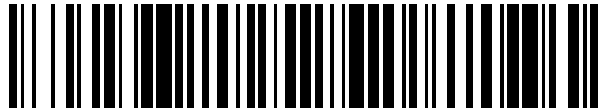


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 279**

21 Número de solicitud: 201690039

51 Int. Cl.:

**F03G 6/06**

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**05.02.2015**

30 Prioridad:

**13.02.2014 DE 102014202633**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**28.06.2017**

71 Solicitantes:

**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND  
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)**

**Linder Höhe  
51147 Köln DE**

72 Inventor/es:

**EICKHOFF, Martín**

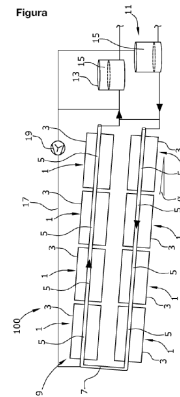
74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una central térmica solar y central térmica solar que funciona de acuerdo a dicho procedimiento**

57 Resumen:

Procedimiento para el funcionamiento de una central térmica solar, y central térmica solar que funciona de acuerdo a dicho procedimiento donde la central dispone de varios receptores de radiación solar (1), que se hacen funcionar con una sal fundida como medio caloportador, en el que cada receptor de radiación solar (1) presenta un dispositivo reflector (3) y un tubo absorbedor (5), presenta las etapas siguientes: - precalentamiento de los tubos absorbedores (5) en el estado vaciado de la sal fundida a una temperatura T por concentración de la radiación solar sobre los tubos absorbedores (5) mediante los dispositivos reflectores (3), en el que la temperatura T es mayor o igual a la temperatura de fusión de la sal; tras el alcance de la temperatura T: - introducción de la sal fundida en los tubos absorbedores (5) y conducción recirculada de la sal fundida a través de los tubos absorbedores (5) con reposicionamiento simultáneo de los dispositivos reflectores (3) en función de la posición del sol; al término del funcionamiento: - evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores (5).



## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el funcionamiento de una central térmica solar, y central térmica solar que funciona de acuerdo a dicho procedimiento.

5

La presente invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una central térmica solar con varios receptores de radiación, que se hacen funcionar con una sal fundida como medio caloportador, así como una central de este tipo.

10

En las centrales térmicas solares conocidas se calienta un medio caloportador con la ayuda de la luz solar, en tanto que la luz solar se refleja a través de reflectores sobre un absorbedor que se atraviesa por un medio caloportador. Como caloportador sirven, por ejemplo, un termoaceite o agua. La energía térmica del medio caloportador se usa a continuación inmediatamente, por ejemplo para la generación de corriente, o tiene lugar un almacenamiento de calor a corto plazo. Además, se conoce hacer funcionar centrales de este tipo con sal fundida. El uso de sal fundida es apropiado en particular ya que se pueden alcanzar temperaturas de funcionamiento elevadas, lo que conduce a muy buenos rendimientos del proceso. Además, las sales líquidas son un medio térmico de almacenamiento muy económico.

20

En particular las centrales térmicas solares focalizadas linealmente, en las que están previstos tubos absorbedores alargados sobre los que los reflectores reflejan la luz solar de forma lineal, se hacen funcionar con medios caloportadores de este tipo. No obstante, con el uso de sal fundida existe la desventaja de que las sales líquidas permanecen en los tubos absorbedores en momentos sin suficiente radiación solar, como por ejemplo por las noches o en periodos de mal tiempo, y existe el peligro de que la sal se congele. Los tubos absorbedores congelados sólo se pueden descongelar con gran esfuerzo y debido a las variaciones de volumen de la sal que se originan durante el cambio de fase existe el peligro de que se deterioren los tubos absorbedores. Esto ocurre porque la fase líquida de la sal fundida posee un volumen mayor que la fase sólida.

30

Si en un tubo absorbedor convencional se ha congelado la sal fundida y se intenta descongelarla en un punto mediante un aporte de calor, entonces la sal encerrada por sal sólida que se licua genera una presión inmensa sobre la pared interior del tubo absorbedor y el tubo absorbedor amenaza con explotar. Por ello los tubos absorbedores congelados se deben deshelar gradualmente partiendo del lado todavía líquido, lo que es muy trabajoso y

35

requiere mucho tiempo. Por ello las sales fundidas usadas se calientan con frecuencia con combustibles fósiles o de forma eléctrica, para protegerla frente a la congelación. No obstante, el calentamiento adicional es costoso en particular en largos periodos de mal tiempo o en invierno y conduce a un rendimiento empeorado.

5

Por ello el objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para el funcionamiento de una central térmica solar, así como una central térmica solar, en donde se pueda prescindir del calentamiento adicional problemático.

