fuente antropogénica se lleve al equipo y se introduzca en el agua en una concentración óptima para el funcionamiento y/o la fotosíntesis. La aportación de CO_2 puede al respecto realizarse de manera controlada teniendo en cuenta los parámetros captados por ejemplo por un sistema sensor en el entorno de los organismos. De esta manera puede evitarse por ejemplo una acidosis del agua y en particular evitarse que se sobrepase una concentración máxima prescrita de CO_2 en el agua. Esta concentración máxima puede prescribirse teniendo en cuenta la clase de organismos utilizados.

55 En un perfeccionamiento están previstos además medios para agitar y/o hacer circular el agua. Estos pueden incluir por ejemplo desagües y acometidas de agua dispuestos en la pileta de agua, sistemas de tuberías de agua con filtros, bombas, etc., agitadores en la pileta de agua, etc. y están configurados con preferencia tal que pueden controlarse.

60 Para lograr una buena exposición a todos los organismos, está prevista en una forma de realización una circulación continua o discontinua (por ejemplo en determinados intervalos de tiempo) y/o agitación del contenido de la pileta de agua. Con ello puede apoyarse el intercambio de sustancias de la fotosíntesis

(fotosíntesis con exposición a la luz, intercambio de sustancias también fuera de la exposición; de esta manera se reduce la influencia de la velocidad de intercambio de sustancias). Con ello puede evitarse en particular una inactivación de la fotosíntesis de los organismos, que puede presentarse cuando la irradiación de la luz se interrumpe.

5

La velocidad de circulación o de agitación ha de limitarse entonces convenientemente tal que los organismos utilizados no estén sometidos a grandes sollicitaciones mecánicas (por ejemplo empuje y/o cizalla).

10

En una forma de realización de la "solución basada en plantas acuáticas" se realiza la portación de CO₂ con preferencia en forma gaseosa introduciéndolo en el espacio interior, por ejemplo en la atmósfera interior del equipo (colchón de gas sobre la superficie del agua). Opcionalmente puede estar prevista aquí una inyección de gotitas de agua en esta atmósfera interior, para lograr una superficie de entrada mayor para la entrada del CO₂ en el agua. Alternativa o adicionalmente puede introducirse CO₂ en el agua también mediante inyección por debajo del nivel del agua. Además puede realizarse alternativa o adicionalmente la aportación del CO₂ en forma de una solución acuosa (que contiene CO₂), que por ejemplo puede generarse llevando el agua a un contacto intenso con gas que contiene CO₂ (por ejemplo inyección de finas gotitas de agua en el gas correspondiente). Además puede introducirse también CO₂ mediante expansión y/o estrangulación de CO₂ suministrado comprimido al equipo (en forma gaseosa o líquida) o bien mediante vaporización del CO₂ suministrado líquido o sólido, dado el caso de nuevo mediante una expansión y/o estrangulación con preferencia controlada.

15

20

Se prefiere especialmente para la "solución basada en plantas acuáticas" y su optimización una aportación mediante un canal de intercambio, distribuyéndose agua finamente distribuida, en particular inyectándose en un flujo de gas que contiene CO₂. En el canal de intercambio se conectan ventajosamente segmentos con elevada concentración prevista de CO₂ al comienzo de un tramo longitudinal y segmentos con una baja concentración prevista al final. Así se optimizan los procesos de intercambio de sustancias y transporte de sustancias.

25

30

Con preferencia está prevista sobre la pileta de agua una cubierta o techo para reducir las pérdidas por vaporización (agua) y pérdidas por desgasificación (CO₂). En el caso más sencillo esta función se realiza mediante la cubierta envolvente del equipo o bien una parte de esta cubierta envolvente. Una tal cubierta puede presentar también una característica de permeabilidad adecuada para la luz solar.

35

Ventajosamente se logra (en la configuración como "solución optimizada basada en plantas acuáticas") una cubierta o techo (es decir, la separación entre la elevada concentración de CO₂ y la atmósfera) mediante una lámina o placa apoyada (en gran medida) sobre la superficie del agua, que puede inundarse por la luz del sol en las gama de longitudes de onda relevantes o bien una configuración de una pluralidad de tales láminas y/o placas. Mediante el apoyo directo se evitan sollicitaciones debidas al viento (presión diferencial, presión dinámica).

40

En una forma de realización, que en particular es adecuada para la citada "solución basada en plantas terrestres" incluye el equipo un dispositivo portador para una configuración espacial predeterminada de los organismos.

45

En una forma de realización se utiliza como dispositivo portador un suelo natural adecuado para poblarlo con organismos (por ejemplo plantación de árboles, arbustos, hierbas, etc.).

50

Alternativa o adicionalmente se realiza el dispositivo portador mediante un dispositivo técnico previsto expresamente para ello, como por ejemplo plantadores, etc. También pueden estar recubiertas las superficies del dispositivo portador dotadas de plantas terrestres de un material que puede cubrirse con plantas o bien estar compuesto por un tal material (por ejemplo esteras vegetales).

55

En un perfeccionamiento preferido puede moverse el dispositivo portador de manera controlada, por lo que con ello también puede variar la disposición espacial de los organismos. El dispositivo portador puede incluir por ejemplo portadores de plantas extendidos superficialmente y que pueden moverse mediante control, que están dotados de los correspondientes organismos.

60

La posibilidad de moverse del dispositivo portador o bien de partes del mismo hace posible por ejemplo ventajosamente optimizar la disposición de los organismos en cuanto a una orientación de la irradiación solar en ese momento o bien hacer un seguimiento de una tal dirección de la irradiación solar. También puede pensarse en mover una parte de los organismos temporalmente desde zonas con exposición a la luz del sol.

65

En una forma de realización está previsto que el dispositivo portador presente superficies o componentes estáticos o que puedan moverse controladamente, que están dotados de organismos que activan la fotosíntesis.

- 5 Los organismos se mantienen en el espacio interior del equipo con preferencia bajo una humedad predeterminada y una concentración de CO₂ predeterminada. Para la fotosíntesis en muchas clases de plantas terrestres es muy ventajosa por ejemplo una concentración de CO₂ en la gama de 0,1-5%. Mediante la clase de organismos utilizados se determina una máxima concentración de CO₂ que no ha de sobrepasarse en todo lo posible. Las superficies o componentes a los que están sujetos los organismos pueden estar dotados de una configuración de suelo biológicamente activo.
- 10 Las zonas de la superficie del equipo portador dotadas de organismos están dispuestas con preferencia tal que la luz solar incidente puede aprovecharse en una parte lo más grande posible para la fotosíntesis. Para lograr una buena exposición a la luz de la mayor cantidad posible de organismos, pueden discurrir las superficies por ejemplo inclinadas, curvadas o con forma ondulada. Las superficies que pueden moverse pueden ventajosamente hacer un seguimiento de la irradiación solar. El espacio interior puede estar ocupado por ejemplo con los organismos con una densidad tal que la intensidad de la luz solar que incide sobre los organismos por metro (en "profundidad de penetración") desciende en al menos un 30%.
- 15 Con preferencia es esta intensidad, para la máxima profundidad de penetración, aún como máximo un 10% de la intensidad máxima que se da.
- 20 Para lograr una buena exposición a la luz de la mayor cantidad posible de organismos, pueden moverse superficies móviles, inclusive los organismos dispuestos sobre las mismas, continuamente de forma sucesiva hasta una posición de irradiación y de nuevo desde la misma. Con ello puede apoyarse por ejemplo el intercambio de sustancias de la fotosíntesis. También así puede evitarse una inactivación de la fotosíntesis de los organismos, que puede presentarse cuando la irradiación de la luz es ininterrumpida.
- 25 El nivel de humedad se mantiene con preferencia mediante inyección de gotas de agua, rociado, irrigación, etc. o bien se ajusta a una medida deseada. Además puede pensarse en llevar los organismos o parte de los mismos, temporal o duraderamente, bajo el agua.
- 30 Para la aportación controlada de CO₂ a la atmósfera del espacio interior del equipo pueden estar previstos equipos técnicos, tal como se han descrito ya antes para la solución basada en plantas acuáticas.
- 35 Un intercambio de aire controlado entre el espacio interior y la atmósfera puede ser útil en el marco de un mantenimiento y/o ajuste de una composición predeterminada de la atmósfera del espacio interior. Con ello puede evacuarse por ejemplo el O₂ generado durante la fotosíntesis. En un dispositivo de intercambio de aire correspondiente debe estar prevista una separación de CO₂, para evitar una salida incontrolada de CO₂ al entorno. Hay que tener en cuenta al respecto que en general una concentración de CO₂ elevada en el espacio interior (en comparación con la concentración atmosférica en CO₂) es recomendable y por lo tanto una salida incontrolada de CO₂ implicaría a menudo una pérdida de eficiencia de la transformación del CO₂. Además, la pérdida de CO₂ no se desea ya que el dispositivo sirve u opera para eliminar el CO₂. Además resultaría un perjuicio para el medio ambiente.
- 40 Además es ventajoso que el dispositivo de intercambio de aire esté dotado de una refrigeración, para obtener agua mediante condensación, la cual puede devolverse al espacio interior para alimentar los organismos o para otros fines.
- 45 En una forma de realización preferida incluye el equipo zonas activas en cuanto a fotosíntesis con una ocupación de diversas clases de organismos. Los organismos de las distintas zonas pueden adaptarse por ejemplo en cuanto a clase y/o concentración a la concentración de CO₂ prevista en la zona correspondiente.
- 50 En una forma de realización preferida están elegidos los organismos y/o están previstos adicionalmente organismos de otra clase tal que se realiza, al menos parcialmente, una desnitrificación de un medio que contiene CO₂ mediante los organismos. Para la desnitrificación pueden estar previstos por ejemplo microorganismos como por ejemplo microalgas de la clase *Dunaliella parva*.
- 55 Un procedimiento que puede utilizarse en el marco de la presente invención para eliminar CO₂ puede incluir:
- 60
- Fotosíntesis para transformar CO₂ mediante una pluralidad de organismos que activan la fotosíntesis,
 - mantenimiento de condiciones predeterminadas en el entorno para los organismos mediante una cubierta envolvente para alojar los organismos en un espacio interior de la cubierta envolvente,
 - introducción de luz del sol en el espacio interior,
 - aportación controlada de CO₂ al espacio interior,
 - evacuación controlada de productos de la transformación del CO₂.
- 65 Con preferencia se realiza este procedimiento de eliminación de CO₂ utilizando un equipo de la clase antes descrita.

Todas las particularidades y/o perfeccionamientos ya antes descritos del equipo de eliminación de CO₂ pueden estar previstos de manera análoga individualmente o en cualquier combinación, también para el procedimiento de eliminación de CO₂.

- 5 Resumiendo, pueden realizarse y utilizarse selectivamente en base a los equipos y procedimientos utilizados en el marco de la invención en particular equipos a gran escala técnica, para poder realizar fotosíntesis con una gran efectividad y reducido consumo de recursos. En particular pueden lograrse por ejemplo las siguientes ventajas:
- 10 – Una utilización en regiones de alta irradiación solar (por ejemplo desiertos) da lugar a una elevada intensidad de radiación con baja oscilación a lo largo del año. Esto significa una maximización de la irradiación.
- 15 – En la "solución de plantas acuáticas" un equipo como el antes descrito (realizado de forma natural y/o técnica) con elevada densidad de organismos que activan la fotosíntesis, puede aportar un elevado potencial de aprovechamiento mediante la presencia de una gran cantidad de organismos. Esto significa una maximización de los posibles receptores. Una circulación activada y/o agitación posibilita un equilibrio o compensación de los tiempos de intercambio de sustancias. Junto con el punto anterior significa la circulación activada una maximización de la exposición de los receptores (correspondería a una maximización de la superficie de la hoja en plantas terrestres).
- 20 – En la "solución de plantas terrestres" pueden preverse superficies o componentes estáticos o móviles con organismos que activan la fotosíntesis en un sistema para alojar la mayor cantidad posible de organismos. De ello resulta un elevado potencial de aprovechamiento mediante la presencia de una gran cantidad de organismos. Cuando está previsto un movimiento continuo o sucesivo de organismos hasta una posición de radiación y luego de nuevo hacia fuera de la misma, entonces resulta un equilibrio o bien una compensación de los tiempos de intercambio de sustancias. Cuando se utiliza en regiones de elevada irradiación solar, esto significa una maximización de la exposición.
- 25 – Mediante una elevada concentración de CO₂, una conducción de la temperatura (en particular con limitación de la temperatura) utilizando los organismos en la pileta de agua ("solución de plantas acuáticas") o bien bajo humedad ("solución de plantas terrestres") se consiguen condiciones óptimas para la fotosíntesis. Esto significa una maximización de la velocidad de la fotosíntesis.
- 30 – Una cubierta envolvente adecuada (por ejemplo al menos tapa/techo), un intercambio de aire y una evacuación regular o continua de biomasa, delimita ventajosamente la "biosfera" que se consigue hacia afuera. Puede lograrse un equilibrio entre generación y evacuación de la biomasa. Con ello puede mantenerse en la biosfera una composición favorable, en particular óptima, del medio del espacio interior (por ejemplo concentraciones de CO₂, O₂, etc. en el aire y/o agua).
- 35 – Una utilización de sustancias fotoluminiscentes para transformar partes no efectivas (por ejemplo de onda corta) de la luz solar, posibilita una maximización de la proporción efectiva de la luz irradiada.
- 40 – Con una utilización de superficies especulares u otros dispositivos de conducción de la luz para conducir al interior luz solar adicional, puede lograrse un aumento de la irradiación. En la "solución de plantas terrestres" puede lograrse un aumento adicional mediante un seguimiento de los organismos (en función de la dirección momentánea de la irradiación de la luz).
- 45 – Una extracción/secado/procesamiento a continuación de la biomasa hace que esta sea útil de diversas formas, por ejemplo como materia prima para alimentos o piensos, como fertilizante posible para fines agrícolas, materia prima para carburantes (sin influir sobre la disponibilidad de alimentos como en el bioalcohol, etc.), combustible para centrales de generación o similares con una gran homogeneidad y grado de secado ajustable.
- 50 La invención ofrece así posibilidades interesantes de una solución duradera para el problema del CO₂, sin tener que comprimir el CO₂ subterráneamente hacia formaciones geológicas.
- 55 La "solución de plantas acuáticas" ofrece, además del ajuste de una proporción de CO₂ aumentada y/o que puede optimizarse, la ventaja frente a una plantación con plantas terrestres de que puede evitarse de manera sencilla la vaporización masiva y con ello el secado cuando hay una intensa incidencia de la luz.
- 60 La "solución de plantas terrestres" ofrece en particular la ventaja de que además del ajuste de una proporción elevada y/o que puede optimizarse de CO₂, de manera sencilla pueden tomarse medidas frente a temperaturas demasiado altas y frente a una vaporización excesiva cuando hay una intensa incidencia de la luz.
- 65

Además logra la invención posibilidades fáciles de realizar para minimizar la pérdida de agua en su conjunto. A este respecto se han dado explicaciones específicas más arriba (y se darán a continuación). Así hace posible la invención en particular una utilización económica de fotosíntesis en zonas desérticas como por ejemplo el Sáhara.

5

Ventajosamente pueden utilizarse con la invención superficies que caso contrario habría que considerar esencialmente infructuosas y con ello esencialmente inútiles. En la "solución de plantas acuáticas" existe por ejemplo la ventaja especial de que en comparación con plantas terrestres, con condiciones óptimas, puede transformarse un múltiplo de cantidad de CO₂ a igualdad de superficie utilizada. En la "solución de plantas terrestres" existe la ventaja especial de que mediante las medidas de optimización descritas para ello puede lograrse una elevada eficiencia (en cuanto a transformación de CO₂ y/o generación de biomasa) a igualdad de superficie utilizada.

10

Según un aspecto de la presente invención, se logra el objetivo formulado al principio mediante una planta de combustión, en particular central de generación, que incluye una cámara de combustión, en particular para la generación de energía, mediante un proceso de combustión que genera CO₂, que incluye un equipo de la clase antes descrita para la eliminación, al menos parcial, de CO₂ a partir del gas de escape (que además está conectado con ello).

15

En una forma de realización preferente incluye la planta de combustión un equipo de aportación de aire que puede controlarse, para el ajuste a elección de un funcionamiento con aire fresco y/o aire de escape de una zona activa en cuanto a fotosíntesis.

20

En una forma de realización preferida incluye la planta de combustión un equipo de aportación de aire que prevé un funcionamiento con aire aportado que presenta un contenido en CO₂ mayor que el de la atmósfera.

25

Según la invención está integrada la cámara de combustión y una zona activa en cuanto a fotosíntesis en un circuito de gas esencialmente cerrado.

30

En una forma de realización preferida, se utiliza la biomasa evacuada del espacio interior indirecta o directamente como combustible o como parte del combustible para el funcionamiento de la planta de combustión.

35

En una forma de realización preferida son la biomasa evacuada y el combustible o parte del combustible aportado al proceso de combustión formas en las que se encuentran las sustancias en un circuito de sustancias esencialmente cerrado (biomasa = combustible).

40

Según otro aspecto de la presente invención, se logra el objetivo formulado al principio mediante un procedimiento para operar una planta de combustión, en particular una central para generación de energía mediante un proceso de combustión que genera CO₂, que incluye la etapa de una eliminación al menos parcial de CO₂ del gas de escape utilizando un equipo de eliminación de CO₂ de la clase antes descrita y/o un procedimiento de eliminación de CO₂ de la clase antes descrita.

45

La invención hace posible así también una "central esencialmente libre de CO₂" (en particular central a gran escala) y/o un funcionamiento esencialmente libre de CO₂ de una central de generación.

50

Mediante la utilización de un equipo de eliminación de CO₂ y/o de un procedimiento de eliminación de CO₂ de la clase aquí descrita, puede lograrse en particular una central de generación a gran escala con una expulsión reducida o prácticamente nula de CO₂ a la atmósfera. El concepto "central de generación a gran escala" debe incluir en particular un equipamiento de central de generación con una potencia (máxima) de generación de energía de más de 100 MW, en particular de más de 1000 MW.

