

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 976**

51 Int. Cl.:

C25B 1/04 (2006.01)
C01B 15/08 (2006.01)
C25B 15/08 (2006.01)
H01M 8/06 (2006.01)
C01B 3/00 (2006.01)
H01M 8/18 (2006.01)
H01M 8/04 (2006.01)
H01M 8/0656 (2006.01)
H01M (2006.01)
H01M (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2014** **PCT/EP2014/074961**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2015** **WO15075044**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2014** **E 14802618 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018** **EP 3071734**

54 Título: **Instalación y procedimiento para almacenar y liberar energía**

30 Prioridad:

19.11.2013 DE 102013223589

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

30.10.2018

73 Titular/es:

**HYDROGENIOUS TECHNOLOGIES GMBH
(100.0%)
Weidenweg 13
91058 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

**BÖSMANN, ANDREAS;
PREUSTER, PATRICK;
SCHMIDT, MATTHIAS;
TEICHMANN, DANIEL;
WASSERSCHIED, PETER y
ARLT, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 687 976 T3

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

DESCRIPCIÓN

Instalación y procedimiento para almacenar y liberar energía

5 La presente invención se refiere a una instalación y a un procedimiento para almacenar y liberar energía.

En el estado de la técnica se conocen unidades generadoras de corriente, que generan energía eléctrica a partir de formas de energía regenerativas. En particular, para esto se usa instalaciones fotovoltaicas, centrales de energía eólica o centrales hidroeléctricas. La disponibilidad de las energías regenerativas depende de las influencias meteorológicas y en particular no puede influenciarse y es muy difícil de predecir. La generación de corriente eléctrica a partir de energías regenerativas no es constante. Instalaciones para almacenar energía se conocen por los documentos DE 10 2011 121 704 A1, DE 10 2011 116 694 A1, US 2007/0227899 A1, las publicaciones de Benjamin Müller et al., Chemieingenieurtechnik, tomo. 83, n° 11, p. 2002 a 2013, Daniel Teichmann et al., International Journal of Hydrogen Energy, tomo 37, n° 23, p. 18132, así como Daniel Teichmann et al., Energy and Environmental Science, tomo 5, n° 10, p. 9044 a 9054.

El objetivo de la presente invención consiste en mejorar la disponibilidad de corriente eléctrica, generada en particular a partir de formas de energía regenerativas.