10 El procedimiento según la invención está definido por las características de la reivindicación 1. La central térmica solar según la invención está definida por las características de la reivindicación 12.

El procedimiento según la invención para el funcionamiento de una central térmica solar con  
15 varios receptores de radiación solar, que se hacen funcionar con una sal fundida como medio caloportador, presentando cada receptor de radiación solar un dispositivo reflector y un tubo absorbedor, están previstas las etapas siguientes:

- precalentamiento de los tubos absorbedores en el estado vaciado de la sal fundida a una  
20 temperatura T por concentración de la radiación solar sobre los tubos absorbedores mediante los dispositivos reflectores, siendo la temperatura T mayor o igual a la temperatura de fusión de la sal;

tras el alcance de la temperatura T:

25

- introducción de la sal fundida en los tubos absorbedores y conducción recirculada de la sal fundida a través de los tubos absorbedores con reposicionamiento simultáneo de los dispositivos reflectores en función de la posición del sol;

30 al término del funcionamiento:

- evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores.

El procedimiento según la invención prevé por consiguiente que al término del  
35 funcionamiento de una central térmica solar se vacíen los tubos absorbedores del receptor de radiación solar, de modo que no quede sal fundida en los tubos absorbedores. De este

modo se evita que la sal fundida amenace con solidificarse en los tubos absorbedores y conduzca a una fusión, que requiere tiempo y energía, de la sal fundida en los tubos absorbedores o se vuelva innecesario un calentamiento nocturno intensivo en costes. El calentamiento constante intensivo en costes de grandes campos solares durante la noche o en días con mal tiempo, por ejemplo en invierno, no es necesario por consiguiente de modo que se produce un ahorro de costes no insignificante. Mediante el precalentamiento de los tubos absorbedores mediante los dispositivos reflectores, antes de que la sal fundida se introduzca en los tubos absorbedores, se impide de modo y manera económicos que la sal fundida se congele de inmediato durante la introducción en los tubos absorbedores debido a unos tubos absorbedores demasiado fríos y conduzca a una así denominada formación de tapones de sal. Dado que para el calentamiento de los tubos absorbedores se usa radiación solar, para el calentamiento de los tubos absorbedores no se necesita una costosa fuente de energía externa.

La evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores tiene además la ventaja de que los tubos absorbedores deteriorados se pueden sustituir sin problemas por nuevos en el estado vaciado de la sal fundida. Por ello se simplifica esencialmente el mantenimiento de la central térmica solar.

Preferentemente está previsto que al término del funcionamiento se desfocalizan los dispositivos reflectores. De este modo se impide que los tubos absorbedores, en el estado vaciado de la sal fundida al término del funcionamiento y antes de la fase de precalentamiento también se irradian con radiación solar y amenacen con sobrecalentarse.

En una variante preferida del procedimiento según la invención está previsto que en el precalentamiento de los tubos absorbedores se realiza una regulación de potencia del dispositivo reflector en función de la posición del sol y/o del tiempo. En las horas de la mañana, por ejemplo, en los dispositivos reflectores en forma de colectores cilindro-parabólicos, no es crítico el proceso de precalentamiento debido a la posición del sol y de la radiación solar relativamente baja resultante de ello, de modo que el dispositivo reflector se puede focalizar directamente sobre el tubo absorbedor. En el caso de cielo nublado también es suficiente la radiación difusa para conseguir una gran parte del precalentamiento. Si el proceso de precalentamiento se efectúa durante el sol de mediodía, entonces la radiación solar es demasiado intensa de modo que se pueden originar gradientes de temperatura inadmisibles en los tubos absorbedores. Por ello se debe realizar una regulación de potencia, de modo que se refleja una pequeña radiación solar sobre los tubos absorbedores.

Por ello el foco de un dispositivo reflector no se debe situar directamente sobre el tubo absorbedor, sino que debe estar ligeramente desplazado respecto al tubo absorbedor, de modo sólo una parte de la radiación solar reflejada llegue al tubo absorbedor. Después del precalentamiento de los tubos absorbedores y la introducción de la sal fundida se puede focalizar luego el dispositivo reflector completamente sobre el tubo absorbedor. En particular, durante el precalentamiento de los tubos absorbedores, los dispositivos reflectores pueden estar focalizados sólo parcialmente sobre los tubos absorbedores, por ejemplo, en la zona de borde, o se focalizan y desfocalizan de forma periódica. De este modo se consigue que los tubos absorbedores se puedan precalentar de forma dirigida a la temperatura T deseada, sin que se puedan producir deterioros debidos a la temperatura a causa de gradientes de temperatura demasiado grandes en las paredes de los tubos absorbedores.