55

Para limitar las emisiones de CO₂, se instalaron hasta ahora mecanismos de regulación y limitación, como la expedición de certificados de emisión. En particular para centrales a gran escala se formuló ya según el estado de la técnica la exigencia de separar el CO₂ que se forma y conducirlo por ejemplo a un lugar de almacenamiento a largo plazo ("CCS"), para luchar contra un aumento adicional de la concentración atmosférica en CO₂.

60

Para la separación de CO₂ en centrales de generación se encuentran actualmente desarrollándose a gran escala o en pruebas tres orientaciones de la tecnología: "precombustión", "Oxy-fuel", "postcombustión".

65

Un grave inconveniente de todas las tecnologías conocidas es que las mismas implican una considerable reducción del rendimiento del orden de magnitud de un 10% en puntos. En un bloque moderno de centrales de generación con un rendimiento inicial de por ejemplo 45% y una reducción del rendimiento del 9%, resultaría un nuevo rendimiento del 36%: una reducción en la generación eléctrica del 20%. Esto

corresponde en una central a gran escala con una potencia inicial de 1000 MW a una reducción de la potencia de 200 MW a igualdad de consumo de combustible.

5 Así puede observarse que para el problema técnico de la separación y almacenamiento de CO₂ procedente de procesos de una central de generación ciertamente existen enfoques de soluciones, pero todas las soluciones conocidas a gran escala técnica implican el inconveniente de fuertes reducciones de la potencia y de los ingresos.

10 Por el contrario evita la presente invención el inmenso coste en energía para la separación de CO₂. Y ello se realiza con ayuda de una introducción más o menos directa del gas de escape (por ejemplo gas de combustión), con preferencia purificado y enfriado, en un sumidero de CO₂ separado de la atmósfera, basado en la fotosíntesis, de la clase aquí descrita.

15 Antes ya se han descrito posibles formas de realización de sumideros de CO₂ de los que se trata y/o su funcionamiento. Los mismos se basan en el proceso biológico de la fotosíntesis, mediante el cual puede transformarse el CO₂ del gas de escape en O₂.

20 En comparación con centrales de generación u otras plantas de combustión libres de CO₂ existentes, en las cuales ha de aportarse un elevado consumo para la separación, compresión y licuación del CO₂ a gran escala técnica, se realiza aquí la separación dentro del equipo de eliminación de CO₂ mediante organismos que activan la fotosíntesis. En lugar del almacenamiento en formaciones geológicas, se realiza la eliminación del CO₂ mediante transformación en O₂ y biomasa (por ejemplo masa de plantas).

25 Ya no se producen costes importantes de energía como sucede en el estado de la técnica, por ejemplo para la compresión del CO₂ y para su preparación. Así puede realizarse con la invención una central de generación libre de CO₂ sin reducciones de potencia importantes.

30 Debido a su funcionamiento, reinan en el gas de escape de centrales de generación usuales concentraciones de CO₂ mucho más elevadas que en la atmósfera. Esto beneficia mediante la invención al proceso de la fotosíntesis, que por lo general tiene su óptimo a una concentración de CO₂ elevada (pero dependiente de la clase utilizada de organismos que activan la fotosíntesis, por ejemplo *Chlorella minutissima*).

35 Una concentración de CO₂ favorable, al igual que la máxima admisible en cada caso, depende de la clase de organismos que activan la fotosíntesis y sus condiciones ambientales. Puede evitarse que se dañen los organismos eligiendo adecuadamente la concentración de CO₂ y las condiciones marginales (también: optimización de la actividad de fotosíntesis).

40 Como sumidero de CO₂ a acoplar con la central de generación correspondiente, procede por ejemplo una superficie de bosque, agraria o de terreno verde cubierta por arriba en una gran superficie, que puede contener y/o absorber una concentración de CO₂ mayor que la del entorno.

45 Además procede una gran superficie de agua o bien un gran depósito de agua, que contiene organismos que activan la fotosíntesis y en el cual, de manera controlada, puede introducirse una determinada concentración (relativamente alta) de CO₂.

50 Aquí podría garantizar incluso la limitada velocidad de paso del CO₂ desde el agua al aire una cierta separación de la atmósfera, con lo que la propia superficie del agua puede utilizarse como "cubierta envolvente" de la clase antes citada.

Se entiende que en cuanto a la configuración concreta del equipo de eliminación de CO₂ incluido (incluso "allí acoplado") en la correspondiente central de generación (u otra planta de combustión), puede recurrirse ventajosamente a las configuraciones y medidas especiales ya descritas.

55 En particular procede un sumidero de CO₂ apoyado por técnica a gran escala. El equipo de eliminación de CO₂ formado puede tener por ejemplo una extensión en cuanto a superficie de más de 10¹ km², en particular de más de 10² km².

60 A continuación se describirán a modo de ejemplo algunas variantes de configuración ventajosas de centrales de generación y/o procedimientos de operación para las mismas de acuerdo con la invención. Se entiende que muchos de los detalles de configuración descritos (siempre que se refieran al equipo de limitación de CO₂ como tal) también pueden utilizarse ventajosamente cuando se trata de una aplicación aislada del equipo de eliminación de CO₂ y también cuando se utiliza en combinación con plantas de combustión de otro tipo:

65 – Superficie de bosques, agraria o verde ("solución basada en plantas terrestres") techada: Aquí procede un techado de estructura ligera, que puede estar configurado a modo de un pabellón hinchable (una lámina se levanta del suelo mediante una presión interior ligeramente aumentada).

Mediante una elección y configuración adecuadas de la lámina (por ejemplo plástico transparente) puede penetrar la luz del sol incidente con la menor debilitación posible en el sumidero de CO₂. Como forma constructiva alternativa puede pensarse también en pabellones usuales de tipo constructivo más sencillo (con preferencia estancos), por ejemplo como estructura de soporte de acero o de hormigón armado con una proporción suficiente de elementos transparentes, por ejemplo de vidrio, plexiglás u otros plásticos transparentes. La introducción del CO₂ se realiza con preferencia en forma gaseosa, introduciendo el gas de combustión purificado en el espacio interior del equipo o en forma de una solución acuosa. La solución acuosa puede generarse por ejemplo poniendo en contacto intenso el agua con el gas de combustión que contiene CO₂ (inyección de finas gotitas de agua en el gas de combustión). Para mejorar la realización de la fotosíntesis y el crecimiento pueden añadirse a los organismos sustancias nutritivas y fertilizantes de clase y en cantidad adecuadas. Para combatir eventuales enfermedades de las plantas o la infestación parasitaria pueden introducirse en cada caso productos fitosanitarios adecuados. Además con preferencia presentan las superficies antes citadas, al menos parcialmente, un suelo adecuado para el crecimiento de los organismos.

- Gran superficie de agua o gran depósito de agua ("solución basada en plantas acuáticas"): Aquí se realiza la fotosíntesis mediante organismos que se encuentran, al menos en gran parte, en el agua, en la tierra o en las orillas. La separación entre la concentración de CO₂ elevada y el entorno puede realizarse como en superficies de bosques o verdes (ver más arriba). Además, si el CO₂ está ya disuelto en el agua y si la velocidad alcanzada por la fotosíntesis supera la (limitada) velocidad de paso del CO₂ del agua al aire, puede renunciarse a una costosa cubierta envolvente o capa/separación específica. Ventajosamente se logra la separación de la elevada concentración en CO₂ mediante un componente plano (por ejemplo sistema de láminas o similares) que se coloca (en gran medida) sobre la superficie del agua y que puede inundar la luz del sol. Mediante el apoyo directo se evitan solicitaciones debidas al viento. El CO₂ puede disolverse por ejemplo mediante atomización de gotitas de agua en el gas de combustión. El agua enriquecida en CO₂ puede introducirse por bombeo en diversos lugares del depósito de agua, para lograr una distribución conveniente. Alternativamente puede aportarse al depósito de agua un medio enriquecido con CO₂. En otra alternativa puede llevarse gas de combustión o una mezcla de gases que contiene CO₂ a tomar contacto con agua (por ejemplo mediante un colchón de gas sobre el agua, inyección de burbujas de gas en el agua). Para lograr una buena disposición de todos los organismos, puede hacerse circular o agitarse el contenido del depósito continuamente. Esto apoya también el intercambio de sustancias de la fotosíntesis. La velocidad de circulación o de movimiento debe entonces limitarse de tal manera que los organismos no se dañen. Para mejorar la fotosíntesis pueden aportarse a los organismos sustancias nutritivas y fertilizantes en clase y cantidad adecuados. También pueden aportarse en cada caso medios de protección adecuados (por ejemplo productos fitosanitarios).
- Sumideros de CO₂ a gran escala técnica de la clase ya antes descrita como equipos de eliminación de CO₂: Su función esencial consiste, como en los otros sumideros de CO₂, en eliminar CO₂ del gas de combustión de manera fotosintética. Los mismos tienen en cada caso como fundamento el esfuerzo por aumentar la efectividad de la fotosíntesis mediante equipos a gran escala técnica y reducir el consumo de recursos (explotación de la tierra).
- Los sumideros de CO₂ pueden realizarse ventajosamente en forma de segmentos o celdas individuales, para limitar las perturbaciones y perjuicios a zonas individuales y para poder optimizar además la transformación de sustancias. La alimentación de las celdas con gas de combustión/CO₂ o con medio que contiene CO₂ (por ejemplo agua enriquecida con CO₂) puede realizarse entonces en forma de un circuito serie, paralelo o alternadamente/intermitentemente. Circuito serie: El gas de combustión/CO₂/medio se conduce de una celda a la siguiente; la concentración de CO₂ desciende de una celda a otra celda. Resulta posible una optimización de las celdas y/o especialización de los organismos para la concentración correspondiente de CO₂. Circuito paralelo: Todas las celdas se someten en la misma medida a CO₂; todas las celdas tienen (aproximadamente) la misma concentración de CO₂ y la misma misión de eliminación de CO₂. Carga alternada/intermitente: A las células se conduce una cierta cantidad de CO₂ y las mismas realizan la tarea de eliminación del CO₂ a lo largo de un periodo de tiempo antes de que se realice una nueva alimentación. En el tiempo en el que no se realiza alimentación de una celda, se realiza la alimentación a otras celdas existentes (o bien se introduce gas de combustión/CO₂ y/o se lleva a otros equipos y/o se cede al entorno - carga intermitente). Son posibles cualesquiera combinaciones de las clases de conexión y pueden ser ventajosas en relación con las necesidades biológicas de los organismos que activan la fotosíntesis utilizados.
- En zonas geográficas industrializadas y/o densamente pobladas, apenas existe sitio suficiente para plantas de generación con sumideros de CO₂ de dimensión suficiente (para un bloque de centrales con una potencia de 1000 MW serían necesarias, en función de la efectividad y de la forma de realización del sumidero de CO₂, superficies de entre 100 y 10.000 km²). Por ello se propone instalar las centrales de generación descritas con el equipo de eliminación de CO₂ más

bien en zonas menos pobladas con elevada irradiación solar y bajos costes del terreno (por ejemplo desiertos). Cuando reinan elevadas temperaturas durante el día y existen fuertes oscilaciones de la temperatura, es conveniente entonces, para lograr una temperatura óptima para la fotosíntesis, una estabilización de la temperatura y/o una conducción activa de la temperatura y/u opcionalmente una refrigeración.

- 5
 - 10
 - 15
 - 20
 - 25
 - 30
 - 35
 - 40
 - 45
 - 50
 - 55
 - 60
- En la solución basada en plantas terrestres, ello puede lograrse aportando una capacidad térmica suficientemente alta (por ejemplo grandes masas de agua), mediante refrigeración por vaporización (gran superficie de agua, por ejemplo mediante inyección continua de gotitas de agua), mediante cobertura de parte de las superficies por medio de diafragmas/espejos o similares, así como mediante refrigeración activa (instalaciones de climatización/instalaciones de refrigeración, instalaciones de refrigeración de retorno). Para asegurarse un nivel de humedad suficiente para la fotosíntesis, debe asegurarse una humedad del aire suficiente. Caso necesario pueden inyectarse gotitas de agua para una humectación adicional, pudiéndose prever además un rociado y/o riego. También puede pensarse en poner bajo el agua temporalmente o de forma duradera los organismos o parte de los mismos.
 - En la solución basada en plantas acuáticas contribuye ya la capacidad térmica del agua a compensar las oscilaciones diarias de temperatura. Si es necesario, pueden utilizarse adicionalmente detalles como en la solución basada en plantas terrestres.
 - Para zonas techadas/cubiertas de los sumideros de CO₂, es ventajoso un intercambio de aire controlado para la evacuación regulada del O₂ generado (por ejemplo mediante uno o varios canales de intercambio). Para mejorar la efectividad pueden utilizarse sustancias fotoluminiscentes para transformar partes integrantes de la radiación solar desfavorables para la fotosíntesis en radiación activa en cuanto a fotosíntesis. Las sustancias fotoluminiscentes pueden estar elegidas tal que resulte una transformación lo más favorable posible (por ejemplo transformación de cuantos de luz de la gama de UV en cuantos de luz menos ricos en energía en el espectro visible, que presentan un elevado rendimiento de fotosíntesis).
 - Para mantener el equilibrio entre generación de biomasa y su extracción, puede ser ventajosa una extracción de biomasa esencialmente continua.
 - En la solución basada en plantas terrestres puede tomarse la biomasa mediante equipos técnicos (cosechado/segado/asentado/roturado), dado el caso transportarse, triturarse, prepararse o reelaborarse.
 - En la solución basada en plantas acuáticas puede tomarse y reelaborarse la biomasa mediante equipos técnicos para la extracción, secado y procesamiento posterior. Mediante una toma esencialmente continua se evita también una sedimentación o un atascamiento de la pileta de agua o del equipo que aloja los organismos.
 - La masa tomada puede aportarse a diversas utilidades, por ejemplo: alimentos o forrajes, fertilizantes, materia prima para carburantes, nuevo combustible para centrales de generación. En el caso de una de las aplicaciones primeramente citadas, podría lograrse, al conseguir grandes superficies de alto valor para plantas terrestres o acuáticas, un gran beneficio adicional. En el caso de la última aplicación citada (combustible para centrales de generación) resulta un inmenso potencial de aprovechamiento adicional. No tendría que quemarse para el funcionamiento de la central de generación ningún combustible fósil, o sólo muy poco, pudiendo utilizarse más bien en el sentido más auténtico materias primas renovables (que se generan mediante la instalación realizada incluso con ayuda de la luz solar incidente) como combustible para la central de generación. Al respecto se trata del aprovechamiento selectivo de la energía solar que incide sobre el sumidero de CO₂; la misma se transforma mediante fotosíntesis en energía química en forma de biomasa y puede transformarse en el proceso de la central de generación en energía eléctrica con un rendimiento de por ejemplo el 45%.
 - Con miras al flujo de sustancias biomasa/combustible, puede anteponerse en el circuito, antes de una utilización de la biomasa como combustible para la central de generación, un proceso adecuado de preparación y/o secado.

Para la solución "basada en plantas terrestres" se toman en consideración por ejemplo métodos de preparación tal como los que se conocen esencialmente por el estado de la técnica. Para el secado se utiliza, siempre que sea absolutamente necesario, con preferencia un secado en una zona de secado cerrada. Para ello se esparce la biomasa por ejemplo en una zona de secado y se somete a la irradiación solar. La evacuación del vapor de agua que se forma debido a la vaporización se realiza por ejemplo mediante gas de combustión seco, que (enfriado en gran medida) recorre la zona de secado y puede absorber y evacuar vapor de agua hasta una saturación.

- 5 Para la "solución basada en plantas acuáticas" puede realizarse como primera etapa (una vez extraída la biomasa de la zona activa en cuanto a fotosíntesis) por ejemplo un espesamiento/deshidratación de la biomasa con ayuda de procedimientos conocidos de la técnica de procesos mecánicos (por ejemplo prensado, etc.). Para ello se utilizan equipos como "drainbelts" (cinturones de drenaje), filtros-prensa de banda y/o tornillos sin fin excéntricos. Para mejorar el manejo de la biomasa deshidratada, puede añadirse por mezcla biomasa ya desecada (con ayuda de mezcladores de doble eje).
- 10 Además es ventajoso un secado adicional, que se realiza en una proporción muy predominante mediante una aportación de calor solar en una zona de secado cerrada. Para ello se esparce la biomasa por ejemplo en una zona de secado (en estado de agua eliminada mecánicamente) y se somete a la radiación solar. La evacuación del vapor de agua que se forma debido a la vaporización, se realiza por ejemplo mediante gas de combustión seco, que recorre (en gran medida enfriado) la
- 15 zona de secado y que puede absorber y evacuar vapor de agua hasta una saturación. El gas de combustión ahora húmedo recorre el equipo de eliminación de CO₂ y/o un canal de intercambio y devuelve la humedad al equipo y/o al canal de intercambio.
- 20 Si el gas de combustión, al quemarse combustibles húmedos y/o quemarse combustibles con elevado contenido en hidrógeno (formación de H₂O), no está suficientemente seco para una evacuación suficiente del vapor de agua, puede utilizarse esta capacidad de transporte extrayendo del equipo y recirculando gas de combustión parcialmente purificado (por ejemplo del canal de intercambio). Debido a la elevada temperatura existente en el equipo de secado en comparación con la del equipo, puede absorber este gas vapor de agua adicional, incluso cuando se toma del equipo esencialmente saturado.
- 25
- Para la gestión del agua de la instalación completa ha de considerarse importante que el agua que se produce en eventuales procesos de secado de la biomasa generada se recoja y se conduzca de nuevo al circuito. Lo mismo es válido en relación con el vapor de agua que se genera, que debe condensarse e igualmente devolverse. Además puede accederse al vapor que se genera en el gas de combustión (por ejemplo de la combustión de la biomasa obtenida o de combustibles que contienen hidrógeno) de la instalación completa mediante condensación o
- 30 mediante conducción directa a los sumideros de CO₂.
- El aire de escape de los sumideros de CO₂ puede conducirse ventajosamente, total o parcialmente, de nuevo a la central de generación como aire de combustión. Esto ofrece la ventaja de que también puede ser admisible una proporción de CO₂ algo más elevada en el aire de escape y de que se puede ahorrar la parte de la eliminación del CO₂, que debido a la baja concentración de CO₂ discurre con una velocidad inferior. Con ello se ahorra en cuanto a
- 35 superficie total necesaria.
- En una variante de configuración ventajosa de la central de generación, está conectada la misma con los consumidores a través de una transmisión a alta tensión en corriente continua (HVDC), un equipo de transmisión especialmente adecuado para grandes distancias.
- 40
- 45 Resumiendo, puede realizarse en base a la central de generación y/o procedimiento de operación de acuerdo con la invención una solución duradera para el problema de la energía, al poder transformarse en particular la energía que incide en latitudes de sol abundante, con ayuda de tecnologías competitivas a gran escala técnica, en energía eléctrica. Resulta posible un suministro extremadamente competitivo con energía eléctrica neutra en cuanto a CO₂.
- 50
- Una posibilidad conocida para eliminar el CO₂ consiste, tal como ya se ha descrito al principio, en el almacenamiento en grandes formaciones subterráneas. Alternativamente al almacenamiento de CO₂ ("CCS") pueden comprarse derechos de emisión también con ayuda del "Clean Development
- 55 Mechanism" (CDM) mediante reducción de las emisiones en países en desarrollo y mediante la transferencia de tecnología favorable al medio ambiente en países en desarrollo. Además se bonifica bajo CDM la creación de sumideros de CO₂ (por ejemplo reforestación) mediante derechos de emisión.
- 60 Partiendo de esta base, queda claro que sería muy atractivo y ofrecería económicamente un potencial extremadamente alto un modelo de negocio adecuado para el funcionamiento de un equipo para eliminar CO₂, en particular un sumidero de CO₂ a gran escala técnica. Además mediante un tal modelo de negocio se crearían las bases de un beneficio considerable para el medio ambiente y se combatiría el calentamiento global.
- 65
- Por ello es interesante un procedimiento para la utilización rentable de un sistema de eliminación de CO₂, incluyendo la construcción y el funcionamiento de un sumidero de CO₂, en particular en una

posición geográfica con elevada irradiación solar y/o bajos costes del terreno (por ejemplo en un desierto).