20 Este objetivo se logra a través de las características de las reivindicaciones 1 y 11. El núcleo de la invención consiste en que una instalación para almacenar energía presenta un dispositivo de almacenamiento de hidrógeno para almacenar hidrógeno, así como una unidad de almacenamiento térmico para almacenar calor. El dispositivo de almacenamiento de hidrógeno permite almacenar hidrógeno que ha sido generado en una unidad generadora de hidrógeno. Se provee una unidad de carga para cargar un medio de soporte descargado con el hidrógeno. Ventajosamente, el hidrógeno puede manejarse conjuntamente con el medio de soporte, es decir, ser transportado, transferido y, en particular, almacenado. El manejo ventajoso del hidrógeno junto con el medio de soporte es posible en particular debido a que el hidrógeno se encuentra ligado al medio de soporte, y en particular se encuentra ligado químicamente al medio de soporte. En particular, no es necesario que se tenga que manejar el hidrógeno molecular. El manejo de hidrógeno molecular es complicado y representa un riesgo de seguridad. Para permitir un manejo relevante desde el punto de vista de la seguridad del hidrógeno molecular, se requiere un gran dispendio en aparataje. El manejo del hidrógeno molecular es intensivo en cuanto a los costes. Con una unidad de descarga se vuelve a descargar el hidrógeno del medio de soporte cargado. El proceso de descarga en la unidad de descarga permite la liberación del hidrógeno desde el medio de soporte cargado. Se requiere calor para impulsar y/o apoyar la liberación. Para esto, la unidad de almacenamiento térmico se conecta, en particular de manera directa e inmediata, con la unidad de descarga. El calor necesario para la descarga del hidrógeno puede proveerse sin complicaciones y con pérdidas reducidas, en particular sin pérdida alguna. En particular, no es necesario que el hidrógeno que se encuentra almacenado en el dispositivo de almacenamiento de hidrógeno se tenga que usar para producir el calor requerido para la descarga del hidrógeno. Por ejemplo, si el hidrógeno liberado se usa energéticamente en particular en una pila de combustible de electrolito polimérico, el calor generado de esta manera presenta un nivel de temperatura demasiado bajo como para permitir la liberación del hidrógeno del dispositivo de almacenamiento de hidrógeno. Con el uso energético del hidrógeno liberado en una cámara de combustión, en cambio, pueden producirse pérdidas en el grado de rendimiento, debido a que el desacoplamiento de calor en un alto nivel de temperatura causa pérdidas de eficiencia dentro de la cámara de combustión. De manera sorprendente se ha encontrado ahora con la unidad de almacenamiento térmico adicional se puede proveer el calor necesario para liberar el hidrógeno, en particular en el momento requerido y en particular con el nivel de temperatura requerido. Debido a esto se mejora la eficiencia de corriente-a-corriente de la instalación. El calor almacenado por lo menos parcialmente en la unidad de almacenamiento térmico se produce por medio de una unidad generadora de calor. La unidad generadora de calor es una unidad separada, y en particular está realizada de forma separada de la unidad generadora de hidrógeno, el dispositivo de almacenamiento de hidrógeno y/o la unidad de almacenamiento térmico. La unidad generadora de calor es una unidad adicional de la instalación. La unidad generadora de calor permite la generación de calor durante un período de tiempo rico en energía. La expresión "rico en energía" significa que hay una mayor disponibilidad de energía, en particular de corriente eléctrica generada a partir de formas de energía regenerativa, comparado con la energía consumida. Esto significa que existe un excedente de energía. El excedente de energía puede almacenarse como hidrógeno a través de un medio de soporte en la instalación. "Rico en energía" también puede significar que se encuentra disponible energía a bajo costo. Por el contrario, un periodo de tiempo pobre en energía se caracteriza por que la energía no se encuentra disponible en suficiente cantidad, o sólo a elevados costos. Durante el período de tiempo pobre en energía se provee calor desde la unidad de almacenamiento térmico para la descarga de la unidad de descarga. En particular, el calor se genera durante el período de tiempo rico en energía en la unidad generadora de calor y se almacena en la unidad de almacenamiento térmico. Durante el periodo de tiempo pobre en energía, la energía almacenada se emite a la unidad de descarga. Esto significa que se requiere una mayor cantidad de energía de la que se encuentra disponible. Durante el periodo de tiempo rico en energía, en la unidad generadora de calor se calienta un soporte térmico y el soporte térmico se transfiere a la unidad de almacenamiento térmico. Debido a esto, la unidad de almacenamiento térmico pasa de un estado térmicamente descargado a un estado térmicamente cargado. En particular, el soporte térmico es líquido o gaseoso. También es posible que el soporte térmico se evapore en la unidad generadora de calor. Por ejemplo, el soporte térmico es un aceite de soporte térmico líquido orgánico, una sal fundida o un metal líquido. El calentamiento

del soporte térmico se efectúa en particular mediante el uso de formas de energía regenerativa y/o mediante corriente eléctrica.