Preferentemente la evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores se realiza al menos parcialmente debido a la gravedad. Para ello pueden estar previstos, por ejemplo, tubos absorbedores inclinados en una dirección, por lo que se origina una pendiente hacia un extremo del tubo absorbedor y la sal fundida puede fluir a través de la pendiente fuera del tubo absorbedor. Evidentemente también puede estar previsto que adicionalmente estén previstas bombas que favorecen la evacuación de la sal fundida.

En una variante especialmente preferida del procedimiento según la invención está previsto que, durante el precalentamiento del tubo absorbedor, se conduce un medio caloportador secundario a través de los tubos absorbedores. Esto se realiza preferentemente con recirculación. El medio caloportador secundario puede ser, por ejemplo, un gas inerte, preferentemente nitrógeno. Mediante el medio caloportador secundario, que se conduce a través de los tubos absorbedores, se proporciona un enfriamiento de puntos calientes de los tubos absorbedores, de modo que se reduce el peligro del sobrecalentamiento de algunas zonas de los tubos absorbedores durante el precalentamiento. Además, mediante el medio caloportador secundario se puede transportar la energía térmica transferida por el enfriamiento sobre el medio caloportador a las zonas frías de los tubos absorbedores, de modo que éstas se calientan. De este modo se pueden reducir los gradientes de temperaturas entre zonas calientes de las paredes de tubos absorbedores y zonas frías de las paredes de tubos absorbedores. En particular, cuando el medio caloportador secundario se conduce con recirculación a través de los tubos absorbedores, por consiguiente durante el precalentamiento se puede distribuir el calor de forma uniforme a través de las tuberías de toda la central. De este modo también se consigue que todas las zonas de los tubos

absorbedores alcancen la temperatura  $T$  deseada, de modo que la sal fundida no amenace con congelarse en zonas individuales de los tubos absorbedores.

En los depósitos de almacenamiento de sal, que se usan habitualmente en centrales  
5 térmicas solares, se usa con frecuencia una bolsa de un gas inerte, por ejemplo nitrógeno, para evitar la corrosión por inclusiones de aire y reducir el envejecimiento de la sal fundida. El gas inerte, por ejemplo nitrógeno, ya está presente por consiguiente en el sistema de la central y por ello se puede usar de manera ventajosa durante el proceso de precalentamiento.

10 Cuando un gas inerte atraviesa los tubos absorbedores durante el precalentamiento es necesario con frecuencia no conducir los dispositivos reflectores completamente al foco, de modo que se reduce el aporte de energía térmica a los tubos absorbedores, dado que entre los tubos absorbedores y el flujo del gas existe una transferencia de calor relativamente  
15 mala. De este modo se pueden evitar gradientes de temperatura locales elevados dentro de los tubos. Evidentemente también es posible focalizar y desfocalizar los dispositivos reflectores de forma periódica.

Preferentemente puede estar previsto que el medio caloportador secundario, en la  
20 evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores, se introduzca en los tubos absorbedores con presión aumentada respecto a la temperatura ambiente, presionando el medio caloportador secundario la sal fundida fuera de los tubos absorbedores. De este modo la evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores se puede acelerar y, por ejemplo, favorecer una salida de la sal fundida de los tubos absorbedores debida a la fuerza  
25 de la gravedad. De este modo se acorta claramente el proceso de evacuación de la sal fundida.

Básicamente en la evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores también puede estar previsto que la sal fundida se bombee al menos parcialmente fuera de los tubos  
30 absorbedores. Esto se puede realizar adicionalmente o adicionalmente al prensado hacia fuera o debido a la fuerza de gravedad de la sal fundida.

Preferentemente está previsto que la sal fundida se conduzca a al menos un depósito de almacenamiento aislado térmicamente al salir del tubo absorbedor. De este modo se puede  
35 conseguir que la energía térmica contenida en la sal fundida líquida se almacene al menos parcialmente durante la pausa de funcionamiento de la central térmica solar. Como depósito

de almacenamiento se puede usar, por ejemplo, un depósito de sal fría presente en los circuitos convencionales de la central. También es posible que la sal se conduzca en primer lugar a depósitos de almacenamiento separados y de estos a depósitos de sal principales más grandes, como por ejemplo a un depósito de sal fría.