El procedimiento puede incluir (no forzosamente en esta secuencia) las siguientes etapas:

- 5
- Planificación y construcción de un sumidero de CO₂, en particular de un equipo de eliminación de CO₂ de la clase ya antes descrita.
- 10
- Generación y/o aceptación de pedidos para eliminar CO₂.
 - Aportación de CO₂ al sumidero de CO₂.
- 15
- Funcionamiento del sumidero de CO₂, con preferencia incluyendo una medición para certificar la capacidad de eliminación de CO₂.
 - Validación de la potencia de eliminación de CO₂. Una "validación" puede ser por ejemplo el cobro de las correspondientes primas legales, pero también por ejemplo una reducción o condonación justificada, en base a la capacidad de eliminación de CO₂, de impuestos que se pagarían en otro caso.

El procedimiento puede incluir además una o varias de las siguientes etapas:

- 20
- Comercialización de la biomasa obtenida durante el funcionamiento del sumidero de CO₂.
- 25
- Optimización del sumidero de CO₂.

La nueva solución técnico-económica tiene como idea básica realizar una eliminación efectiva y económica del CO₂ mediante una aplicación de la fotosíntesis apoyada a gran escala técnica. Entonces puede influirse positivamente sobre los procesos biológicos de la fotosíntesis mediante equipos técnicos, con lo que pueden optimizarse la efectividad y la utilización de recursos (explotación de la tierra) y puede lograrse un modelo de negocio extremadamente positivo. Hay que considerar al respecto que en particular para los operadores de grandes centrales de generación o de otras plantas de combustión la eliminación del CO₂ segregado representa para un futuro próximo un problema concreto pendiente. El secuestro como estado de la técnica es costoso cuando se trata de eliminación del CO₂ y puede ser relegado por la nueva solución.

A continuación se describirán para las distintas etapas antes citadas del procedimiento de aprovechamiento otros perfeccionamientos respectivos.

- 40
- Planificación y construcción del sumidero de CO₂:
Esta etapa puede incluir por ejemplo una o varias de las siguientes medidas:
- 45
- Obtención de derechos de explotación del terreno y permisos de funcionamiento en latitudes geográficas con elevada irradiación de sol y bajos costes del terreno. Y ello con preferencia con un tamaño suficiente, por ejemplo para la eliminación de al menos una cantidad del CO₂ generado en una central de generación de 100 MW, en particular de 1000 MW. Para ello se necesitan, en función de la realización del sumidero de CO₂, unos 10 hasta más de 1000 km².
- 50
- Construcción de un equipo de eliminación del CO₂ de la clase ya descrita anteriormente como sumidero de CO₂, obteniendo un "equipamiento inicial" biológico. Una tal instalación puede dotarse de cualesquiera organismos que activan la fotosíntesis, siempre que los mismos sean adecuados en cuanto a una capacidad de fotosíntesis elevada y a una elevada generación de biomasa y para estos organismos puedan lograrse condiciones ambientales ventajosas. Se utilizan esencialmente módulos de equipos de eliminación de CO₂ con las particularidades y formas de funcionamiento ya antes descritas (por ejemplo "solución basada en plantas acuáticas" o "solución basada en plantas terrestres"), que pueden utilizarse individualmente en combinaciones de la misma clase o de distintas clases.
- 55
- 60
- Generación y/o aceptación de pedidos para eliminar CO₂:
Esta etapa puede realizarse por ejemplo mediante "compra" de CO₂ para eliminar (clase de pedido "A") o aceptación de un pedido para eliminar CO₂ según la legislación vigente de un gobierno, como por ejemplo CDM (clase de pedido "B"), dado el caso también sin el transporte real de entrada del CO₂.
- 65

El pedido puede realizarse también internamente en la empresa, si se trata de una parte integrante de una empresa o grupo de empresas. Es decisivo en este caso que mediante la eliminación de CO₂

resulte un beneficio monetario o cuantificable de alguna otra forma para la empresa o grupo de empresas. El encargo puede realizarse tanto directamente como también indirectamente, por ejemplo mediante intermediarios o agentes.

- 5 - Aportación de CO₂ al sumidero de CO₂:
 En función de la clase de pedido, puede incluir el mismo un transporte del CO₂ al sumidero de CO₂, la recepción y aportación del CO₂ al sumidero de CO₂. Por ejemplo cuando la eliminación del CO₂ es parte integrante del contrato según CDM, entonces pueden tomarse el CO₂ alternativa o
 10 adicionalmente también directamente en el lugar del sumidero de CO₂ de la atmósfera y conducirse al sumidero de CO₂.
- Funcionamiento del sumidero de CO₂:
 El sumidero de CO₂ y su funcionamiento pueden estar diseñados en particular para la conversión de CO₂ y H₂O en O₂ y biomasa. La etapa del funcionamiento del sumidero de CO₂ puede incluir por
 15 ejemplo o varias de las siguientes medidas:
- Lograr y mantener las premisas técnico-biológicas para un funcionamiento continuo. Para ello puede estar previsto por ejemplo: Ajuste de una concentración de CO₂ adecuada (para "A") o de un caudal adecuado o bien una velocidad de intercambio adecuada (para "B"); mantenimiento de un intercambio de sustancias continuo o intermitente de CO₂ y O₂; mantenimiento de una
 20 conducción de temperatura ventajosa en la instalación para mejorar y/u optimizar la fotosíntesis; asegurar una gestión del agua con pocas pérdidas (encapsulado cuidadoso de la instalación, secado de la biomasa y/o realimentación con agua); aportación de fertilizantes, aportación de sustancias nutritivas, vigilancia biológica del estado y aportación de productos fitosanitarios según necesidades; extracción y preparación adecuada y dado el caso procesamiento posterior de la biomasa generada; control y vigilancia, inspección, mantenimiento, reparación de la
 25 instalación.
 - Lograr y mantener las premisas personales y relativas a las personas para un funcionamiento continuo. Para ello puede estar previsto por ejemplo: Empleados para el control, vigilancia y mantenimiento de las instalaciones técnico-biológicas; empleados para la extracción, preparación y dado el caso procesamiento posterior de la biomasa y para su transporte, manejo y aportación de sustancias para el funcionamiento y auxiliares; empleados para la vigilancia científico-biológica y conducción de la instalación; medidas adecuadas para protección en el trabajo
 30 relativa a los peligros; obtención de una protección frente a penetración no autorizada en la instalación o en partes de ella; obtención de alojamientos e infraestructura adecuados.
 - Lograr y mantener las premisas económicas para un funcionamiento continuo. Para ello puede estar previsto por ejemplo: Lograr las posibilidades necesarias de demostración para el volumen de CO₂ realizado y las posibilidades de una comprobación externa; cualificación y/o certificación de la empresa para separación y/o eliminación de CO₂; minimización o evitación de indeseadas fugas de CO₂; elección de biomasa adecuada para la generación, sopesando los parámetros de potencia de fotosíntesis versus necesidad de superficie, robustez frente a las condiciones del entorno específicas, precio que puede lograrse en el mercado y mercado de destino; obtención y mantenimiento a
 40 disposición de las sustancias auxiliares y de funcionamiento necesarias, así como objetos de equipamiento técnico y/o piezas de repuesto.
 - Validación de la capacidad de eliminación de CO₂ y dado el caso certificado de una tal validación: Esta etapa puede por ejemplo incluir una facturación que se realiza a intervalos de tiempo regulares.
 50
 - Comercialización de la biomasa obtenida durante el funcionamiento del sumidero de CO₂: Esta etapa puede incluir por ejemplo una venta de la biomasa por ejemplo como alimentos o piensos, fertilizantes, materias primas para biocarburantes y/o combustible para centrales de generación;
 - Optimización del sumidero de CO₂:
 En esta etapa pueden estar previstas, con preferencia continuamente, una o varias de las siguientes clases de optimización:
 55
 - Optimización económica, como por ejemplo: Optimización de los beneficios de la eliminación de CO₂; optimización de la elección de organismos (clase, cantidad, mercado); optimización de los beneficios de la comercialización de la biomasa o productos de la biomasa.
 60
 - Optimización técnica, como por ejemplo: Optimización del equipamiento técnico y de las secuencias de los procesos; optimización de la productividad, optimización de la utilización de recursos (por ejemplo autoconsumo de energía eléctrica, consumo de agua), optimización de la
 65 extracción, preparación y procesamiento posterior de la biomasa.

- Optimización biológica, como por ejemplo: Utilización de los organismos que activan la fotosíntesis (clase, cantidad); optimización de los parámetros del proceso y condiciones marginales; optimización de las instalaciones técnico-biológicas en el aspecto biológico; realización de ensayos de laboratorio y de campo relativos a la capacidad de fotosíntesis y generación de biomasa; realización de ensayos precursores (predicción del desarrollo biológico) y ensayos de escenarios; creación y conservación de muestras biológicas de cepas de organismos acreditadas y/o especialmente adecuadas (para reutilización o aportación nueva).

Con los perfeccionamientos opcionales descritos puede lograrse un modelo de negocio duradero, con especial éxito, sostenible ecológica y económicamente.

Ventajosamente puede incluir el modelo de negocio la compra de CO₂ o equivalentes a CO₂ para fines de eliminación y aborda así en particular un problema concreto pendiente por ejemplo de los operadores de centrales de generación. Se muestra una posibilidad de eliminación de CO₂ que puede realizarse a gran escala técnica. Con ello resulta un potencial de mercado que puede estimarse en varias cifras de millones de euros.

En un perfeccionamiento preferido del procedimiento para el aprovechamiento económico de una eliminación de CO₂ se propone realizar el funcionamiento del sumidero de CO₂ para eliminar CO₂ procedente directamente de una planta de combustión (por ejemplo planta de combustión a gran escala o central de generación) tal que el sumidero de CO₂ y la planta de combustión con preferencia "se combinen espacialmente entre sí", es decir, el sumidero de CO₂ por ejemplo se levante directamente contiguo a la central de generación o bien la central de generación y el sumidero de CO₂ constituyan una unidad constructiva.

En cuanto a estructura y forma de funcionamiento del sumidero de CO₂, pueden estar previstos al respecto todas las variantes y perfeccionamientos ya antes descritos. En particular puede realizarse la construcción y el funcionamiento de una gran central de generación con un sumidero de CO₂ a gran escala técnica conectado en latitudes con elevada irradiación solar y bajos costes del terreno.

Este perfeccionamiento se basa en la idea central de que una central de generación u otra planta de combustión puede integrarse directamente de manera excelente en un circuito integrado de la generación de CO₂ y su eliminación. Así puede suprimirse una costosa separación de CO₂, ya que por ejemplo un gas de combustión que contiene CO₂ puede conducirse directamente (pero con preferencia después de la llamada purificación del gas de combustión) al sumidero de CO₂. Simultáneamente con la eliminación del CO₂ se realiza la obtención de nueva biomasa como combustible y nuevo oxígeno para la combustión.

En lugar de una purificación técnica del gas de combustión, puede realizarse la misma igualmente por vías biológicas. Se sabe que los dióxidos de nitrógeno (NO_x) pueden descomponerse mediante determinados organismos. Esto puede provocarse añadiendo los organismos en cuestión en determinadas zonas o en todo el equipo de eliminación de CO₂.

En cuanto al flujo de sustancias biomasa/combustible, debe anteponerse a una utilización de la biomasa como combustible un proceso adecuado de preparación y/o secado, por ejemplo como el antes descrito (por ejemplo con espesamiento/deshidratación de la biomasa, secado adicional mediante aportación del calor solar, evacuación del vapor de agua que se genera, por ejemplo mediante gas de combustión (seco), etc.).

En un perfeccionamiento preferido se ajusta una concentración de CO₂ aumentada respecto a la atmósfera en el flujo de sustancias que circula entre la planta de combustión y el equipo de eliminación de CO₂.

La presente invención proporciona en particular también el fundamento para un modelo de negocio relativo al funcionamiento de una gran central de generación competitiva sin una expulsión importante de CO₂ a la atmósfera. Este modelo de negocio para el funcionamiento económico de una gran central de generación libre de CO₂ posee un inmenso potencial de negocio.

La separación del CO₂ a partir del gas de combustión hasta ahora realizada y su secuestro como estado de la técnica, son muy costosas y perjudican el rendimiento y pueden ser desplazados en gran medida mediante el perfeccionamiento de la invención.

El perfeccionamiento puede incluir las siguientes etapas y particularidades (no forzosamente en la misma secuencia):

- Planificación y construcción de una central de generación (o de otra planta de combustión) con un sumidero de CO₂ conectado, en particular con un equipo de eliminación de CO₂ de la clase antes descrita.

- Obtención de derechos de explotación del terreno y autorizaciones de funcionamiento.
- 5 – Construcción y puesta en servicio de la central de generación y del sumidero de CO₂ y obtención de unas existencias de combustible almacenadas, así como de un "primer equipamiento" biológico, así como obtención de una conexión por línea con los consumidores de la potencia eléctrica (con preferencia transmisión a alta tensión por corriente continua ("HVDC")).
- 10 – Funcionamiento de la central para generar potencia eléctrica, purificación del gas de combustión, aportación del gas de combustión purificado al sumidero de CO₂ o bien a los organismos que activan la fotosíntesis allí utilizados. La central de generación puede operar por ejemplo primeramente con las reservas de combustible creadas, para poder generar con el CO₂ que se forma una cantidad suficiente de biomasa para el posterior circuito de combustible. Las etapas y medidas necesarias o convenientes para lograr y mantener un funcionamiento continuo de la central de generación son de por sí bien conocidas por el especialista y pueden aplicarse ventajosamente al funcionamiento aquí previsto. A diferencia del funcionamiento usual de una central de generación, se realizan los siguientes aspectos:
- 15 – Con preferencia se utiliza la biomasa tomada del sumidero de CO₂ y adecuadamente preparada como combustible para la central de generación. Con ello puede realizarse ventajosamente un circuito de combustible que obtiene su energía de la luz del sol que incide sobre el sumidero de CO₂.
- 20 – Además se utiliza preferentemente aire del sumidero de CO₂ (con una proporción de CO₂ suficientemente pequeña) al menos parcialmente como aire de combustión.
- 25 – El funcionamiento del sumidero de CO₂ se realiza con preferencia para transformar CO₂ y H₂O en O₂ y biomasa.
- 30 – Obtención y mantenimiento de las premisas técnico-biológicas para el funcionamiento continuo, por ejemplo ajustando una concentración de CO₂ adecuada o un caudal adecuado o bien una tasa de intercambio adecuada para el funcionamiento de la central; mantenimiento de un intercambio de sustancias continuo o alternado/intermitente de CO₂ y O₂; mantenimiento de una conducción de la temperatura ventajosa en cuanto a la fotosíntesis; aseguramiento de una gestión del agua con pocas pérdidas (por ejemplo encapsulado cuidadoso, secado de la biomasa, retorno del agua al circuito, condensación de la parte de agua de las partes de gas de combustión cedidas); aportación de sustancias auxiliares según necesidades, vigilancia biológica del estado; extracción y preparación conveniente de la biomasa generada; control, vigilancia, inspección, mantenimiento, reparación de la instalación, minimización o evitación de indeseadas fugas.
- 35 – Obtención y mantenimiento de las premisas personales y referidas a las personas para el funcionamiento continuo, por ejemplo tal como antes se ha descrito.
- 40 – Obtención y mantenimiento de las premisas económicas para el funcionamiento continuo, por ejemplo tal como antes se ha descrito, debiendo realizarse la elección de biomasa adecuada también según los puntos de vista de la adecuación como combustible para centrales de generación y del gasto necesario para la extracción y preparación como combustible para centrales de generación. Aportación de combustible adicional según necesidades.
- 45 – Facturación para la generación de energía.
- 50 – Comercialización de eventual biomasa que se obtenga en exceso, por ejemplo tal como ya se ha descrito antes.
- 55 – Con preferencia optimización continua técnico técnico-económica-biológica de la instalación.
La optimización económica puede incluir:
Optimización de la capacidad de eliminación de CO₂ o de la generación de biomasa; optimización de la elección de organismos (clase, cantidad, adecuación como combustible para centrales de generación); optimización de los beneficios de la comercialización de la eventual biomasa o productos de la biomasa obtenidos en exceso.
- 60 – La optimización técnica puede incluir:
Optimización del rendimiento de la central de generación y de la eficiencia de la instalación completa; optimización del equipamiento técnico y de las secuencias de los procesos; optimización de la productividad, optimización de la utilización de recursos (por ejemplo autoconsumo de energía eléctrica, consumo de agua), optimización de la extracción y preparación de la biomasa.
- 65

La optimización biológica puede incluir:

Utilización de los organismos que activan la fotosíntesis (clase, cantidad); optimización de los parámetros del proceso y condiciones marginales; optimización de las instalaciones técnico-biológicas en el aspecto biológico; realización de ensayos de laboratorio y de campo relativos a la capacidad de fotosíntesis y generación de biomasa; realización de ensayos precursores (predicción del desarrollo biológico) y ensayos de escenarios; creación y conservación de muestras biológicas de cepas de organismos acreditadas o especialmente adecuadas (para reutilización o aportación nueva).