En particular, es posible lograr en un primer sitio y/o en un primer momento, en particular en un primer momento rico en energía, una carga y almacenamiento de hidrógeno a través de una primera instalación parcial. Esta primera instalación parcial comprende en particular una unidad generadora de hidrógeno para generar hidrógeno y una unidad de carga para cargar un medio de soporte con el hidrógeno generado en la unidad generadora de hidrógeno. En particular, para esto sirve un medio de soporte LOHC, que puede ser manejado ventajosamente, en particular almacenado y/o transportado. Una segunda instalación parcial para liberar energía en forma de hidrógeno comprende una unidad de descarga para descargar el hidrógeno desde un medio de soporte cargado y un dispositivo térmico para generar y almacenar calor, en lo que el dispositivo térmico está conectado con la unidad de descarga para proveer calor. La segunda instalación parcial en particular se encuentra espacialmente distanciada, es decir, emplazada en un segundo sitio alejado del primer sitio. La liberación de hidrógeno se produce en particular durante un segundo período de tiempo, en particular pobre en energía. En particular, la segunda instalación parcial comprende una unidad de oxidación de hidrógeno, para electrificar el hidrógeno liberado en el segundo sitio. En el segundo sitio se provee la energía eléctrica. La segunda instalación parcial puede diseñarse y usarse como instalación autónoma para liberar energía en forma de hidrógeno, en particular de manera independiente de la primera instalación parcial. Debido a las buenas propiedades de transporte y almacenamiento de un medio de soporte LOHC cargado con hidrógeno, el hidrógeno, que ha sido producido en la primera instalación parcial y ligado químicamente al medio de soporte LOHC, puede transportarse a la segunda instalación parcial en el segundo sitio. El transporte se puede efectuar mediante vehículos cisterna y/o a través de un sistema de tubería previsto para ello. En particular, no es necesario que en la primera instalación parcial se provea un dispositivo térmico. Por medio del dispositivo térmico, la segunda instalación parcial, es decir, la instalación para liberar energía en forma de hidrógeno, puede funcionar ventajosamente.

Es ventajosa una instalación con una unidad generadora de corriente para generar corriente eléctrica. La unidad generadora de corriente está conectada con la unidad generadora de hidrógeno para proveer corriente para la generación de hidrógeno y/o con la unidad de generación térmica para proveer corriente para la generación de calor. La unidad generadora de corriente permite un abastecimiento suficiente de corriente eléctrica para la unidad generadora de hidrógeno. La unidad generadora de corriente puede ser una unidad local, separada, que permite generar corriente eléctrica en la instalación. También es posible que como unidad generadora de corriente se provea una unidad localmente remota, que está conectada por la instalación, por ejemplo, a través de una red eléctrica. Por lo tanto, bajo una unidad generadora de corriente en el sentido de la presente solicitud también se ha de entender una red eléctrica pública. De manera sorprendente se ha encontrado que incluso si la corriente eléctrica generada por la unidad generadora de corriente se usa tanto para la generación de hidrógeno como también para la generación de calor, mediante el calentamiento eléctrico del soporte térmico, se obtiene un mejoramiento de la eficiencia de corriente-a-corriente de aproximadamente 30 %.

Particularmente ventajosa es una instalación, en la que la unidad generadora de corriente permite generar corriente eléctrica a partir de formas de energía regenerativas. En particular, en la unidad generadora de corriente se trata de una unidad fotovoltaica, una central de energía eólica y/o una central hidroeléctrica.

Particularmente ventajoso es si la unidad generadora de calor permite el calentamiento del medio de soporte mediante energía regenerativa, es decir, a partir de calor regenerativo tal como, por ejemplo, la luz solar. En este caso se logra un mejoramiento de la eficiencia de corriente-a-corriente de hasta un 80 %. El calentamiento del soporte térmico por incidencia directa de la radiación solar puede mejorarse si la radiación solar incidente se concentra por medio de un colector. En particular, el soporte térmico también puede calentarse, por lo menos parcialmente, mediante una calefacción eléctrica, en lo que la corriente eléctrica requerida para ello puede ser suministrada por la unidad generadora de corriente. La unidad generadora de calor es apropiada para calentar el soporte térmico un alcance de temperaturas de entre 100 °C y 1500 °C, un particular entre 150 °C y 1200 °C, y más en particular entre 200 °C y 800 °C. La unidad de almacenamiento térmico permite recibir el soporte térmico calentado en el período de tiempo rico en energía. La unidad de almacenamiento térmico permite almacenar el calor. La unidad de almacenamiento térmico permite emitir calor mediante la emisión del soporte térmico calentado en un período de tiempo pobre en energía, para impulsar o apoyar la liberación de hidrógeno en la unidad de descarga. En un estado térmicamente cargado, la unidad de almacenamiento térmico permite, en particular mediante un intercambiador térmico adicional, generar una corriente térmica en un alcance de temperaturas de entre 50 °C y 1000 °C, en particular entre 120 °C y 600 °C y más en particular entre 280 °C y 500 °C. En este alcance de temperaturas se puede impulsar o apoyar de manera particularmente preferente la liberación del hidrógeno en la unidad de descarga. En particular, la unidad de almacenamiento térmico es un sistema de tanque térmicamente aislado. El sistema de tanque puede permitir el almacenamiento del aceite de soporte térmico orgánico líquido, de la sal fundida caliente o del metal líquido. También es posible que la unidad de almacenamiento térmico esté realizada como sistema de almacenamiento de calor latente, que puede absorber, almacenar y emitir nuevamente el calor por cambio de fase del soporte térmico. Como unidad de almacenamiento térmico también puede servir un material sólido con una capacidad térmica apropiada. Un acumulador térmico de este tipo es, por ejemplo, un bloque de hormigón o un terraplén de arena. En particular, la capacidad térmica de los materiales sólidos apropiados es de por lo menos 0,4 kJ / (kg · K).