5

En una variante del procedimiento según la invención está previsto que en la introducción de la sal fundida en los tubos absorbedores se conduzca el medio caloportador secundario a al menos un depósito de almacenamiento. De este modo se puede almacenar el medio caloportador secundario de manera ventajosa para reutilizarlo durante el proceso de precalentamiento o durante la salida de la sal fundida de los tubos absorbedores. En particular puede estar previsto que el depósito de almacenamiento secundario esté formado por el depósito de almacenamiento aislado térmicamente. Esto es ventajoso en particular al usar un gas inerte, por ejemplo nitrógeno, como medio caloportador secundario, dado que este gas inerte ya se usa como bolsa de gas en el depósito de almacenamiento aislado térmicamente para la sal fundida, a fin de evitar la corrosión o el envejecimiento de la sal fundida. En la introducción de la sal fundida desde el depósito de almacenamiento a los tubos absorbedores se toma un volumen comparable de sal fundida del depósito de almacenamiento aislado térmicamente, que se le suministra de nuevo al depósito de almacenamiento de gas inerte. Además, el uso del depósito de almacenamiento aislado térmicamente para la sal fundida como depósito de almacenamiento secundario tiene la ventaja de que los restos eventuales de gas inerte, que pueden permanecer en primer lugar en los tubos absorbedores, se arrastran durante la conducción recirculada de la sal fundida a través de los tubos absorbedores por la sal fundida y así llegan al depósito de almacenamiento aislado térmicamente o, por ejemplo, a un depósito de almacenamiento de sal caliente, en el que los restos de gas inerte ascienden lentamente y pueden convertirse en la bolsa de gas inerte correspondiente del depósito de almacenamiento.

Puede estar previsto que el medio caloportador secundario permanezca en los tubos absorbedores durante el no funcionamiento de la central. Esto es ventajoso en particular cuando el gas inerte usado para la bolsa de gas inerte del depósito de almacenamiento contenido en el sistema sirve como medio caloportador secundario, dado que en este caso no accede ningún medio adicional, como por ejemplo aire, al sistema, lo que conduciría a una evacuación adicional de este medio fuera del sistema. En particular puede estar previsto que el medio caloportador secundario se aplique con una presión elevada y permanezca en los tubos absorbedores. La presión elevada puede ser, por ejemplo, de hasta 15 bares.

También puede estar previsto que durante el precalentamiento el medio caloportador secundario se recircule con una presión elevada, por ejemplo hasta 15 bares. Esto tiene la ventaja de una menor pérdida de presión en la recirculación y una densidad más elevada del medio caloportador secundario, por lo que se mejoran el comportamiento de la transmisión  
5 de calor y la capacidad de transporte de calor.

La invención se refiere además a una central solar térmica para el funcionamiento con una sal fundida como medio caloportador con varios receptores de radiación solar, que presentan respectivamente un dispositivo reflector y un tubo absorbedor a través del que se  
10 puede conducir el medio caloportador. La central térmica solar según la invención está caracterizada porque los tubos absorbedores están dispuestos con una pendiente en la dirección del al menos un depósito de almacenamiento para la sal fundida. De este modo se consigue que la sal fundida usada para el funcionamiento normal de la central térmica solar se pueda evacuar de modo y manera sencillos de los tubos absorbedores, de modo que se  
15 impide que la sal fundida se solidifique durante una pausa de funcionamiento de la central térmica solar en los tubos absorbedores. De esta manera se impide que sea necesaria una descongelación laboriosa de la sal fundida durante la nueva puesta en funcionamiento de la central térmica solar o un calentamiento laborioso e intensivo en costes de la sal fundida durante la pausa de funcionamiento. La pendiente posibilita de manera ventajosa que la sal  
20 fundida llegue al depósito de almacenamiento debido a la fuerza de la gravedad.

En el marco de la invención, la característica de "pendiente en la dirección del al menos un depósito de almacenamiento" también comprende variantes en las que un extremo inferior de los tubos absorbedores también está dirigido en una dirección diferente que el depósito  
25 de almacenamiento, no obstante, existe una conexión tubular entre el extremo inferior del tubo absorbedor y el depósito de almacenamiento, a través de la que la sal fundida llega a los depósitos de almacenamiento. La dirección de la pendiente es por consiguiente la dirección de flujo a lo largo del recorrido de flujo en la dirección del depósito de almacenamiento. Los tubos absorbedores pueden estar dispuestos, por ejemplo, con un  
30 ángulo  $\alpha$  de hasta  $10^\circ$  respecto a la horizontal.

Preferentemente está previsto que los tubos absorbedores de varios dispositivos reflectores estén conectados entre sí formando una cadena de tubos absorbedores y formen una pendiente continua. Por consiguiente se origina un largo ramal de tubos absorbedores, a  
35 través del que se puede evacuar la sal fundida de manera ventajosa de los tubos absorbedores debido a la pendiente continua. Por ejemplo, los tubos absorbedores pueden



estar configurados como tubos parciales de un tubo continuo que forma la cadena de tubos absorbedores. En este ejemplo de realización, varios dispositivos reflectores están asociados a un tubo que forma la cadena de tubos absorbedores. Por consiguiente varios receptores de radiación solar comparten un tubo continuo común.