10 Con los perfeccionamientos opcionales descritos puede lograrse un modelo de negocio extremadamente atractivo, especialmente sostenible ecológica y económicamente.

15 Ventajosamente puede ofrecer también el modelo de negocio una posibilidad única de lograr una solución duradera al problema de la energía, mostrando nuevas posibilidades económicamente atractivas, relativas a cómo la energía que incide en latitudes de sol abundante puede transformarse con la ayuda de tecnologías competitivas en energía eléctrica a gran escala técnica. Resulta posible un abastecimiento de energía eléctrica sostenible, extremadamente competitivo, neutro en cuanto al CO₂. El nuevo modelo de negocio ofrece inmensas ventajas en comparación con las soluciones actualmente debatidas para el funcionamiento de centrales libres de CO₂, que implican gravosas reducciones de potencia y gravosos costes adicionales.

25 El modelo de negocio puede referirse también a grandes instalaciones de combustión. En este caso se sustituye la obtención de conexiones por línea por la obtención de canales de venta/transporte. Además se realiza la facturación para el producto generado.

La invención se describirá a continuación más en detalle en base a ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos. Al respecto representan, en cada caso muy esquematizados:

- 30 figura 1 un equipo de eliminación de CO₂ ("sumidero de CO₂") según un primer ejemplo de realización,
- figura 2 un detalle de la figura 1,
- figura 3 una representación similar a la de la figura 1 para mostrar visualmente posibilidades de evacuación de biomasa generada,
- figura 4 un equipo de procesamiento posterior de la biomasa que puede utilizarse en el equipo de la figura 1,
- 35 figura 5 un equipo de intercambio de aire que puede utilizarse en el equipo de la figura 1,
- figura 6 un equipo de eliminación de CO₂ según un segundo ejemplo de realización,
- figura 7 un dispositivo de conducción de la temperatura que puede utilizarse en el equipo de la figura 6,
- figura 8 una representación para mostrar posibilidades de configuración de organismos que activan la fotosíntesis en el equipo de la figura 6,
- 40 figura 9 la estructura básica de una central de generación que utiliza carbón, para funcionar en combinación con un equipo de eliminación de CO₂ (lado de aire-gas de combustión),
- figura 10 la estructura de un equipo de eliminación de CO₂ que puede utilizarse para la central de generación de la figura 9,
- 45 figura 11 un equipo de aportación de aire que puede utilizarse para la central de generación de la figura 9,
- figura 12 un módulo de eliminación de CO₂ que puede utilizarse en el equipo de la figura 10,
- figura 13 un módulo de eliminación de CO₂ que puede utilizarse en el equipo de la figura 10,
- figura 14 un equipo de procesamiento posterior de la biomasa que puede utilizarse para el equipo de la figura 10, según una primera variante de realización,
- 50 figura 15 un equipo de procesamiento posterior de la biomasa que puede utilizarse para el equipo de la figura 10, según una segunda variante de realización
- figura 16 un equipo de procesamiento posterior de la biomasa que puede utilizarse para el equipo de la figura 10, según una tercera variante de realización,
- 55 figura 17 un dispositivo de conducción de la temperatura que puede utilizarse para módulos de eliminación de CO₂ de la figura 11,
- figura 18 un equipo de eliminación de CO₂ según otro ejemplo de realización,
- figura 19 una configuración de varios sumideros de CO₂ conectados con un canal de intercambio de gas, según un ejemplo de realización,
- 60 figura 20 un diagrama secuencial de un procedimiento para la utilización rentable de un sistema de eliminación de CO₂ según un ejemplo de realización y
- figura 21 un diagrama secuencial de un procedimiento para la utilización rentable de un sistema de eliminación de CO₂ según otro ejemplo de realización.

65 La figura 1 muestra la estructura básica de un equipo 10 para la eliminación de CO₂, que incluye organismos que activan la fotosíntesis 12, para la transformación fotosintética de CO₂, que en el ejemplo de realización representado están formados por "plantas acuáticas" u organismos similares que viven en el agua (por ejemplo también algas o bacterias). Una tal realización se denominará por lo tanto a continuación también "solución basada en plantas acuáticas".

ES 2 688 654 T3

El equipo 10 incluye además una cubierta envolvente 14, que en el ejemplo de realización representado está formada por una pileta 18 llena de agua para alojar los organismos 12 y un techo 16 transparente.

5 La cubierta envolvente 16 sirve para alojar los organismos en un espacio interior 20 y para mantener unas condiciones del entorno predeterminadas para los organismos 12 en el espacio interior 20.

10 Al ser transparente el techo 16, puede penetrar luz del sol que incide desde arriba sobre el equipo 10 (véanse las flechas) en el espacio interior 20 y con ello hasta los organismos que activan la fotosíntesis 12.

15 El techo 16 lleva asociados dispositivos de diafragma 22 que pueden controlarse, mediante los cuales puede ajustarse y/o limitarse de forma variable la magnitud de la irradiación de luz solar sobre los organismos 12.

20 El control de los dispositivos de diafragma 22 se realiza mediante un equipo de control, configurado con preferencia como un equipo de control electrónico controlado por programa, que controla los dispositivos de diafragma 22, así como otros componentes del equipo 10 que pueden controlarse y que se describirán a continuación.

25 Un programa de control que corre en el equipo de control ST tiene en cuenta entonces una pluralidad de parámetros de servicio del equipo 10, en particular de parámetros de los organismos 12 y/o del entorno de los organismos 12 (por ejemplo temperatura y humedad del aire en la atmósfera interior del espacio interior 20 (por encima del nivel del agua), así como temperatura del agua en la pileta de agua 18, concentraciones de CO₂ por encima y por debajo del nivel de agua, etc.).

Tales parámetros de servicio se captan con la ayuda de una pluralidad de sensores adecuadamente configurados y situados y se conducen al equipo de control ST.

30 El equipo 10 incluye además mecanismos agitadores 24 que pueden controlarse, para agitar el agua que se encuentra en la pileta 18, así como un equipo de circulación 26 para la circulación del agua.

35 El equipo de circulación 26 incluye un sistema de tuberías de agua 32 dispuesto entre un desagüe 28 y una acometida de agua 30, a través del cual se bombea agua desde la pileta 18. En el ejemplo de realización representado están dispuestos a lo largo de este sistema de tuberías 32 una bomba 34 que puede controlarse, un filtro 36, un equipo de adición por mezcla de CO₂ 38, otro equipo de adición por mezcla 40 y un intercambiador de calor 42. El funcionamiento de los mismos se controla en función de las necesidades mediante el equipo de control.

40 El filtro 36 sirve para separar del agua organismos por filtrado, para su utilización a continuación como "biomasa". Una correspondiente conexión de evacuación de biomasa se designa con 44.

45 El equipo de adición de CO₂ por mezcla sirve para añadir por mezcla controlada el CO₂ a eliminar al circuito de agua. Mediante los otros equipos de adición por mezcla 40 pueden introducirse nuevos organismos y/u organismos preparados en el circuito de agua. Además pueden añadirse por mezcla en este lugar sustancias auxiliares como por ejemplo sustancias nutritivas, fertilizantes, etc.

50 El intercambiador de calor 42 hace posible ventajosamente un control de la temperatura del agua según necesidades, procediendo en función del entorno de la instalación del equipo 10 tanto un calentamiento como también un enfriamiento.

55 El intercambiador de calor 42 es una parte del sistema de gestión del calor del equipo 10, para templar de manera controlada el agua, así como la atmósfera en el espacio interior 20. Este sistema puede incluir por ejemplo equipos activos de calentamiento y/o enfriamiento, pero también en parte pasivos, por ejemplo en base a un equipo que funciona como acumulador de calor para ceder (o bien absorber) el calor.

El sistema de tuberías de agua 32 incluye además una acometida de agua 46, por la que puede devolverse al circuito agua, que se genera al seguir procesando la biomasa evacuada por la conexión 44.

60 El equipo 10 incluye además un dispositivo de intercambio de aire 48, para el intercambio controlado y regulado de aire entre el aire del espacio interior 20 (atmósfera del espacio interior) y el aire del entorno del equipo 10 (atmósfera).

65 Otra particularidad ventajosa del equipo 10 representado es la utilización de sustancias fotoluminiscentes 50, que por ejemplo se añaden en forma granular al agua que sirve como medio portador para los organismos 12.

ES 2 688 654 T3

La figura 2 muestra la mezcla de organismos 12 y sustancias fotoluminiscentes 50 existente en el agua de la pileta 18. Mediante la presencia de las sustancias 50 mejora ventajosamente la eficiencia de la transformación de CO₂.

5 En el ejemplo representado se han elegido adecuadamente sustancias fotoluminiscentes por ejemplo para transformar partes integrantes de la radiación solar de onda corta (por ejemplo de la gama de 200 a 360 nm) en una radiación de onda más larga, que es más favorable para la fotosíntesis (por ejemplo en la gama de 360 a 700 nm).

10 La figura 3 muestra otras posibilidades o posibilidades distintas de evacuación de biomasa desde el equipo 10. Para simplificar la representación de la figura 3 se han eliminado en la figura 3 algunos de los componentes del equipo dibujados en la figura 1.

15 Primeramente se observa en la figura 3, designados con 30 y 28-1, de nuevo una acometida de agua y un desagüe respectivamente, que pueden utilizarse de la forma representada en la figura 1 para la circulación del agua.

20 Tal como se ha descrito antes con referencia la figura 1, pueden utilizarse componentes del equipo de circulación 26 a la vez como componentes de un equipo de evacuación de la biomasa, extrayendo por filtrado biomasa del flujo de agua que procede de la pileta de agua 18.

25 Además puede verse en la figura 3 un foso de decantación 52, que sirve para recoger los componentes más pesados de la biomasa y que está dispuesto en las proximidades del desagüe 28 - 1. Entre el foso 52 y el desagüe 28 - 1 está dispuesta en la pileta de agua 18 una rejilla 53 que discurre oblicuamente, mediante la cual se realiza ya en la pileta 18 un tamizado del agua para separar partes de biomasa hacia el foso 52. En el fondo del foso de decantación 52 está previsto otro desagüe 28-2, que puede utilizarse para evacuar la biomasa.

30 Además puede realizarse o favorecerse el llenado del foso de decantación 52 mediante otros equipos técnicos dispuestos en la pileta de agua 18, por ejemplo mediante un equipo de transporte que circula por el fondo de la pileta de agua 18 (por ejemplo la cadena separadora 54 - 1 representada).

35 Especialmente para los organismos 12 o productos de la transformación que se encuentran en la superficie del agua, puede estar previsto un dispositivo separador o de tamiz 54-2 que puede desplazarse a lo largo de la superficie del agua.

40 En particular para la evacuación de grandes cantidades de biomasa, que se acumulan delante de la rejilla 53, puede utilizarse también un equipo de elevación 56 tal como se simboliza en la figura 3, para transportar biomasa 58 evacuándola de la pileta de agua, para conducirla a un posterior tratamiento y/o reutilización.

45 La figura 4 muestra posibles etapas de procesamiento posterior de la biomasa en base a un equipo de procesamiento posterior de la biomasa 60 que por ejemplo va a continuación de la conexión de evacuación de la biomasa 44 del equipo 10.

El equipo 60 incluye una conexión de entrada de la biomasa 62, que está unida por ejemplo con la conexión de evacuación 44 (figura 1).

50 La biomasa aportada se conduce en el ejemplo representado primeramente a una centrifugadora 64 (alternativamente por ejemplo a una separadora por gravedad), para separar el agua de la biomasa y aportarla mediante una bomba 66 a una conexión de desagüe 68, que por ejemplo está conectada con la acometida de agua 46 en la figura 1 .

55 A continuación se conduce la biomasa ya sometida a una deshidratación primaria a una prensa, por ejemplo la prensa de filtro de banda 70 simbolizada, para seguir extrayendo agua de la biomasa mediante prensado mecánico y aportarla mediante la bomba 66 al desagüe 68.

60 A continuación se conduce la biomasa húmeda a otra estación de secado 72, en la cual por ejemplo se realiza un secado térmico. Esto se realiza por ejemplo mediante irradiación de luz solar (flechas) u otro calor exterior.

Finalmente se aporta la biomasa a continuación mediante una cinta transportadora 74 como material a granel (por ejemplo para una comercialización).

65 Se entiende que para el procesamiento posterior de la biomasa se dispone también de otras diversas posibilidades de por sí conocidas, a las que aquí puede recurrirse ventajosamente.

La retroalimentación del agua proporcionada procedente del proceso de secado (aquí en el desagüe 68) al depósito de agua (aquí al circuito de circulación del agua representado en la figura 1) es muy ventajosa en particular cuando se utiliza el equipo 10 en zonas geográficas con escasez de agua. Pero alternativa o adicionalmente puede servir éste agua también para otros fines, por ejemplo para fines de refrigeración.

5

Muy en general se realiza la preparación de la biomasa con preferencia mediante etapas de espesamiento y de deshidratación y opcionalmente con mezcla por adición de sustancia seca. Debido a los elevados flujos máscicos son ventajosas soluciones con bandas filtrantes que circulan para el espesamiento. El espesamiento se realiza ventajosamente en la proximidad espacial de los espacios interiores del equipo de eliminación de CO₂, para limitar el consumo de potencia, así como inversiones para el transporte o acarreo de la biomasa. Para apoyar el procedimiento puede añadirse un agente de floculación.

10

Puede realizarse una deshidratación de la biomasa ventajosamente con instalaciones para grandes caudales de paso, por ejemplo prensas de filtro de banda o similares. Por ejemplo puede someterse el material a tratar entre bandas filtrantes a una presión creciente y a continuación someterse a un prensado de cizalla, en el que un movimiento alternado de sacudidas realiza una deshidratación lo más efectiva posible. Pueden utilizarse opcionalmente agentes de floculación. La proporción de biomasa que puede alcanzarse es por ejemplo del 30%.

15

20

Para simplificar el manejo, puede llevarse a la biomasa deshidratada, o bien mezclarse con ella, una sustancia seca, en particular biomasa ya más seca del mismo procesamiento posterior de la biomasa (realimentación del secado de la biomasa). En particular puede conformarse la biomasa por ejemplo para formar partículas de biomasa en trozos o sólidas (por ejemplo "pellets"), por ejemplo mediante una extrusora de tornillo sin fin.

25

El transporte hacia la secadora de la biomasa puede realizarse por ejemplo mediante cintas transportadoras.

La figura 5 muestra con algo más de detalle la estructura del equipo de intercambio de aire utilizado en el equipo 10 de la figura 1.

30

A este equipo 48 se conduce a través de una conexión de entrada de aire 76 aire procedente de la atmósfera del espacio interior del equipo 10.

Éste llega a través de una soplante 78 a un lavadero de CO₂ 80, en el que el CO₂ se separa por lavado por ejemplo mediante una ducha de lechada de cal y se proporciona a una unidad de preparación de lechada de cal 82 en una conexión de entrega de CO₂ 84, que con preferencia está unida con el equipo 10 tal que el CO₂ separado por lavado se conduce de nuevo a los organismos que activan la fotosíntesis 12.

35

La conexión de entrega de CO₂ 84 puede estar conectada para ello por ejemplo con el equipo de mezcla por adición de CO₂ 38 dibujado en la figura 1. La lechada de cal atraviesa los equipos 80, 82 en un circuito cerrado, impulsada por una bomba 86.

40

El aire así preparado fluye junto con aire fresco, que se conduce a través de una conexión de entrada de aire 88, un filtro 90 y una soplante 92 igualmente al equipo 48, por una tubería colectora de aire 94.

45

Partiendo de la tubería colectora 94, se utiliza el aire en el ejemplo representado de dos maneras distintas:

Por un lado, lo cual se representa en la figura 5 a la izquierda, se extrae agua (condensándose) del aire mediante una instalación de refrigeración de retorno o bien un separador de agua 96 y se aporta en una conexión de desagüe 98. Este agua puede conducirse por ejemplo, como el agua proporcionada por el equipo para el procesamiento posterior de biomasa 60 en la conexión 68, para una reutilización. El aire así deshumectado sale a continuación a través de una válvula 100 que puede controlarse y de un filtro fino 102 (por ejemplo bloqueo biológico, esterilización) a la atmósfera (tubuladura de entrega 104).

50

55

Por otro lado, lo cual se representa en la figura 5 a la derecha, fluye el aire desde la tubería colectora 94 a través de un intercambiador de calor 106, un primer equipo de adición por mezcla 108 (por ejemplo para añadir por mezcla nuevos organismos u organismos preparados) y un segundo equipo de adición por mezcla 110 para añadir por mezcla CO₂, que por ejemplo procede de la aportación en la conexión de entrega de CO₂ 84 del dispositivo de intercambio de aire 48 o de otra fuente de CO₂ (por ejemplo CO₂ a eliminar, conducido al equipo 10). El aire preparado de esta manera se conduce de retorno a través de una tubería de entrega 112 a la atmósfera del espacio interior del equipo 10 y/o al agua.

60

Con el equipo de separación de CO₂ descrito 10 puede tratarse CO₂ de manera efectiva mediante una aplicación técnicamente apoyada de la fotosíntesis. Mediante un sistema sensórico adecuado puede controlar el equipo de control ST todos los componentes del equipo que pueden controlarse de manera

65

selectiva para lograr condiciones de fotosíntesis óptimas. El equipo 10 puede instalarse muy ventajosamente en particular en zonas geográficas con elevada irradiación solar y bajos costes del terreno. El CO₂ a eliminar puede entonces tomarse localmente por ejemplo de la atmósfera, o bien puede proceder directamente de una fuente de CO₂ antropogénica, ya se trate de una fuente en el lugar donde se encuentra el equipo 10 o bien alejada del mismo. En este último caso debe suministrarse el CO₂ (por ejemplo gaseoducto o similar).