Como unidad de almacenamiento térmico también puede servir una unidad de almacenamiento termo químico, en la que el calor se almacena por liberación de agua y el calor se libera por absorción de agua. En la unidad de almacenamiento se provee un material sólido con una gran superficie específica, que presenta una elevada afinidad química para la acumulación de moléculas de agua. De manera particularmente preferente, una unidad de almacenamiento térmico de este tipo está realizada con uno o varios materiales sólidos oxidicos porosos, que pueden estar modificados en particular con sales inorgánicas. De manera particularmente ventajosa, una combinación estructural y/o constructiva de la unidad de generación térmica y la unidad de almacenamiento térmico es de tal manera que la carga térmica, es decir, el calentamiento del soporte térmico, puede efectuarse mediante la incidencia directa de la radiación solar en la unidad de almacenamiento térmico. En particular, por lo tanto, la unidad de almacenamiento térmico está realizada e integrada de tal manera en la instalación para almacenar energía que el calor generado por la unidad de generación térmica puede ser absorbido y emitido de manera cronológicamente desfasada por lo menos parcialmente a la unidad de descarga.

Particularmente ventajosa es una instalación con una unidad de oxidación de hidrógeno para generar corriente eléctrica. La corriente eléctrica es posible en particular por la oxidación de hidrógeno con oxígeno bajo formación de agua. Con la unidad de oxidación de hidrógeno se puede generar corriente eléctrica directamente, en particular cuando la unidad de oxidación de hidrógeno es una pila de combustible PEM. En la pila de combustible PEM se produce corriente eléctrica a partir de hidrógeno y oxígeno en un alcance de temperaturas de entre -20 °C y 250 °C, en particular entre 20 °C y 180 °C. Alternativamente, también se puede usar una pila de combustible SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) como unidad de oxidación de hidrógeno. En la pila de combustible SOFC se efectúa la generación de corriente eléctrica a partir de hidrógeno y oxígeno a una temperatura de entre 200 °C y 1200 °C, en particular entre 400 °C y 900 °C. La unidad de oxidación de hidrógeno también puede servir para la generación indirecta de corriente eléctrica, por ejemplo, si la unidad de oxidación de hidrógeno es una cámara de combustión. Los gases de combustión calientes de la cámara de combustión pueden usarse para accionar una turbina, para producir energía eléctrica.

Es ventajosa una instalación, en la que la unidad de descarga para transportar el medio de soporte descargado se encuentre unida con la unidad de carga de tal manera que el medio de soporte descargado es emitido por la unidad de descarga puede ser transportado a la unidad de carga para cargarse con hidrógeno. En particular, el dispositivo de almacenamiento de hidrógeno presenta un sistema de circuito cerrado para el medio de soporte. En particular, entre la unidad de carga y la unidad de descarga se puede proveer una unidad de almacenamiento del medio de soporte para almacenar el medio de soporte cargado. El medio de soporte cargado almacenado es un acumulador de energía. En caso de requerirse, el medio de soporte cargado puede ser liberado. El hidrógeno ligado se libera y se electrifica en una unidad de oxidación de hidrógeno. Se logra un efecto tampón mejorado del dispositivo de almacenamiento de hidrógeno.