5

Preferentemente está previsto que una alimentación para un medio caloportador secundario desemboque en un extremo superior de un tubo absorbedor o una cadena de tubos absorbedores. De esta manera existe la posibilidad de introducir un medio caloportador secundario en la evacuación de la sal fundida o en tubos absorbedores vaciados, el cual se conduce, por ejemplo, con recirculación a través de los tubos absorbedores durante una fase de calentamiento de los tubos absorbedores.

Puede estar previsto que los receptores de radiación solar estén dispuestos en bucles, así denominados loops, estando formado respectivamente un bucle por dos cadenas de tubos absorbedores dispuestas en paralelo con los dispositivos reflectores correspondientes, y conectando una conexión transversal los extremos superiores de las cadenas de tubos absorbedores. Una disposición de este tipo ha resultado ser especialmente ventajosa, ya que la disposición de los receptores de radiación solar con tubos absorbedores que presentan una pendiente se puede proporcionar de modo y manera sencillos constructivamente. Los bucles de los receptores de radiación solar están dispuestos por consiguiente de manera que, durante el funcionamiento normal de la central, la sal fundida se conduce en primer lugar a través de una cadena de tubos absorbedores pendiente hacia arriba, y luego tras atravesar la conexión transversal fluye en la segunda cadena de tubos absorbedores con la pendiente. De este modo la potencia de bombeo se mantiene relativamente baja, ya que sólo se debe aplicar una potencia de bombeo más elevada para la conducción de la sal fundida en sentido contrario a la pendiente, no obstante, el retorno de la sal fundida se favorece debido a la gravedad. En la evacuación de la sal fundida, la sal fundida fluye en las cadenas de tubos absorbedores dispuestas en paralelo en la misma dirección, es decir, en la primera cadena de tubos absorbedores en sentido contrario a la dirección de flujo del funcionamiento normal. La disposición en bucles tiene la ventaja de que la evacuación de la sal fundida de un bucle (loop) se puede realizar de forma relativamente rápida, dado que esto se puede realizar simultáneamente en las dos cadenas de tubos absorbedores dispuestas en paralelo.

Puede estar previsto que la alimentación para un medio caloportador secundario desemboque en la conexión transversal. De esta manera el medio caloportador se puede

introducir simultáneamente en las dos cadenas de tubos absorbedores dispuestas en paralelo de un bucle.

El medio caloportador secundario también se puede usar básicamente para presionar el  
5 medio caloportador hacia fuera de los tubos absorbedores.

La central térmica solar según la invención puede presentar al menos un depósito de almacenamiento secundario para el medio caloportador secundario. El al menos un depósito de almacenamiento secundario puede estar formado, por ejemplo, por al menos un depósito  
10 de almacenamiento para la sal fundida. Esto es ventajoso en particular cuando como medio caloportador secundario se usa un gas inerte, que en el depósito de almacenamiento para la sal fundida se usa como bolsa de gas. De este modo se puede evitar el coste técnico en dispositivos de un depósito de almacenamiento secundario por separado.

15 En la alimentación para un medio caloportador secundario puede estar dispuesta una bomba, un ventilador o un compresor, a través de los que se puede introducir el medio caloportador secundario con presión aumentada respecto al ambiente en un tubo absorbedor o una cadena de tubos absorbedores. De esta manera el medio caloportador secundario se puede transportar de manera ventajosa al extremo superior del tubo  
20 absorbedor o la cadena de tubos absorbedores y además el medio caloportador secundario puede presionar, durante la evacuación de la sal fundida, ésta fuera de los tubos absorbedores o la cadena de tubos absorbedores. De este modo se favorece y acelera la evacuación de la sal fundida debido a la fuerza de la gravedad.

25 Los receptores de radiación solar pueden estar configurados como receptores cilindro-parabólicos o receptores tipo Fresnel.

La central térmica según la invención se puede hacer funcionar en particular con el procedimiento según la invención.

30

A continuación se explica la invención más en detalle en referencia a la única figura siguiente.

La única figura muestra un esquema de principio de una central térmica solar 100 según la  
35 invención. La central térmica solar 100 se hace funcionar con una sal fundida como medio caloportador.

La central térmica solar 100 presenta varios receptores de radiación solar 1, que poseen respectivamente un dispositivo reflector 3. En el ejemplo de realización representado, los receptores de radiación solar 1 están configurados como colectores cilindro-parabólicos, de modo que los dispositivos reflectores poseen una forma parabólica. Los receptores de radiación solar 1 presentan respectivamente un tubo absorbedor 5. Varios receptores de radiación solar 1 (cuatro en el ejemplo de realización representado) están dispuestos en una fila uno detrás de otro, formando los tubos absorbedores 5 una cadena de tubos absorbedores. En el ejemplo de realización mostrado, la cadena de tubos absorbedores está configurada como un tubo continuo, de modo que los tubos absorbedores 5 son respectivamente tubos parciales del tubo continuo. Dos filas de receptores de radiación solar con respectivamente una cadena de tubos absorbedores están dispuestas en paralelo y en su un extremo están conectadas una con otra gracias a una conexión transversal 7, de modo que los receptores de radiación solar 1 forman un bucle 9 (un así denominado loop). La central térmica solar 100 puede presentar varios de estos bucles 9 de receptores de radiación solar 1, no obstante, por claridad sólo está representado un bucle 9.