En la siguiente descripción de otros ejemplos de realización se utilizan para componentes que funcionan de la misma manera en gran medida las mismas referencias numéricas, complementadas en cada caso mediante un subíndice para diferenciar la forma de realización. Al respecto entraremos esencialmente sólo en las diferencias respecto al o a los ejemplo/s de realización ya descritos y por lo demás remitimos aquí expresamente a la descripción de ejemplos de realización anteriores.

La figura 6 muestra un equipo de eliminación de CO₂ 10a según una segunda forma de realización, que se diferencia de la antes descrita esencialmente sólo porque los organismos 12 utilizados para la fotosíntesis no son "plantas acuáticas" sino "plantas terrestres", por ejemplo tal como se muestra en la figura 6 árboles o arbustos 12a-1, hierbas o plantas del suelo 12a-2, plantas trepadoras 12a-3, hierbas o plantas del suelo 12a-4 sobre dispositivos portadores, 120a con superficies inclinadas, plantas útiles 12a-5 en recipientes separados 120a, etc.

Correspondientemente tampoco está previsto en un espacio interior 20a del equipo 10a ninguna pileta de agua para alojar los organismos 12.

Los organismos 12a se riegan no obstante a través de un sistema de tuberías de agua 122a-1 (acometida 124a-1 y retorno 126a para el agua excedente). Con preferencia se realiza así también una aportación de sustancias auxiliares (por ejemplo sustancias nutritivas) adecuada a las necesidades. En el ejemplo representado está previsto además otro sistema de tuberías de agua 122a-2 para el rociado y/o riego de los organismos 12a con agua (acometida de agua 124a-2).

Aún cuando en la figura 6 se han dibujado una pluralidad de diversas clases de organismos 12a, se prefiere en la práctica la mayoría de las veces la utilización de un monocultivo, salvo que el espacio interior 20a esté repartido en varias zonas con respectivas exigencias distintas de eliminación de CO₂ y las distintas zonas pueden alojar en este caso también distintas clases de organismos 12a.

Al igual que sucede en la forma de realización antes descrita, la incidencia de la luz del sol (flechas) se realiza también aquí a través de una parte de la cubierta envolvente 14a configurada como techo 16a transparente. Al igual que en la primera forma de realización, actúa la cubierta envolvente 14a además como protección frente a la vaporización (agua) y protección frente a fugas (CO₂).

Un equipo de intercambio de aire 48a que puede verse en la figura 6, puede estar configurado por ejemplo tal como ya se ha descrito con referencia a la figura 5.

El equipo 10a es una "solución basada en plantas terrestres" para eliminar el CO₂. Como en la solución basada en plantas acuáticas ya antes descrita, se logra con la cubierta envolvente 14a ventajosamente un espacio separado de la atmósfera del entorno, esencialmente cerrado y con preferencia de una gran superficie, en el cual y mediante un control adecuado de los componentes del equipo, puede mantenerse y/o ajustarse ventajosamente una concentración de CO₂ elevada frente a la de la atmósfera para optimizar la fotosíntesis.

Aún cuando en el equipo 10a se ha logrado, por ejemplo mediante equipos de diafragma 22a ajustables, así como el rociado del agua mediante el sistema de tuberías de agua 122a, ya una cierta protección frente a temperaturas demasiado altas en el espacio interior 20a, falta en el equipo 10a en el ejemplo de realización representado un "acumulador de calor" tal como el que está formado en el equipo 10 de la figura 1 mediante la pileta 18 llena de agua. Con la pileta de agua 18 se logra ventajosamente uniformizar en cierta medida la temperatura del espacio interior. El agua puede absorber calor a lo largo del día (enfriamiento del espacio interior) y ceder calor durante la noche (calentamiento del espacio interior).

Evidentemente puede constituirse también en el equipo 10a un acumulador de calor como el indicado o similar, pudiendo realizarse pasiva y/o activamente los correspondientes procesos de transferencia de calor.

Para provocar procesos de transferencia de calor activos, puede recurrirse ventajosamente a medidas de gestión del calor de por sí conocidas, tales como las que se conocen por ejemplo por el sector de los acumuladores de calor o bien equipos de regulación de la temperatura.

En el equipo 10a de la figura 6 está previsto alternativamente a ello otro equipo técnico para regular la temperatura del espacio interior 20a, que es un equipo de conducción de la temperatura 128a, que extrae aire del espacio interior 20a, temple el mismo en función de las necesidades y cede el aire templado de

nuevo al espacio interior 20a. Es de señalar que un tal equipo de conducción de la temperatura podría utilizarse también en la solución basada en plantas acuáticas antes descrita y que un tal equipo también podría estar previsto integrado como parte de un equipo de intercambio de aire dado el caso previsto (por ejemplo 48 en la figura 1 y 48a en la figura 6).

5

La figura 7 muestra la estructura básica del equipo de conducción de la temperatura 128a para templar la atmósfera interior del equipo 10a.

10

En una entrada de aire 130a entra aire del espacio interior 20a y atraviesa a continuación un filtro de aire 132a para filtrar el aire, un dispositivo medidor del flujo 134a para captar la velocidad del flujo de aire (velocidad del flujo volumétrico), un ventilador 136a que puede controlarse, para ajustar una velocidad deseada para el flujo del aire, un primer sensor de temperatura 138a-1 para medir la temperatura del aire extraído del espacio interior 20a, un intercambiador de calor 140a para templar según necesidades (es decir, calentar o enfriar) el aire y un segundo sensor de temperatura 138a-2. El aire así templado de la manera deseada, por ejemplo mediante el equipo de control ST, sale de nuevo por una salida de aire 142a hacia el espacio interior 20a.

15

En la mayoría de los casos de aplicación será necesaria en este lugar una refrigeración del aire. Para este fin puede estar conectado el intercambiador de calor 140a, tal como se ha representado, con una instalación de refrigeración o bien instalación de refrigeración de retorno 144a, que se alimenta con una potencia de alimentación eléctrica Pel y que extrae calor en un medio de refrigeración que se hace circular y los cede por ejemplo al entorno del equipo 10a.

20

La figura 8 muestra dos posibilidades básicas de disposición de los organismos 12a en el equipo 10a.

25

En la parte izquierda de la figura se representa un portador 146a a modo de marco, con varios receptáculos para plantas, cuyas posiciones espaciales vienen predeterminadas por el portador. En el ejemplo representado discurre el portador 146a en conjunto a lo largo de un plano oblicuo, estando dispuestos los distintos receptáculos para plantas a modo de terraza en el portador. Los receptáculos están llenos por ejemplo con tierra o similares (en función de los organismos 12a utilizados).

30

En la parte derecha de la figura se representa un portador 146a' modificado, que en su parte superior proporciona en conjunto una superficie que puede poblarse mediante las plantas 12a. El portador 146a' puede por ejemplo estar formado esencialmente por un material poroso, húmedo y dotado de sustancias nutritivas.

35

En ambas variantes del portador puede lograrse al discurrir la superficie de colocación de las plantas oblicuamente (no horizontalmente) ventajosamente una mejor exposición de las plantas 12a a la luz solar, que incide a través de la cubierta envolvente 16a hasta el espacio interior 20a.

40

Si los portadores de plantas utilizados son fijos, deberían estar orientados los mismos en consecuencia en la "dirección principal de incidencia" de la luz solar.

45

En una forma de realización preferida pueden ajustarse de manera controlada el ángulo acimutal y/o el ángulo de altura de los portadores utilizados (por ejemplo del tipo de los portadores representados 146a y 146a'). Con ello puede adaptarse la configuración espacial de las plantas 12a continuamente de manera óptima a las condiciones deseadas en cada caso, en particular por ejemplo hacer un seguimiento de la incidencia del sol que cambia en el curso del día.

50

Un accionamiento posible para un ajuste del ángulo en altura (flechas en la figura 8) del portador 146a se simboliza esquemáticamente en la figura como accionamiento hidráulico 148a. Alternativa o adicionalmente pueden ser ajustables tales equipos portadores también de forma controlada en cuanto a su ángulo acimutal.

55

Se entiende que los portadores representados pueden modificarse de forma diversa y de forma diversa pueden estar dispuestos dentro del correspondiente equipo para eliminar el CO₂. Visto desde arriba, puede estar prevista por ejemplo una configuración de los organismos que porta el mismo a lo largo de trayectorias rectas, el ángulo o curvadas (en función de la clase de organismos y/o de las circunstancias geográficas).

60

Los equipos de eliminación de CO₂ 10 y 10a antes descritos pueden utilizarse para eliminar CO₂ suministrado o CO₂ tomado directamente del entorno (atmósfera).

65

La invención prevé combinar una tal eliminación de CO₂ directamente con una generación de CO₂ antropogénica. Para ello puede acoplarse por ejemplo un equipo de eliminación de CO₂ de la clase antes descrita con una central de generación que produce CO₂, en particular una central de generación a gran escala para generar energía, tal que el CO₂ generado por la central de generación se conduce, al menos parcialmente, al equipo de eliminación de CO₂ y allí se elimina, al menos parcialmente. La central de

generación y el equipo de eliminación de CO₂ pueden estar dispuestos por ejemplo en la inmediata proximidad uno de otro o bien la central de generación puede estar integrada constructivamente en la zona del equipo de eliminación de CO₂.

5 Un tal acoplamiento ventajoso entre una central de generación y un equipo de eliminación de CO₂ se describirá a continuación con referencia a las figuras 9 a 17 en base a un ejemplo de realización.

10 La figura 9 muestra la estructura de una central generadora de carbón 160b, en gran parte convencional, que incluye una cámara de combustión 162b para generar energía mediante un proceso de combustión que genera CO₂. El combustible, por ejemplo carbón, se conduce a una entrada del combustible 164b hacia la cámara de combustión 162b. Las escorias que se generan en la combustión se expulsan en 166b.

15 Un intercambiador de calor 168b, que constituye una parte de un circuito agua-vapor no representado en su conjunto, sirve para evacuar el calor de combustión que resulta, que de manera convencional se transforma mediante una turbina de vapor en energía eléctrica y por ejemplo alimenta una red de alta tensión.

20 Mediante una acometida de aire de entrada 170b y un precalentador de aire 171b se aporta el aire necesario para el proceso de combustión. El gas de escape que resulta en proceso de combustión se conduce en el ejemplo representado, de manera convencional, a través de una instalación de desnitrificación del gas de combustión 172b ("DeNOx") operada mediante amoníaco, para eliminar monóxido de nitrógeno (NO) y óxidos de nitrógeno (NOx). Esta instalación 172b lleva a continuación un equipo eléctrico de purificación de gas ("electrofiltro") 174b, para la separación electrostática de polvo y/o cenizas, que salen en 176b.

Finalmente se conduce el gas de escape además a través de un intercambiador de calor 178b a una instalación de desulfuración 180b, para eliminar compuestos de azufre antes de que salga en 182b.

30 La instalación de desulfuración 180b se alimenta en 184b con piedra caliza y en 186b con agua. En 188b se evacúa el yeso formado.

35 La central 160b está acoplada, para la eliminación al menos parcial de CO₂ del gas de escape (que sale en 182b) con un equipo de eliminación de CO₂. El gas de escape que llega a la salida 184b no se emite por lo tanto, como en una central de generación convencional, por ejemplo a través de una chimenea directamente a la atmósfera.

40 La figura 10 muestra la estructura del equipo de eliminación de CO₂ 10b unido con la central de generación (que a diferencia de este ejemplo podría tener por ejemplo también la estructura de los equipos de eliminación de CO₂ 10 y 10a ya descritos).

45 El equipo de eliminación de CO₂ 10b presenta una conexión de entrada del gas de escape 190b para la aportación del gas de escape rico en CO₂ proporcionado por la central de generación 160b en la salida del gas de escape 182b.

50 Mediante un sistema de válvulas 192b que puede controlarse puede ajustarse de la forma que se desee la relación entre gas de escape, que se imite a través de un intercambiador de calor 194b y una chimenea 196b a la atmósfera y gas de escape que se aporta a través de un intercambiador de calor 198b (con recuperación del agua 200b) al sistema de eliminación de CO₂.

55 Tal como puede verse en la figura 10, se conduce a continuación el gas de escape previsto para la eliminación de CO₂ mediante un sistema de válvulas del lado de entrada 202b y un sistema de válvulas del lado de salida 204b de la forma deseada (controladamente), a través de un sistema paralelo y serie de zonas del espacio interior 20b' y 20b" individuales (separadas entre sí). Para esta estructuración de un espacio interior del equipo 10b hay múltiples posibilidades. En el ejemplo representado existen por ejemplo tres sistema serie dispuestos en paralelo entre sí, compuestos por una pluralidad de cámaras de eliminación de CO₂ 20b', estando conectadas en paralelo a estos sistemas serie a su vez dos espacios de eliminación de CO₂ 20" individuales en paralelo.

60 En cada una de las zonas del espacio interior 20b' y 20b" está prevista una eliminación de CO₂ apoyada técnicamente mediante organismos que activan la fotosíntesis, tal como se ha descrito antes extensamente.

65 La ventaja de la configuración serie representada en la figura 10 de las zonas o celdas 20b' tiene la ventaja de que el CO₂ o bien el medio que contiene CO₂ (aquí el gas de escape de una central de generación) se conduce de una zona a la siguiente zona, descendiendo la concentración de CO₂ de una zona a otra, con lo que cada zona está adaptada o puede operarse de manera adaptada individualmente en cuanto a los organismos allí utilizados y/o condiciones del entorno para estos organismos para una

elevada eficiencia de la transformación del CO₂. Mediante la separación de las distintas zonas pueden ajustarse allí (de manera controlada) condiciones individuales.

5 La configuración en paralelo de distintas zonas o bien varias configuraciones serie posee por ejemplo la ventaja de lograr una cierta redundancia en cuanto a eventuales fallos o bien trabajos de mantenimiento necesarios en distintas zonas del equipo 10b.

10 El gas de escape, con una concentración en CO₂ considerablemente reducida debido al sistema de eliminación de CO₂, abandona el equipo 10b finalmente a través de un equipo de regeneración del aire de escape 206b y de un intercambiador de calor 208b. De manera controlada (mediante una válvula 210b) se proporciona en el ejemplo de realización representado no obstante una parte de este gas de escape purificado en CO₂ en una salida 212b, que está conectada con la conexión de entrada del aire 170b de la central de generación 160b, para introducir en este lugar a elección o bien en la proporción deseada aire fresco y/o el aire de escape del equipo 10b.

15 En la figura 10 se simboliza también una evacuación de la biomasa ya antes descrita desde las distintas celdas 20b' y 20b". La biomasa abandona el equipo 10b en una zona de entrega de la biomasa 214b. En cuanto a la utilización posterior o el procesamiento posterior de la biomasa, remitimos a las explicaciones ya dadas antes.

20 La figura 11 muestra una realización posible del ajuste, que puede controlarse, de una relación de mezcla entre una proporción de aire del equipo de eliminación de CO₂ 10b (aportada en una conexión 224b) y aire fresco (aportado en una conexión 226b). Estos dos flujos de aire se conducen mediante respectivas soplantes y válvulas a una conexión de entrega 228b, que está unida con la conexión de aire de entrada 170b (figura 9).

25 La figura 12 muestra la estructura de un módulo del equipo 10b' que corresponde al equipo 10b (para configurar una de las zonas del espacio interior 20b' de la figura 10).

30 El ejemplo representado del módulo 10b' representa un sumidero de CO₂ realizado según la "solución basada en plantas terrestres", es decir, que contiene plantas terrestres 12b-1 y 12b-2 como los organismos que activan la fotosíntesis.

35 Para integrar el módulo de eliminación de CO₂ 10b' representado en el equipo 10b están previstas una conexión de entrada de gas de escape 216b y una conexión de salida del gas de escape 218b. El riego de los organismos 12b (y según se necesite alimentación con sustancias auxiliares) se realiza a través de una acometida de agua 220b. El agua excedente se evacúa a través de una salida de agua 222b del lado del suelo.

40 El módulo 10b' está dotado de un dispositivo de conducción de la temperatura 128b, que contribuye a templar controladamente el espacio interior 20b'. La estructura de este equipo 128b se representa en la figura 17.

45 La figura 13 muestra la estructura de un módulo de eliminación de CO₂ 10b", que constituye uno de los espacios interiores 20b" representados en la figura 9. El ejemplo representado es una "solución basada en plantas acuáticas" con organismos 12b que viven en el agua de una pileta de agua 18b. Para la integración del módulo 10b" están previstos una conexión de entrada de gas de escape 230b y una conexión de salida del gas de escape 232b.

50 Para la pileta 18b llena de agua está previsto un equipo para forzar la circulación 26b, por ejemplo como el ya descrito para el ejemplo de realización de la figura 1. La adición de CO₂ por mezcla puede realizarse también en el equipo de adición por mezcla 38b, 40b representado.

55 Una particularidad del módulo 10b" consiste en que en el espacio interior 20b", por encima del nivel del agua, está previsto un equipo de inyección de agua 234b que puede controlarse, para generar finas gotitas de agua en el espacio interior 20b".

60 Las figuras 14,15 y 16 muestran tres variantes de realización de un equipo para el procesamiento posterior de la biomasa 60b, 60b' y 60b" respectivamente, que puede utilizarse para el equipo 10b de la figura 10.

65 La figura 14 muestra un equipo para el procesamiento posterior 60b, adecuado en particular para lodos y biomasa que contiene gran cantidad de agua, que en cuanto a estructura y funcionamiento corresponde al ejemplo antes descrito en relación con la figura 4.

La figura 15 muestra por el contrario un equipo para el procesamiento posterior 60b' adecuado en particular para biomasa sólida, en el que la biomasa aportada primeramente se conduce a través de un

puesto de trituración 240b' y a continuación a través de un puesto de secado 72b' (siempre que sea necesario) y de una cinta transportadora 74b'.

5 La figura 16 muestra finalmente una variante con un equipo para el procesamiento posterior 60b" o bien una parte del mismo, que es una estación de secado 72b" para el secado térmico de la biomasa introducida en 62b" y evacuada en 244b" mediante irradiación solar (flechas).