Es ventajosa una instalación, en la que la unidad generadora de hidrógeno es un electrolizador que permite la descomposición de agua en hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno formado en el electrolizador se alimenta por lo menos parcialmente a la unidad de carga, para cargar el medio de soporte. El oxígeno también formado en el electrolizador se emite a un consumidor de oxígeno, que en particular se encuentra dispuesta en el exterior de la instalación. También es posible emitir el oxígeno directamente al medio ambiente circundante. Particularmente preferente es la realización del electrolizador como un electrolizador de alta temperatura o como un SOEC (Solid Oxide Electrolysis Cell). El electrolizador SOEC en particular se conecta directamente con la unidad de almacenamiento térmico. La unidad de almacenamiento térmico está realizada de tal manera que con la carga térmica, es decir, durante el suministro del soporte térmico calentado, se libera vapor de agua. Este vapor de agua se dirige directamente al electrolizador SOEC. De esta manera se puede proveer muy eficientemente agua para el electrolizador SOEC. El agua provista para el electrolizador SOEC presenta una pureza mejorada, ya que el agua se suministra al electrolizador SOEC en estado gaseoso como vapor de agua. Debido a la etapa de evaporación, se produce una desalinización del agua y por ende una purificación inmanente del sistema. En la descarga térmica de la unidad de almacenamiento térmico, la unidad de almacenamiento térmico puede absorber vapor de agua, que en particular es emitido por la unidad de oxidación de hidrógeno. Esto significa que la unidad de almacenamiento térmico al mismo tiempo sirve también como unidad de almacenamiento de agua. En un período de tiempo pobre en energía se liga agua de la unidad de oxidación de hidrógeno bajo liberación de calor. Durante un período de tiempo o rico en energía, esta agua se transfiere al estado de vapor con absorción de calor por carga térmica y se provee para la electrólisis en el electrolizador SOEC.

Es ventajosa una instalación, en la que en la unidad de carga el hidrógeno se ligue al medio de soporte. En particular, el hidrógeno se liga al medio de soporte de manera química o por fisiorción. Una unión química del hidrógeno se puede producir, por ejemplo, si el medio de soporte provisto en la unidad de carga es un acumulador de hidruro metálico, que contiene un material fabricado a partir de una aleación de metal, y que absorbe hidrógeno y lo liga químicamente. Alternativamente, el medio de soporte también puede ser un hidruro líquido orgánico. En este caso, la unión química del hidrógeno en la unidad de carga se efectúa por una reacción de hidrogenación catalítica a una molécula orgánica o a una mezcla de moléculas orgánicas. Este tipo de hidruros orgánicos, que en la literatura en inglés se denominan como "liquid organic hydrogen carrier" (LOHC), se conocen por el documento EP 1 475 349 A2. Esta forma de almacenamiento de hidrógeno tiene la ventaja especial de que los medios de soporte LOHC bajo las condiciones de proceso empleadas existen en forma líquida. Las propiedades físico químicas de los medios de