El bucle 9 representado de receptores de radiación solar 1 está dispuesto de forma inclinada, de modo que la conexión transversal 7 conecta los dos extremos superiores de las cadenas de tubos absorbedores. En otras palabras: los tubos absorbedores 5 de las cadenas de tubos absorbedores presentan una pendiente. Los extremos inferiores de los tubos absorbedores 5 o las cadenas de tubos absorbedores están conectados con un depósito de almacenamiento 11 para la sal fundida. Los tubos absorbedores 5 presentan por consiguiente una pendiente en la dirección del depósito de almacenamiento 11. La central térmica solar 100 presenta además un depósito de sal caliente 13. Durante el funcionamiento normal el depósito de almacenamiento 11, que preferentemente está aislado térmicamente, forma un así denominado depósito de sal fría. La sal fundida se conduce, por ejemplo, a través de bombas no representadas fuera del depósito de almacenamiento 11 a través de los bucles 9 de los receptores de radiación solar 1 y se calienta por la radiación solar que se refleja por los dispositivos reflectores 3 sobre los tubos absorbedores 5. A continuación la sal fundida se conduce al depósito de sal caliente 13. Desde el depósito de sal caliente 13 la sal fundida se conduce a un intercambiador de calor no representado, a través del que la energía térmica se puede transferir para el aprovechamiento posterior, por ejemplo en un proceso de turbinas de vapor con generación de energía. A continuación la sal fundida se conduce de vuelta al depósito de almacenamiento 11. Durante el funcionamiento normal la sal fundida se recircula por consiguiente a través de los receptores

de radiación solar, pudiéndose calentar la sal fundida, por ejemplo, de una temperatura de 290 °C a aproximadamente 550 °C.

5 El depósito de almacenamiento 11 y el depósito de sal caliente 13 presentan respectivamente una bolsa de nitrógeno 15, por lo que se evita la corrosión por inclusiones de aire, así como el envejecimiento de la sal fundida.

10 Al término del funcionamiento de la central térmica solar 1 se evacua la sal fundida de los tubos absorbedores 5 y se conduce al depósito de almacenamiento 11. A este respecto, la sal fundida fluye a través de la pendiente debido a la fuerza de la gravedad en la dirección del depósito de almacenamiento 11. En el ejemplo de realización mostrado, la sal fundida fluye en la sentido contrario a la dirección de flujo normal durante la salida a través de los receptores de radiación solar 1 delanteros en la dirección de flujo normal (es decir, la dirección de flujo durante el funcionamiento normal) de la sal fundida, mientras que los  
15 receptores de radiación solar 1 posteriores en la dirección de flujo normal se abandonan en la dirección de flujo normal. La dirección de flujo normal de la sal fundida está representada por las flechas. Los receptores de radiación solar 1 en un bucle 9 se vacían de la sal fundida por consiguiente muy rápidamente, en tanto que la sal fundida fluye simultáneamente fuera de las cadenas de tubos absorbedores dispuestas en paralelo.

20 Los tubos absorbedores 5 o cadenas de tubos absorbedores están inclinados preferentemente con un ángulo  $\alpha$  de 10° respecto la horizontal.

25 La central térmica solar 100 presenta además una alimentación 17, que desemboca en la conexión transversal 7 en el extremo superior de las cadenas de tubos absorbedores. A través de la alimentación se puede conducir un medio caloportador secundario a los tubos absorbedores 5. El medio caloportador secundario puede ser por ejemplo nitrógeno. A este respecto, se puede usar el nitrógeno de la bolsa de nitrógeno 15 del depósito de almacenamiento 11. Preferentemente el medio caloportador secundario se introduce en los  
30 tubos absorbedores 5 durante la evacuación de la sal fundida. Dado que en la evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores al depósito de almacenamiento 11 se empuja el nitrógeno de la bolsa de nitrógeno 15, éste se puede conducir de manera ventajosa a través de la alimentación 17 a los tubos absorbedores 5. En la alimentación 17 puede estar dispuesto, por ejemplo, un compresor o una bomba, a través de los que se introduce el  
35 medio caloportador secundario con alta presión en los tubos absorbedores 5. De este modo el medio caloportador secundario puede actuar ayudando en la evacuación de la sal fundida,

en tanto que el medio caloportador secundario presiona la sal fundida fuera de los tubos absorbedores 5.