10 Una particularidad del secado de biomasa representado consiste en que el mismo se realiza en una cubierta envolvente 246b" (permeable a la luz del sol), para poder acumular el agua que se produce durante el secado (y utilizarla a continuación en el correspondiente equipo de eliminación de CO₂).

15 Para ello se conduce aire al puesto de secado 72b" en una conexión de entrada 248b", el cual, tras absorber agua de la biomasa, abandona de nuevo la cubierta envolvente 246b" en una conexión de entrega de aire 250b", con lo que mediante un intercambiador de calor 252b" puede obtenerse ventajosamente agua (condensada) para su reutilización. El aire así secado se vierte por ejemplo a la atmósfera mediante una soplante 253b" y un filtro 254b" (o bien se reutiliza de otra forma). En esta variante de secado bajo una cubierta envolvente o tapa pueden reducirse ventajosamente pérdidas de agua en el marco del procesamiento posterior de la biomasa.

20 En un procesamiento de la biomasa, tal como se ha descrito a modo de ejemplo en base a las figuras 14 a 16, puede estar previsto que la biomasa relativamente seca (por ejemplo pellets) que resulta de una posterior etapa del procedimiento correspondiente a esta elaboración se devuelva parcialmente para el procesamiento de la biomasa, es decir, por ejemplo añadiéndola por mezcla en una determinada proporción a la biomasa que aún contiene agua en una etapa precedente del procedimiento.

25 En el secado de biomasa puede utilizarse en particular gas de combustión caliente o también enfriado procedente de un proceso de combustión.

30 Una superficie de secado prevista para el secado de biomasa mediante expansión de la misma, puede ser por ejemplo de al menos 1%, en particular 2% de la superficie del equipo utilizada para la fotosíntesis. Como máximo es esta superficie de secado con preferencia un 10%, en particular 5% de esta superficie de fotosíntesis.

35 En una forma de realización está previsto que la biomasa se someta a un secado previo mediante gas de combustión caliente (por ejemplo al menos un 1%, en particular al menos un 3% de la potencia de secado, como máximo por ejemplo 25%, en particular 10% de la potencia de secado). La biomasa se conduce con preferencia a uno o varios equipos de secado cerrados, pudiéndose realizar un secado mediante la luz del sol y/o gas que fluye a través, como por ejemplo gas de combustión.

40 La figura 17 muestra el equipo de conducción de la temperatura 128b utilizado en el módulo de eliminación de CO₂ 10b', cuya estructura y funcionamiento se corresponden esencialmente con los del equipo 128a representado en la figura 7.

45 No obstante, a diferencia del equipo 128a (figura 7) está previsto en el equipo de conducción de la temperatura 128b por el lado de salida, antes de la salida del aire 142b, adicionalmente un equipo de adición por mezcla 260b, para añadir por mezcla por ejemplo agua y/u otras sustancias (por ejemplo sustancias auxiliares como productos fitosanitarios, etc.).

50 La figura 18 muestra un equipo de eliminación de CO₂ 10c según otra forma de realización.

El equipo 10c incluye organismos que activan la fotosíntesis 12c, que están alojados en una cubierta envolvente 14c.

55 La cubierta envolvente 14c está compuesta esencialmente por láminas o sistemas de láminas 16c y 18c que se extienden en una gran superficie, que sirven por un lado como techo y por otro lado como delimitación inferior de la zona 20c que se encuentra en medio y recorrida por agua (que contiene los organismos 12c). Debido a la transparencia del techo 16c, penetra la luz del sol (véanse las flechas) en el espacio interior 20c del equipo 10c. Las flechas 30c y 28c designan un flujo de entrada de agua y un flujo de salida de agua respectivamente, que por ejemplo pueden estar unidos con un equipo de activación de la circulación no representado, tal como ya se ha explicado en los ejemplos de realización descritos bastante más arriba (véase por ejemplo la figura 1).

60 Debajo del sistema de láminas 18c se encuentra un gran volumen de agua (artificial o natural, bajo la tierra 262c, dado el caso impermeabilizado), que constituye así un acumulador de calor, que está unido con transmisión directa de calor con la zona 20c activa en cuanto a fotosíntesis, que contiene los organismos 12c, entre los sistemas de láminas 16c, 18c.

En el ejemplo de realización representado está colocada esta zona activa en cuanto a fotosíntesis, esencialmente en toda su superficie, sobre el acumulador de calor ("flotando"), con lo que ventajosamente se amortiguan considerablemente oscilaciones de la temperatura del entorno (por ejemplo en el ciclo diario).

5

A diferencia de la representación de la figura 18, podría estar previsto también que distintas zonas de la cubierta envolvente 14c no limiten directamente con el agua ocupada por organismos allí contenida, sino que formen uno o varios espacios huecos para aportar CO₂ y/o evacuar O₂.

10

La profundidad del agua en la zona activa puede encontrarse por ejemplo en la gama de 0,01 a 0,5 m, con preferencia de 0,02 a 0,3 m. La profundidad total del agua (zona activa y acumulador de calor) puede encontrarse por ejemplo en la gama de 0,3 a 3 m, con preferencia de 0,4 a 1,5 m. En particular el acumulador de calor puede presentar también una profundidad del agua que varía a lo largo y ancho de su superficie. Las zonas antes indicadas solamente a modo de ejemplo son válidas también en cuanto a las profundidades de agua promediadas en toda la superficie del equipo.

15

La figura 19 muestra otra forma de realización de un equipo de eliminación de CO₂ 10d previsto para combinarse con una planta de combustión, como en particular una central de generación, que incluye un sistema de varios espacios interiores del equipo 20d-1 a 20d-5 que sirven como sumideros de CO₂, que se utilizan para la eliminación de CO₂ realizada fotosintéticamente y que tienen por ejemplo una estructura tal como la que se ha explicado para los ejemplos de realización ya descritos de una "solución basada en plantas acuáticas".

20

Cada una de las zonas del espacio interior 20d está unida mediante un circuito de agua 32d con un canal común de intercambio de gas 264d, que es recorrido en la dirección de las flechas por el gas de escape de una planta de combustión (aquí central de generación).

25

Para conducir el CO₂ contenido en el gas de escape a las distintas zonas del espacio interior 20d, se bombea mediante la correspondiente bomba 34d agua desde la zona correspondiente 20d al canal de intercambio de gas 264d y aquí se pulveriza. El CO₂ del gas de escape se disuelve a continuación en el agua pulverizada, que, tal como se simbolizan la figura, se recoge de nuevo y se devuelve a la correspondiente zona del espacio interior 20d. Debido a la disposición consecutiva en el curso del canal de intercambio de gas de los distintos equipos de pulverización de agua y de recogida de agua, resulta en el curso de este canal un empobrecimiento continuo en CO₂ al disolverse el CO₂ en el agua pulverizada y un enriquecimiento continuo en O₂ procedente de los sumideros de CO₂ 20d. Así resulta al final del canal de intercambio de gas 264d una mezcla de gases enriquecida en O₂.

30

35

Ventajosamente pueden así los distintos sumideros de CO₂ o bien zonas del espacio interior 20d-1 del equipo 10 cumplir su correspondiente tarea de eliminación de CO₂ a distintos niveles de CO₂. Los organismos de las distintas zonas activas en cuanto a fotosíntesis 20d-1 a 20d-5 pueden adaptarse óptimamente en cuanto a su clase y/o concentración a la concentración de CO₂ prevista en la correspondiente zona.

40

En el ejemplo de realización representado está prevista además una preparación de la biomasa 60d para preparar la biomasa de los distintos circuitos de agua 32d, que están unidos mediante una conexión de evacuación de biomasa 44d, una conexión de adición por mezcla de biomasa 40d y el correspondiente sistema de válvulas que puede controlarse con los distintos circuitos de agua.

45

Aún cuando en la representación esquemática de la figura 19 el canal de intercambio de gas 264d se ha dibujado discurriendo en dirección vertical, se prefiere en la práctica un trazado longitudinal, horizontal, por ejemplo a través esencialmente de todo el equipo 10d. Los equipos de inyección, pulverización y recogida de agua se encuentran no obstante dispuestos uno sobre otro, con lo que el agua inyectada también se recoge de nuevo.

50

El canal de intercambio de gas tiene con preferencia, esencialmente en toda su longitud, una sección transversal interior unificada (resistencia al flujo optimizada).

55

La parte de agua derivada de los circuitos de agua para preparar la biomasa (60d) puede ser por ejemplo de al menos 0,01, en particular de 0,05 toneladas de H₂O por kilogramo de biomasa generada. Por otra parte la proporción máxima de agua es con preferencia de como máximo 5, en particular 1 t de H₂O por kilogramo de biomasa producida. La cantidad de agua inyectada se dimensiona con preferencia tal que, considerando las concentraciones de O₂/CO₂ y los coeficientes de solubilidad quede garantizado un transporte de sustancias suficiente. Cantidad típica: al menos 0,05, en particular 0,2 toneladas de H₂O por kilogramo de CO₂. Con la máxima preferencia 30, en particular 10 toneladas de H₂O por kilogramo de CO₂.

60

65

Los equipos de eliminación de CO₂ y los procedimientos de eliminación de CO₂ descritos, inclusive su combinación con una fuente de CO₂ antropogénica, como por ejemplo una central de combustión,

ES 2 688 654 T3

posibilitan incluso procedimientos interesantes y/o modelos de negocio para el aprovechamiento rentable de la eliminación de CO₂. Con referencia a las figuras 20 y 21 se describirán a continuación ejemplos de realización de tales procedimientos de aprovechamiento.

5 En la figura 20 se muestra un diagrama secuencial de un procedimiento para el aprovechamiento rentable de una eliminación de CO₂ mediante un equipo de eliminación de CO₂.

El procedimiento comienza en una tapa S1 con la planificación y construcción del equipo de eliminación de CO₂.

10

A continuación se realizan en este ejemplo las siguientes etapas:

Etapa S2: Aceptación de pedidos para eliminar CO₂ y/o compra para la eliminación.

15

Etapa S3: Introducción de CO₂ en el equipo de eliminación de CO₂, dado el caso previo transporte de entrada.

Etapa S4: Funcionamiento del equipo para la eliminación de CO₂ para transformar CO₂, en particular para transformar CO₂ y agua en oxígeno y biomasa.

20

Etapa S5: Validación de la capacidad de eliminación de CO₂, por ejemplo mediante facturación con regularidad.

Etapa S6 (opcional): Comercialización de la biomasa obtenida durante el funcionamiento del equipo de eliminación de CO₂, por ejemplo mediante venta comercial.

25

Etapa S7 (opcional): Optimización de la instalación de eliminación de CO₂, en particular en los aspectos económico y/o técnico y/o biológico, con preferencia de forma continua.

30

La figura 21 muestra un diagrama secuencial de un procedimiento modificado en el sentido de que el funcionamiento del equipo de CO₂ se realiza para eliminar CO₂ procedente directamente de una central de generación o de una planta de combustión a gran escala.

Este procedimiento incluye las siguientes etapas:

35

Etapa S1': Planificación y construcción de una central de generación (en particular central a gran escala) con un equipo de eliminación de CO₂ allí acoplado o bien conectado con el anterior.

40

Etapa S2': Funcionamiento de la central de generación para generar potencia eléctrica y conducción, al menos parcial, del CO₂ que procede del gas de escape hasta el equipo de eliminación de CO₂.

Etapa S3': Funcionamiento del equipo de eliminación de CO₂ para transformar CO₂, en particular CO₂ y agua en O₂ y biomasa.

45

Etapa S4' (opcional): Devolución de al menos una parte de la biomasa generada y/o al menos una parte del oxígeno generado como combustible y/o aire de combustión a la central de generación.

Etapa S5': Validación de la capacidad de generación de electricidad, en particular mediante facturación con regularidad.

50

Etapa S6' (opcional): Comercialización de la biomasa dado el caso generada en exceso, por ejemplo mediante venta comercial de la biomasa.

55

Etapa S7' (opcional): Optimización de la central de generación y/o del equipo de eliminación de CO₂, en particular en los aspectos económico y/o técnico y/o biológico, con preferencia de forma continuada.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Planta de combustión (160), en particular central de generación, que incluye
- una cámara de combustión (162), en particular para generar energía mediante un proceso de combustión que genera CO₂ y
 - un equipo de eliminación de CO₂ (10), para la eliminación, al menos parcial, del CO₂ del gas de escape de la cámara de combustión (162), que incluye una pluralidad de organismos que activan la fotosíntesis (12), para transformar CO₂, una cubierta envolvente (14) para alojar los organismos (12) en una zona activa en cuanto a fotosíntesis en un espacio interior (20) de la cubierta envolvente y para mantener unas condiciones predeterminadas en el entorno para los organismos (12) en el espacio interior (20), medios (16, 22) para introducir luz solar en el espacio interior (20), un equipo de aportación de CO₂ (26, 38) que puede controlarse, para la aportación controlada de CO₂ al espacio interior, un equipo de evacuación del producto (26, 36, 48) que puede controlarse, para la evacuación controlada de productos de la transformación del CO₂, en la que la cámara de combustión (162) y la zona activa en cuanto a fotosíntesis están integrados en un circuito de gas, en el que circula una cantidad de CO₂ desde la cámara de combustión (162) hasta la zona activa en cuanto a fotosíntesis y retorna a la cámara de combustión (162),
- 10 **caracterizada porque** un equipo de aportación de aire prevé una alimentación de la cámara de combustión (162) con una mezcla de gases aportada, que presenta un contenido en CO₂ superior al de la atmósfera, para prever una concentración de CO₂ en la gama del 5% al 35% para la transformación del CO₂ en el equipo de eliminación de CO₂ (10).
- 15
- 20
- 25 2. Planta de combustión (160) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el equipo de aportación de aire está previsto para alimentar controladamente la cámara de combustión (162) con una mezcla de gases compuesta por aire fresco y aire de escape de la zona activa en cuanto a fotosíntesis.
- 30 3. Planta de combustión (160) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, en la que la biomasa evacuada del espacio interior (20) y un combustible y/o una fracción de combustible conducido al proceso de combustión son formas en que aparecen sustancias en un circuito de sustancias esencialmente cerrado.
- 35 4. Procedimiento para operar una planta de combustión (160), en particular una central de generación (160) para generar energía mediante un proceso de combustión que genera CO₂, **que** incluye la etapa de una eliminación, al menos parcial, del CO₂ del gas de escape de una cámara de combustión (162) de la planta de combustión (160) utilizando un equipo de eliminación de CO₂ (10), que incluye una pluralidad de organismos que activan la fotosíntesis (12), para transformar CO₂, una cubierta envolvente (14) para alojar los organismos (12) en una zona activa en cuanto a fotosíntesis en un espacio interior (20) de la cubierta envolvente y para mantener unas condiciones predeterminadas en el entorno para los organismos (12) en el espacio interior (20), medios (16, 22) para introducir luz solar en el espacio interior (20), un equipo de aportación de CO₂ (26, 38) que puede controlarse, para la aportación controlada de CO₂ al espacio interior, un equipo de evacuación del producto (26, 36, 48) que puede controlarse, para la evacuación controlada de productos de la transformación del CO₂, en el que la cámara de combustión (162) y la zona activa en cuanto a fotosíntesis están integrados en un circuito de gas, en el que circula una cantidad de CO₂ desde la cámara de combustión (162) hasta la zona activa en cuanto a fotosíntesis y retorna a la cámara de combustión (162),
- 40 **caracterizado porque** la cámara de combustión (162) se alimenta con una mezcla de gases, que presenta un contenido en CO₂ superior al de la atmósfera, para prever una concentración de CO₂ en la gama del 5% al 35% para la transformación de CO₂ en el equipo de eliminación de CO₂ (10).
- 45
- 50
- 55 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **que** incluye la etapa de una alimentación controlada de la cámara de combustión 201(162) con una mezcla de gases compuesta por aire fresco y aire de escape de la zona activa en cuanto a fotosíntesis.
- 60 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 5, en la que la biomasa se evacúa del espacio interior (20) y se conduce como combustible y/o una fracción de combustible al proceso de combustión en la cámara de combustión (162).
- 65