soporte LOHC presentan una gran similitud con los combustibles líquidos convencionales, de tal manera que se pueden usar bombas para el transporte y recipientes para el almacenamiento que se emplean también en el área de la logística de los combustibles y materiales inflamables. El almacenamiento de hidrógeno en forma químicamente ligada en un líquido orgánico permite un almacenamiento despresurizado bajo condiciones normales a lo largo de extensos periodos de tiempo, sin que se produzca una pérdida de hidrógeno significativa. Como medios de soporte LOHC se pueden usar en particular compuestos aromáticos policíclicos con un sistema de electrones π o con varios sistemas de electrones π que en la unidad de carga del dispositivo de almacenamiento de hidrógeno se transfieren a los respectivos compuestos policíclicos saturados por hidrogenación. Como medios de soporte LOHC se pueden usar en particular dibenciltolúoles y benciltolúoles como sustancias puras, mezclas isómeras o mezclas de estas sustancias entre sí. También es posible usar como medios de soporte LOHC compuestos heteroatómicos policíclicos con un sistema de electrones π o con varios sistemas de electrones π , que en la unidad de carga se transfieren por hidrogenación a los respectivos compuestos policíclicos saturados, que contienen heteroátomos tales como nitrógeno y oxígeno. En particular, como medios de soporte LOHC sirven N-etilcarbazon, N-propilcarbazon, N-isopropilcarbazon, N-butilcarbazon o mezclas de estas sustancias entre sí. Como medios de soporte LOHC son posibles los polímeros u oligómeros orgánicos con sistemas de electrones π conjugados extensos, que en la unidad de carga se transfieren a los respectivos compuestos saturados. Con el uso de hidruros orgánicos líquidos, la hidrogenación por lo menos parcial del medio de soporte LOHC descargado se efectúa en un reactor químico estable a la presión como unidad de carga a una temperatura de entre 50 °C y 400 °C, en particular entre 120 °C y 300 °C, más en particular entre 150 °C y 280 °C. La hidrogenación, es decir, la carga, se efectúa con una presión de proceso de 2 bares a 200 bares, en particular de 10 bares a 100 bares, y en particular en presencia de un catalizador que contiene metal. Como catalizadores para la carga del medio de soporte LOHC son apropiados en particular aquellos que presentan el elemento rutenio y/o níquel. También son posibles catalizadores que presenten otros elementos o elementos adicionales además del rutenio y/o níquel. Son fundamentales aquellos elementos que acumulan hidrógeno y que pueden transferirlo al medio de soporte LOHC. Además del rutenio y/o el níquel, como catalizadores son posibles en particular los metales tales como el cromo, hierro, cobalto, cobre, iridio, paladio o platino.

Es ventajosa una instalación en la que la unidad de almacenamiento del medio de soporte esté integrada en la unidad de carga. Esto es el caso en particular si el medio de soporte se provee como material sólido. Alternativamente, la unidad de almacenamiento del medio de soporte puede presentar un tanque separado, en particular externo, que en particular presenta por lo menos una tubería de tanque para la conexión con un sistema de tubería externo. Esto es ventajoso en particular si el medio de soporte se provee como líquido o gas. Debido a esto es posible almacenar el medio de soporte de forma generalmente despresurizada. Por ejemplo, se puede usar un recipiente, tal como se conoce para el almacenamiento de hidrocarburos líquidos como carburantes y/o aceite combustible. También es concebible que el medio de soporte pueda ser entregado a un sistema de tubería o un sistema de transporte previsto para ello y esté disponible en otro sitio para la descarga.