5 Para el favorecimiento de una evacuación se puede usar además una bomba no representada.

Durante la pausa de funcionamiento de la central térmica solar, que se realiza, por ejemplo, de noche o en los periodos de mal tiempo o para el mantenimiento, el medio caloportador secundario permanece en los tubos absorbedores 5.

10

En la puesta en funcionamiento de la central térmica solar, el medio caloportador secundario se conduce en primer lugar con recirculación a través de los receptores de radiación solar 1. Los dispositivos reflectores se focalizan sobre los tubos absorbedores 5 desde la posición desfocalizada adoptada durante la pausa de funcionamiento, a fin de precalentar éstos para el funcionamiento regular. Debido a la recirculación del medio caloportador secundario, el calor se distribuye de forma relativamente uniforme en los tubos absorbedores 5, de modo que se evitan los gradientes de temperatura demasiado elevados que podrían conducir a un deterioro de los tubos absorbedores 5. Según la intensidad de la radiación solar puede ser necesario que durante la fase de precalentamiento los dispositivos reflectores no estén completamente focalizados sobre los tubos absorbedores 5, sino que se realiza una así denominada "focalización disminuida" en la que, por ejemplo, el foco sólo alcanza una zona de borde del tubo absorbedor. De este modo se puede reducir el aporte de calor. Alternativamente también puede estar previsto que los dispositivos reflectores se focalizan y desfocalizan de forma alternativa.

25

En cuanto los tubos absorbedores presentan una temperatura  $T$ , que es mayor o igual a la temperatura de fusión de la sal, se puede comenzar la introducción de la sal fundida en los tubos absorbedores 5. A este respecto, la sal fundida empuja el medio caloportador y lo presiona a un depósito de almacenamiento secundario. En el ejemplo de realización representado, el depósito de almacenamiento secundario se forma por el depósito de almacenamiento 11, almacenándose el nitrógeno usado como medio caloportador secundario en forma de la bolsa de gas contenida en el depósito de almacenamiento 11.

35 Dado que los tubos absorbedores 5 se precalientan a la temperatura  $T$ , se evita que la sal fundida introducida en los tubos absorbedores 5 amenace con solidificarse.

A continuación se puede realizar el funcionamiento regular de la central térmica solar 100, en el que la sal fundida se conduce con recirculación a través de los receptores de radiación solar 1.

- 5 Durante el proceso de precalentamiento de los tubos absorbedores, el medio caloportador secundario se puede conducir con recirculación a través de los tubos absorbedores en la dirección de flujo normal o también a través de la alimentación 17, de modo que se atraviesan en paralelos las cadenas de tubos absorbedores paralelas del bucle 9.
- 10 La central térmica solar 100 según la invención o el procedimiento según la invención para el funcionamiento de una central térmica solar 100 tiene la ventaja de que durante las pausas la sal fundida no permanece en los tubos absorbedores y por consiguiente se evita el peligro de que la sal fundida se solidifique en los tubos absorbedores o no sea necesario un calentamiento laborioso de la sal fundida durante las pausas de funcionamiento. Debido
- 15 a la evacuación de la sal fundida a un depósito de almacenamiento 11 que está aislado térmicamente, la energía térmica contenida en la sal fundida se puede almacenar de forma intermedia en gran parte durante la pausa de funcionamiento, de modo que ésta se puede usar en el rearranque de la central térmica solar 100. Únicamente en las pausas de funcionamiento más prolongadas, como por ejemplo en el caso de largos periodos de mal
- 20 tiempo en invierno, es necesario un calentamiento antes de la puesta en funcionamiento de la central cuando la sal fundida se solidifica en el depósito de almacenamiento 11.

En la central térmica solar 100 según la invención o en el procedimiento según la invención puede estar previsto que la salida de la sal fundida de los tubos absorbedores se realice

25 antes de cada pausa de funcionamiento. No obstante, básicamente también puede estar previsto que la sal fundida sólo se evacue de los tubos absorbedores cuando la pausa de funcionamiento esté planificada para un intervalo de tiempo predeterminado más prolongado. Por ejemplo, el proceso de vaciado diario de todo un campo solar puede ser demasiado laborioso antes de una pausa de funcionamiento nocturna cuando en verano las

30 noches son muy cortas. Por ello el procedimiento según la invención también se puede usar sólo en las pausas de funcionamiento más prolongadas, como por ejemplo, periodos de mal tiempo así como con finalidades de mantenimiento.