FIG 1

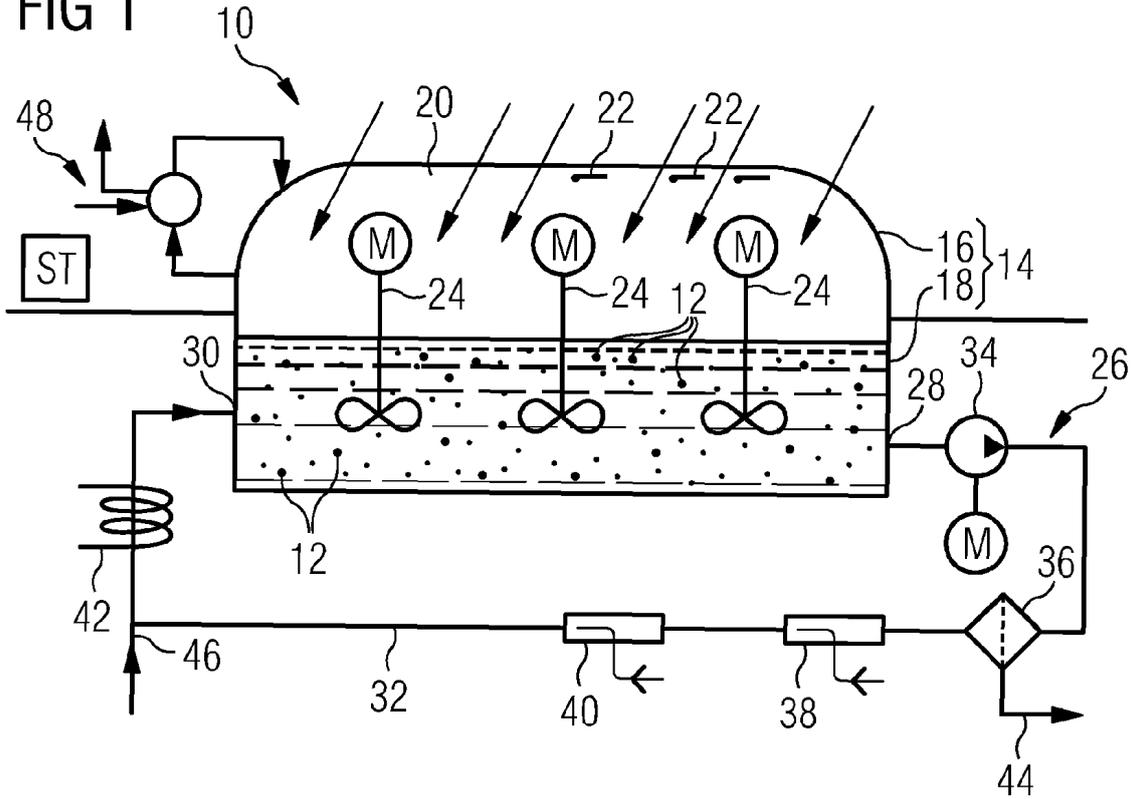


FIG 2

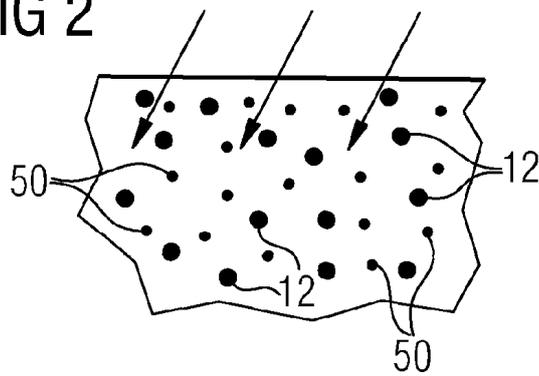


FIG 3

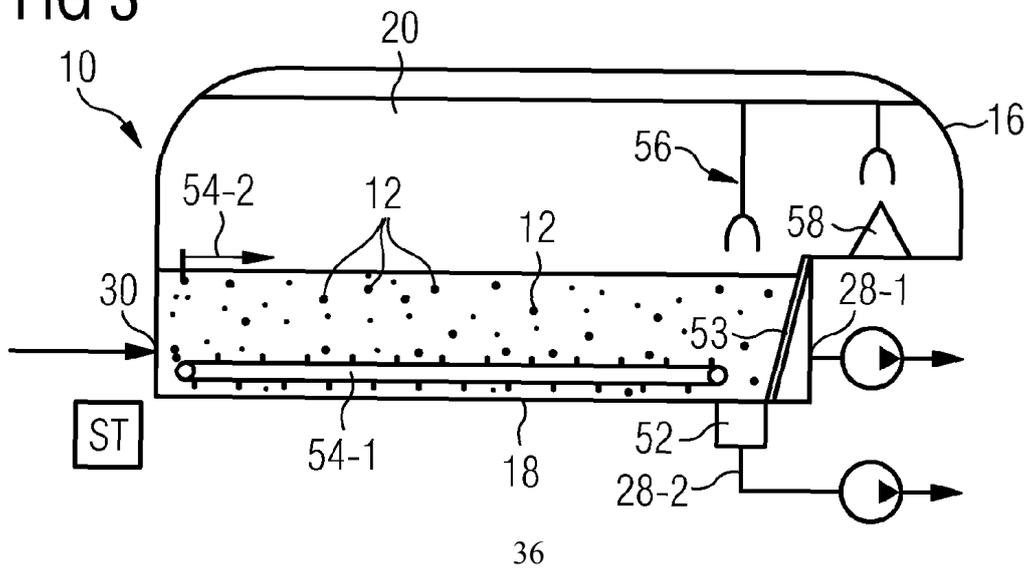


FIG 4

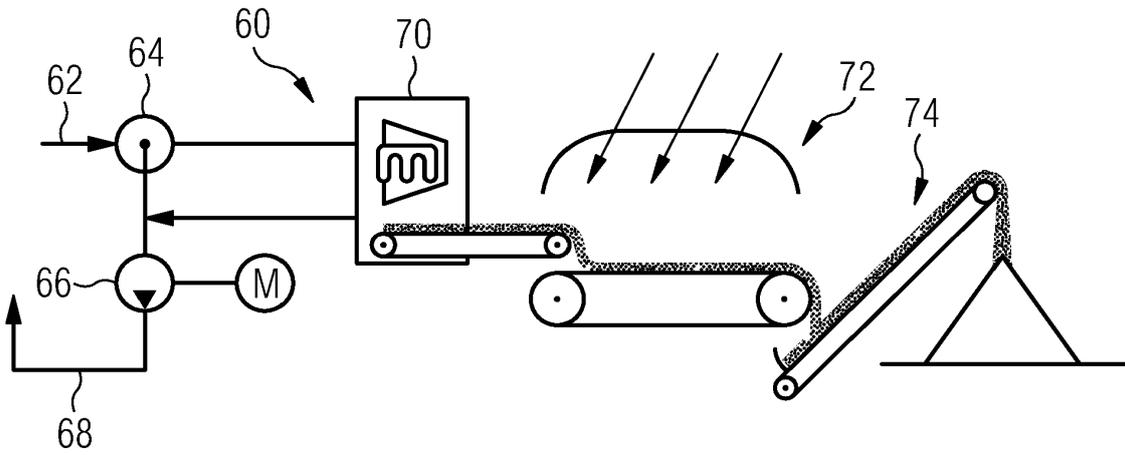


FIG 5

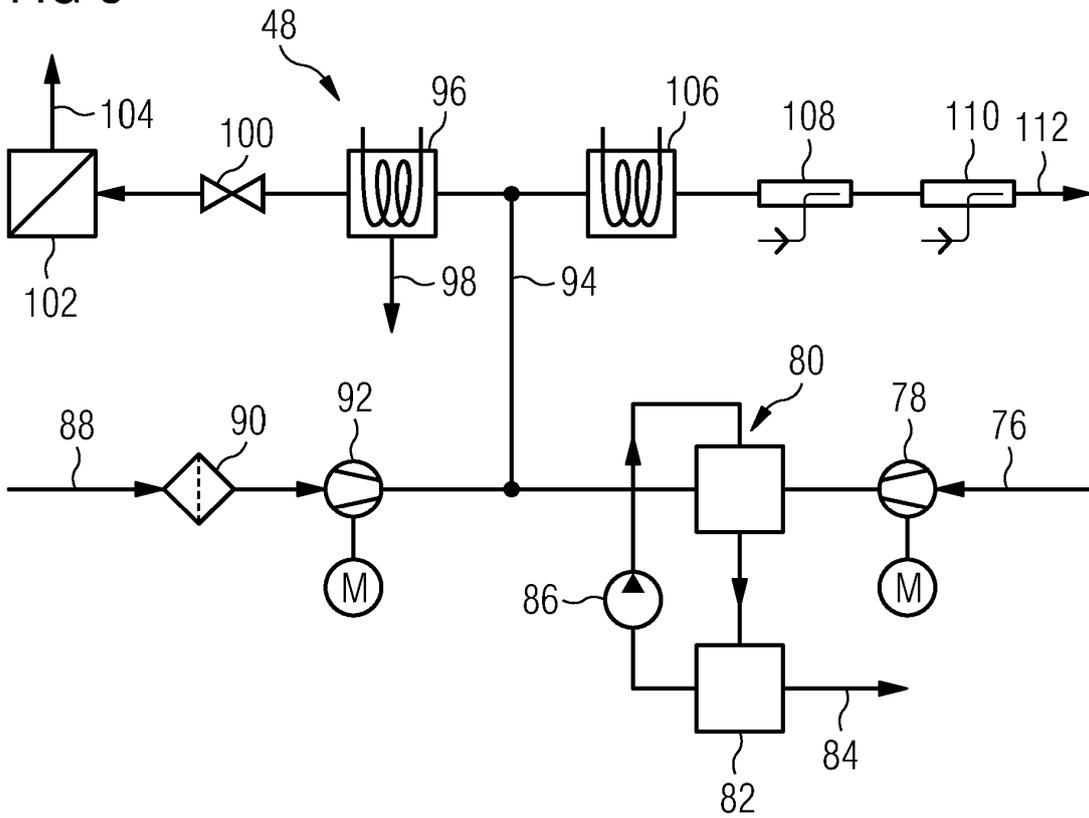


FIG 6

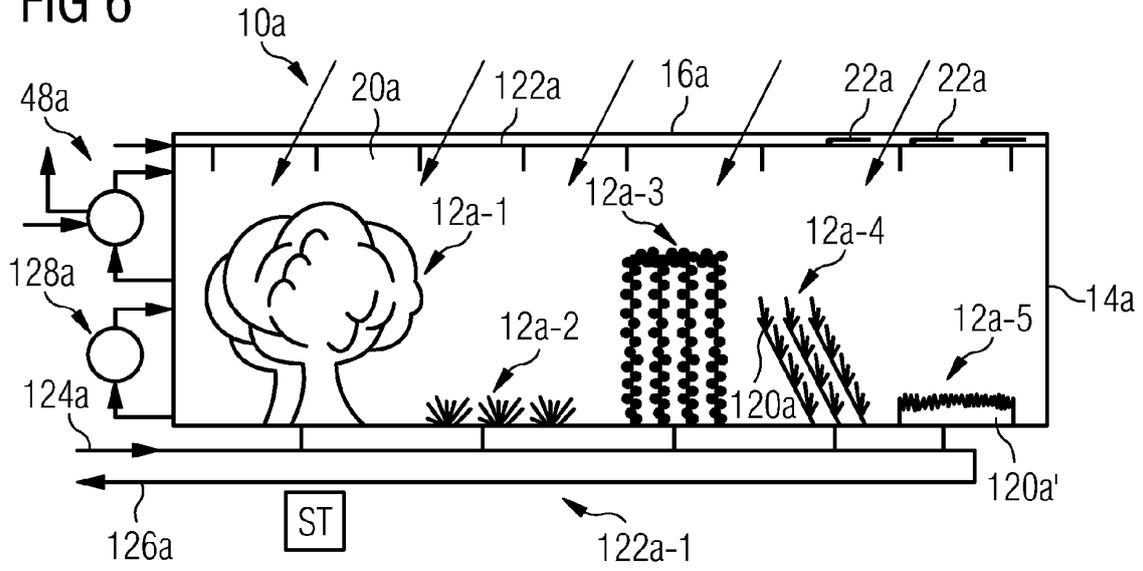


FIG 7

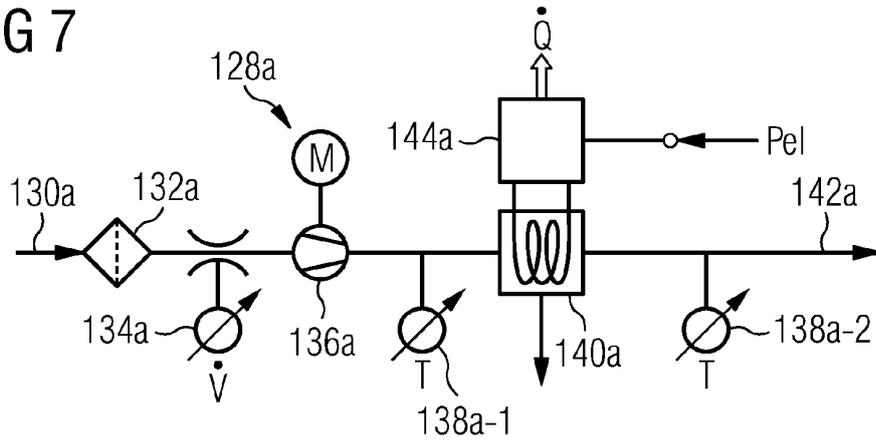


FIG 8

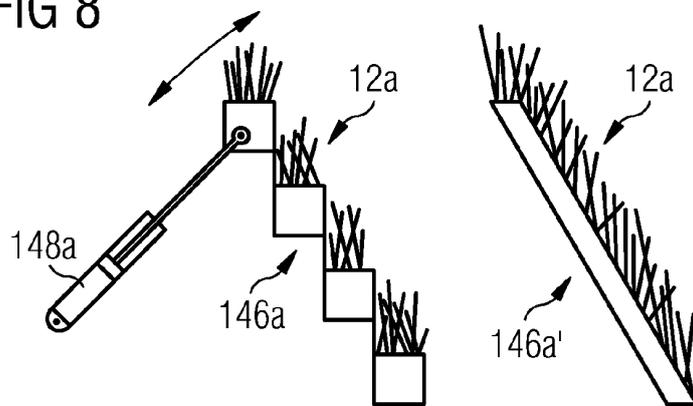


FIG 9

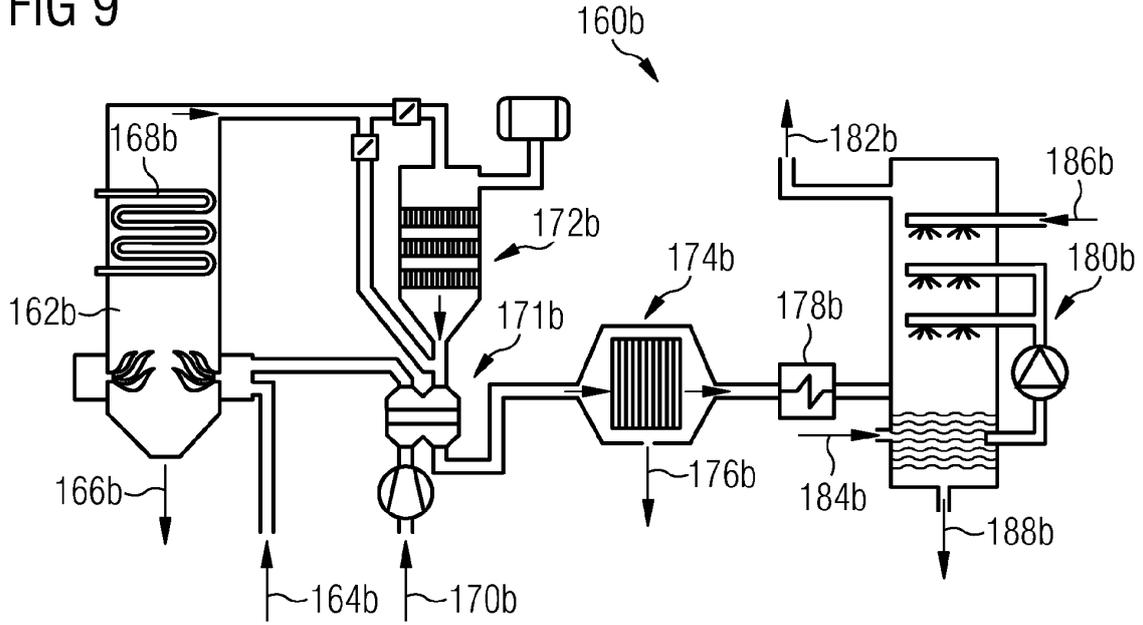


FIG 10

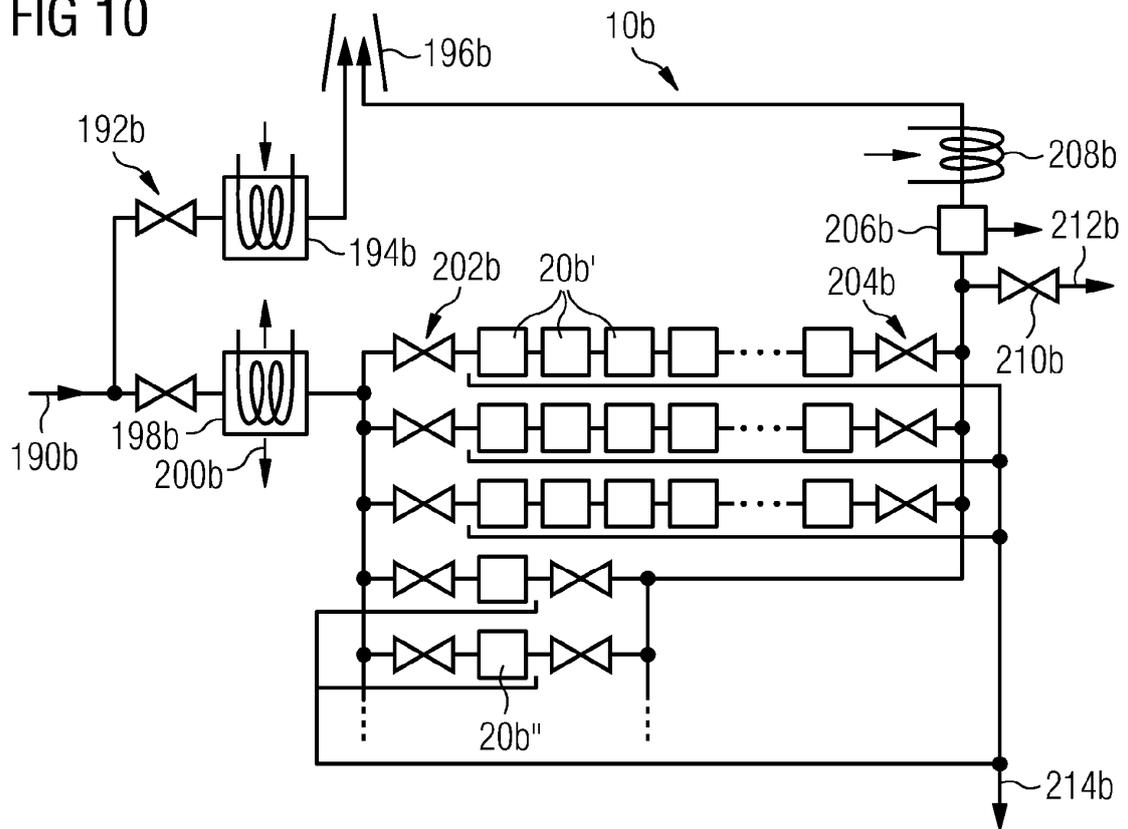


FIG 11