El procedimiento según la invención también se puede usar, por ejemplo, sólo para zonas

35 parciales de una central cuando en éstas sean necesarias medidas de reparación.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una central térmica solar (100) con varios receptores de radiación solar (1), que se hacen funcionar con una sal fundida como medio  
5 caloportador, en el que cada receptor de radiación solar (1) presenta un dispositivo reflector (3) y un tubo absorbedor (5), caracterizado por las etapas siguientes:

- precalentamiento de los tubos absorbedores (5) en el estado vaciado de la sal fundida a una temperatura T por concentración de la radiación solar sobre los tubos absorbedores (5)  
10 mediante los dispositivos reflectores (3), en el que la temperatura T es mayor o igual a la temperatura de fusión de la sal;

tras el alcance de la temperatura T:

15 - introducción de la sal fundida en los tubos absorbedores (5) y conducción recirculada de la sal fundida a través de los tubos absorbedores (5) con reposicionamiento simultáneo de los dispositivos reflectores (3) en función de la posición del sol;

al término del funcionamiento:

20

- evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores (5).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** al término del funcionamiento se desfocalizan los dispositivos reflectores (3).

25

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** en el precalentamiento de los tubos absorbedores (5) se realiza una regulación de potencia de los dispositivos reflectores (3) en función de la posición del sol y/o del tiempo.

30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores (5) se realiza al menos parcialmente debido a la fuerza de la gravedad.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** durante el  
35 precalentamiento de los tubos absorbedores (5) se conduce, preferentemente con recirculación, un medio caloportador secundario, preferentemente un gas inerte,

preferentemente nitrógeno, a través de los tubos absorbedores (5).

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el medio caloportador secundario se introduce en los tubos absorbedores (5) para la evacuación de la sal fundida  
5 de los tubos absorbedores (5) con presión aumentada respecto al ambiente, presionando el medio caloportador secundario la sal fundida fuera de los tubos absorbedores (5).

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** en la evacuación de la sal fundida de los tubos absorbedores (5) se bombea la sal fundida al  
10 menos parcialmente fuera de los tubos absorbedores (5).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 7, **caracterizado porque** durante el precalentamiento de los tubos absorbedores (5), los dispositivos reflectores están focalizados sólo parcialmente sobre los tubos absorbedores (5) o se focalizan y desfocalizan  
15 de forma periódica.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la sal fundida al salir de los tubos absorbedores (5) se conduce a al menos un depósito de almacenamiento (11) aislado térmicamente.  
20

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** en la introducción de la sal fundida en los tubos absorbedores (5) se conduce el medio caloportador secundario al al menos un depósito de almacenamiento secundario.

25 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado porque** el medio caloportador secundario permanece en los tubos absorbedores durante el no funcionamiento de la central.

12. Central térmica solar (100) para el funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 1,  
30 con una sal fundida como medio caloportador con varios receptores de radiación solar, que presentan respectivamente un dispositivo reflector (3) y un tubo absorbedor (5) a través del que se puede conducir el medio caloportador,

**caracterizada porque**

los tubos absorbedores (5) están dispuestos con una pendiente en la dirección del al menos  
35 un depósito de almacenamiento (11) para la sal fundida.



13. Central térmica solar según la reivindicación 12, **caracterizada porque** los tubos absorbedores (5) de varios dispositivos reflectores (3) están conectados entre sí formando una cadena de tubos absorbedores y forman una pendiente continua.

5 14. Central térmica solar según la reivindicación 12 ó 13, **caracterizada porque** una alimentación (17) para un medio caloportador secundario desemboca en un extremo superior de un tubo absorbedor o una cadena de tubos absorbedores.

10 15. Central térmica solar según la reivindicación 13 ó 14, **caracterizada porque** los receptores de radiación solar (1) están dispuestos en bucles (9), estando formado respectivamente un bucle (9) de dos cadenas de tubos absorbedores dispuestos en paralelo con los dispositivos reflectores (1) correspondientes y conectando una conexión transversal (7) los extremos superiores de las cadenas de tubos absorbedores.

15 16. Central térmica solar según la reivindicación 15, **caracterizada porque** la alimentación (17) para un medio caloportador secundario desemboca en la conexión transversal (7).

17. Central térmica solar según una de las reivindicaciones 14 a 16, **caracterizada por** al menos un depósito de almacenamiento secundario para el medio caloportador secundario.

20

18. Central térmica solar según la reivindicación 17, **caracterizada porque** el al menos un depósito de almacenamiento secundario está formado por al menos un depósito de almacenamiento (11) para la sal fundida.

25 19. Central térmica solar según una de las reivindicaciones 14 a 18, **caracterizada porque** en la alimentación (17) para un medio caloportador secundario está dispuesta una bomba o un compresor (19), a través de los que el medio caloportador secundario se puede introducir en un tubo absorbedor (5) o una cadena de tubos absorbedores con presión aumentada respecto al ambiente.

30