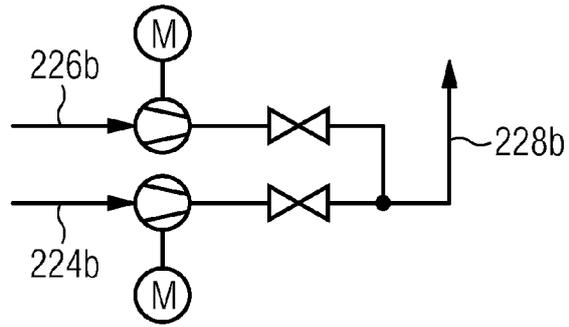


FIG 12

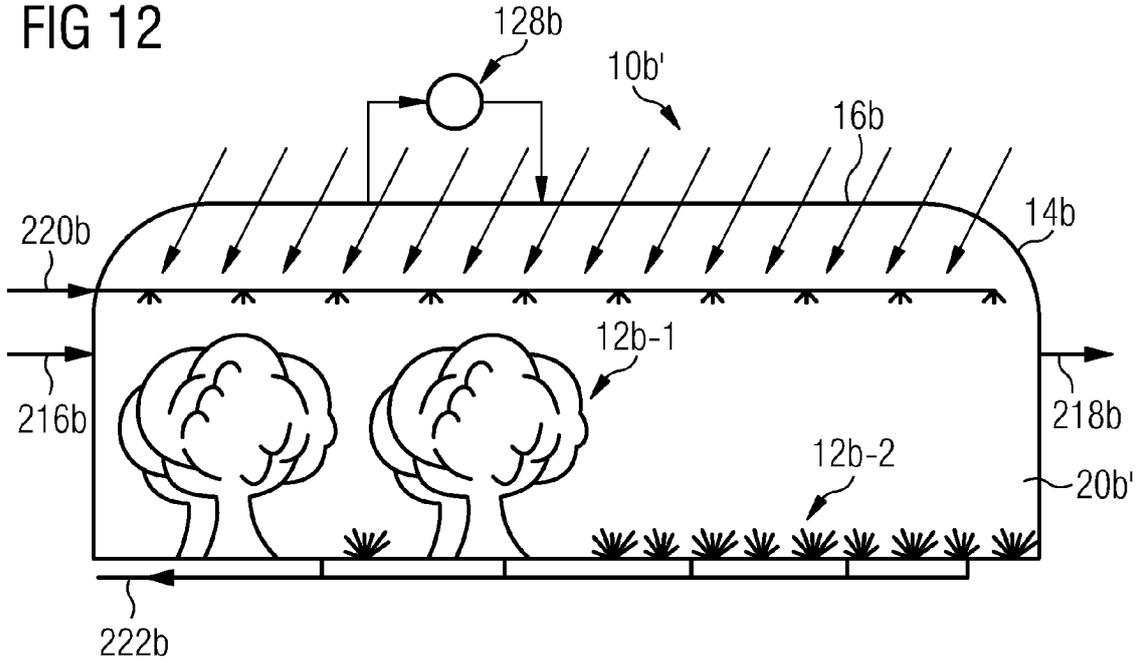


FIG 13

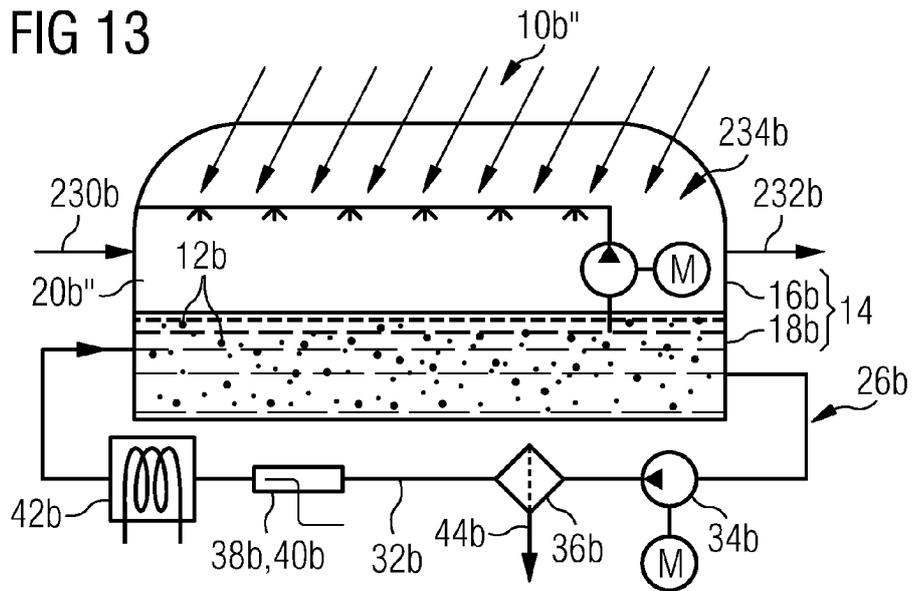


FIG 14

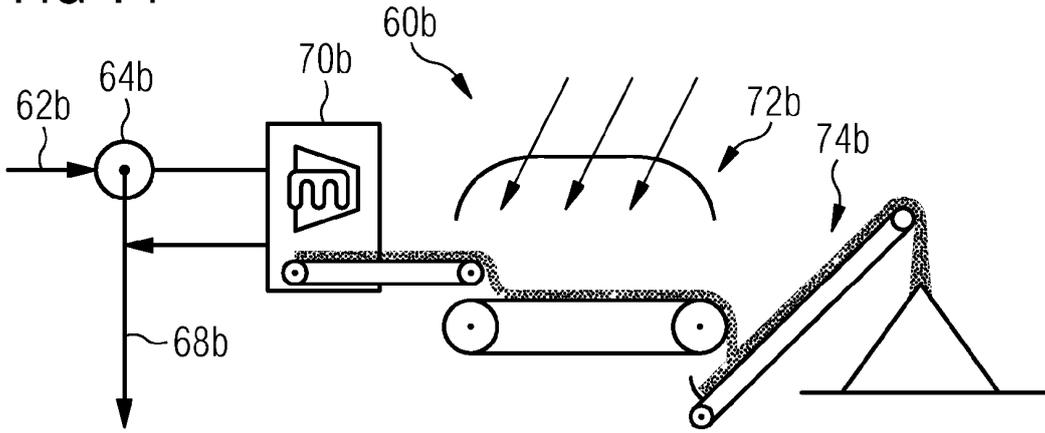


FIG 15

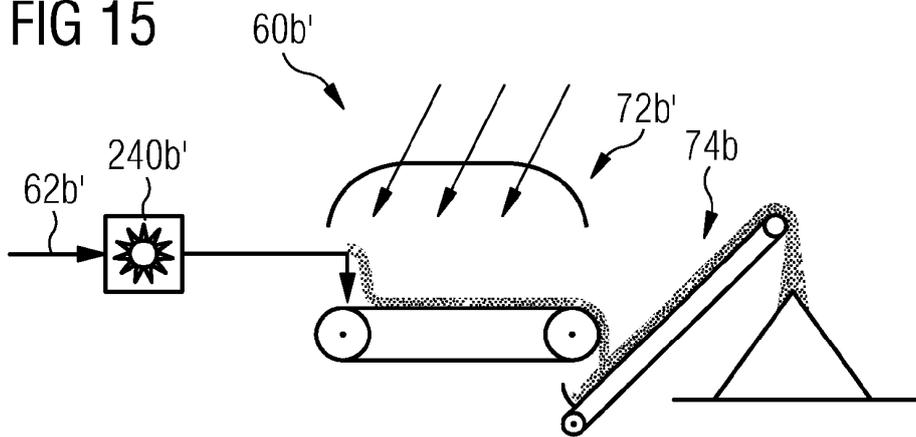


FIG 16

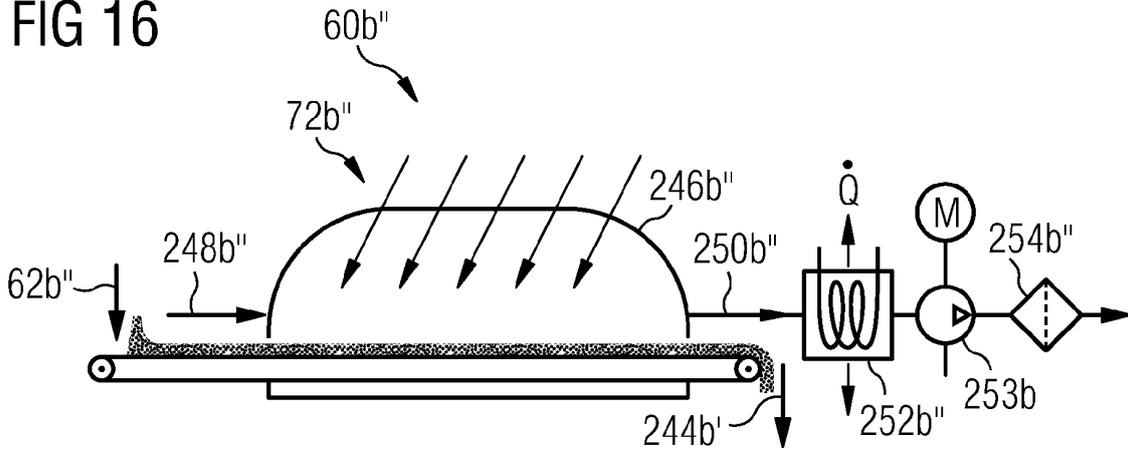


FIG 17

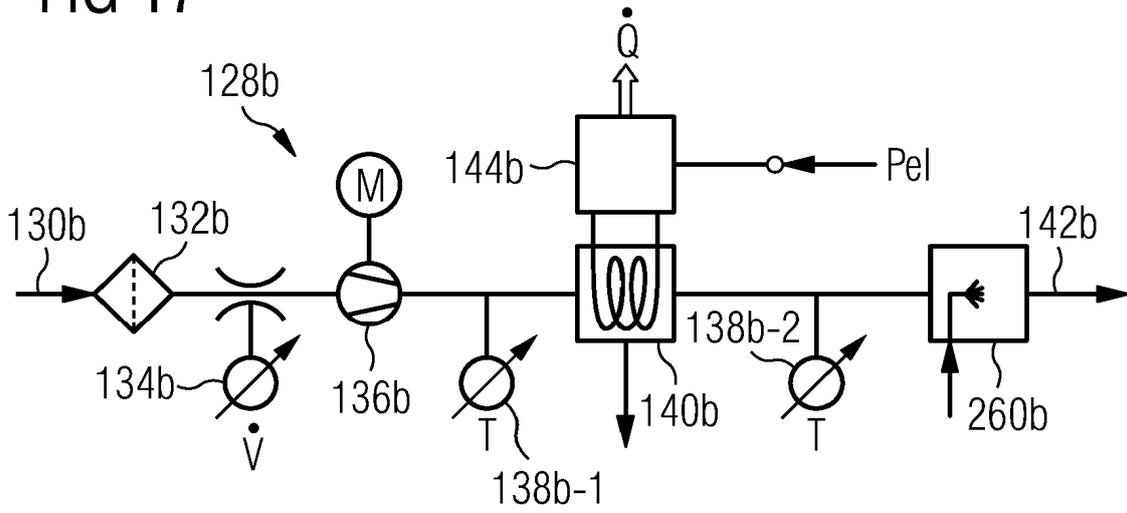


FIG 18

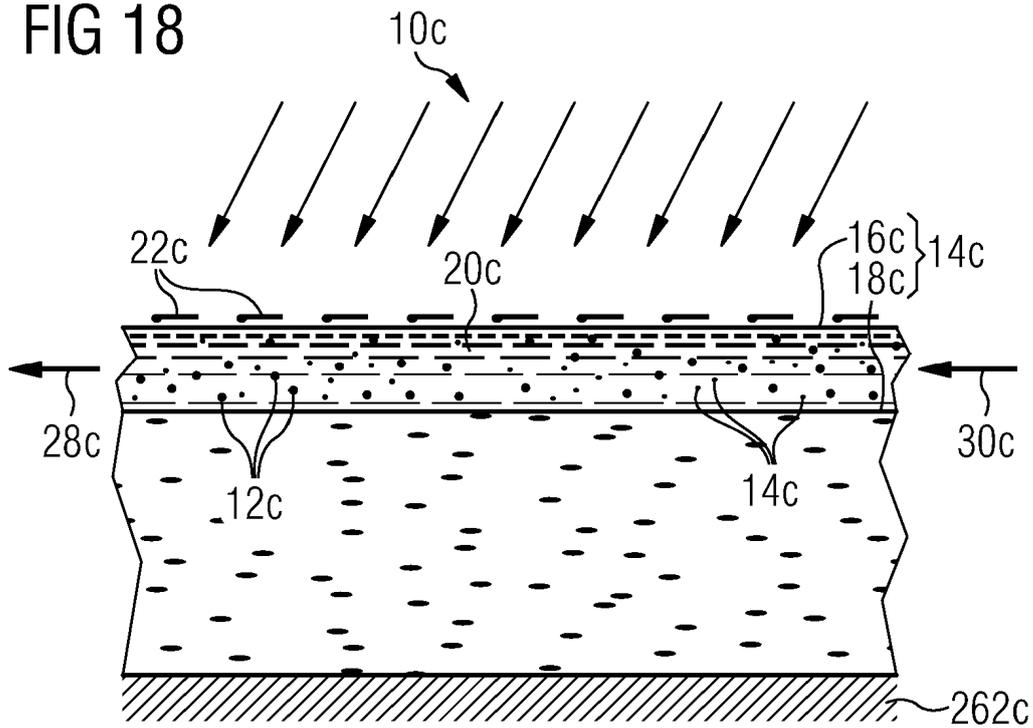


FIG 19

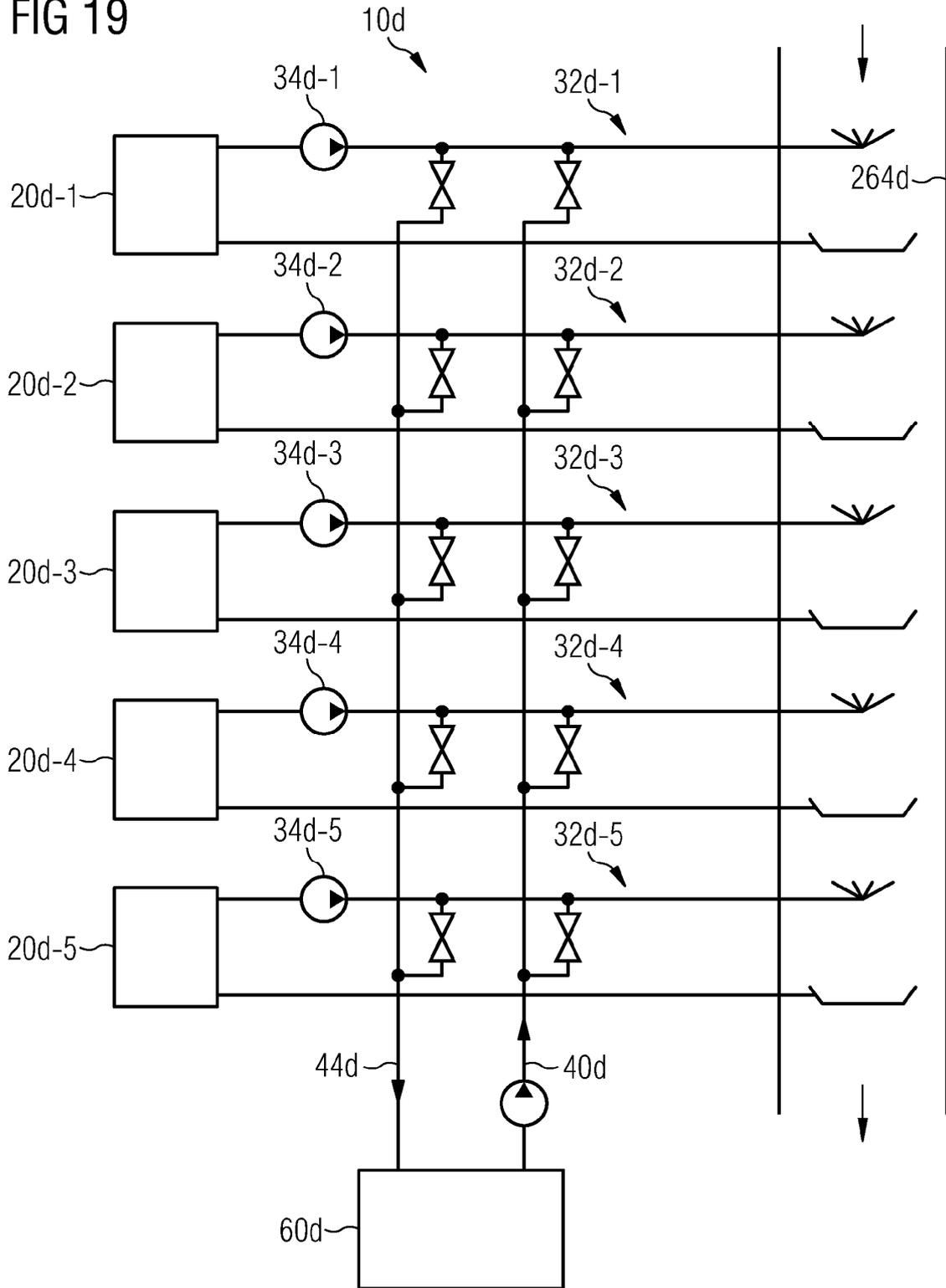


FIG 20

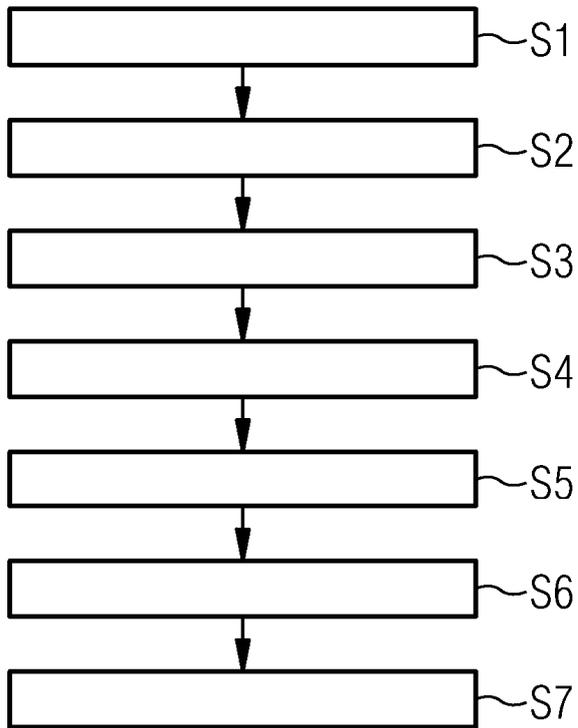


FIG 21