En la unidad de descarga se aprovecha por lo menos parcialmente el calor de la unidad de almacenamiento térmico para la liberación de hidrógeno. El hidrógeno liberado se emite a la unidad de oxidación de hidrógeno, para generar corriente eléctrica. Si el medio de soporte es un material sólido, la unidad de descarga está realizada de tal manera que se puede emitir y liberar hidrógeno a partir de un material hecho de aleaciones metálicas específicas. Si se trata de un medio de soporte de sorción, la unidad de descarga permite la desorción de hidrógeno desde un material sólido poroso, para liberar hidrógeno. Si se emplea un medio de soporte LOHC, el hidrógeno se libera mediante una reacción de deshidrogenación catalizada desde una molécula orgánica o una mezcla de moléculas orgánicas. Esto significa que la liberación del hidrógeno se efectúa por medio de una transformación material del medio de soporte cargado por descarga en la unidad de descarga mediante una reacción de deshidrogenación catalizada. En estado cargado, el medio de soporte es en particular un compuesto policíclico saturado, en particular un perhidro-dibenciltolúol o un perhidro-benciltolúol, que pueden usarse como sustancias puras, mezclas isómeras o mezclas de las mismas entre sí. Alternativamente, el medio de soporte cargado es un compuesto policíclico saturado, que contiene heteroátomos tales como nitrógeno y oxígeno, en particular perhidro-N-etilcarbazon, perhidro-N-propilcarbazon, perhidro-N-isopropilcarbazon, perhidro-N-butilcarbazon o mezclas de estas sustancias. Alternativamente, como medio de soporte cargado también se puede usar un oligómero o polímero orgánico saturado, por deshidrogenación catalítica se pueden transformar en oligómeros o polímeros con un sistema de electrones π conjugado. La descarga de los medios de soporte cargados en la unidad de descarga se efectúa en particular en un reactor químico estable a la presión a una temperatura de proceso de entre 100 °C y 450 °C, preferentemente entre 150 °C y 420 °C, y más en particular entre 180 °C y 390 °C. La presión de proceso se ubica entre 0,1 y 30 bares, en particular entre 1 y 10 bares, en lo que se puede emplear en particular un catalizador que contiene metal, y que en particular contiene platino y/o paladio. Lo más importante es que el catalizador sea apropiado para liberar hidrógeno, emitido por el medio de soporte LOHC, en forma de gas hidrógeno. Además de platino y/o paladio, para esto son apropiados en particular metales tales como el cromo, hierro, cobalto, níquel, cobre, iridio o rutenio. El medio de soporte líquido descargado puede ser evacuado desde la unidad de descarga en particular a una unidad de almacenamiento intermedio del medio de soporte que en particular puede estar dispuesta en el exterior de la instalación. El medio de soporte descargado y almacenado de manera intermedia puede usarse en un momento posterior en particular para una nueva carga a hidrógeno, es decir, para un almacenamiento de hidrógeno en la instalación con en particular en el dispositivo de almacenamiento de hidrógeno. Adicionalmente, se puede proveer una unidad de almacenamiento del medio de soporte para almacenar el medio de soporte cargado. Si

como medio de soporte se usa un acumulador de hidruro de metal, el espacio constructivo requerido para disponer la unidad de carga, la unidad de almacenamiento del medio de soporte y la unidad de descarga es un espacio comprimido. En particular, las tres unidades arriba mencionadas están unidas constructivamente en un componente. La carga en la unidad de carga con el medio de soporte sólido se efectúa, en comparación hace con la descarga en la unidad de descarga, a una temperatura reducida, pero a mayor presión.

Desventajosa una instalación con una unidad de regulación, que se encuentre en comunicación bidireccional por lo menos con la unidad de almacenamiento térmico y la unidad de descarga. De esta manera es posible, detectar el respectivo estado de la unidad de almacenamiento de energía y de la unidad de descarga mediante la unidad de regulación. Eso significa que a través de la unidad de regulación es posible detectar la cantidad de calor que se encuentra disponible en la unidad de almacenamiento térmico. Al mismo tiempo, también se puede determinar si en la unidad de descarga existe una demanda de calor. La unidad de regulación puede controlar directamente el suministro de calor de la unidad de almacenamiento térmico a la unidad de descarga, para que se haga posible o se apoye un proceso de descarga en la unidad de descarga. Adicionalmente, la unidad de regulación puede causar la generación de calor en la unidad de generación térmica, en caso de que la demanda de calor pronosticada en la unidad de descarga supere la reserva de calor disponible en la unidad de almacenamiento térmico. Con esto se asegura que un proceso de descarga en la unidad de descarga se pueda realizar de manera continua debido a un suministro suficiente de calor.

Para vigilar el proceso general y/o la instalación global para el almacenamiento de energía, la unidad de regulación puede estar conectada con otros componentes adicionales de la instalación, en particular con la unidad generadora de corriente, la unidad generadora de hidrógeno, la unidad de carga, la unidad de almacenamiento del medio de soporte y/o la unidad de oxidación de hidrógeno.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención para el almacenamiento de energía se caracteriza sobre todo por que el calor se provee mediante la unidad de almacenamiento térmico en la unidad de descarga, en lo que el calor se requiere para la descarga de la unidad de almacenamiento de hidrógeno y la liberación de hidrógeno desde esta unidad de almacenamiento de hidrógeno. El procedimiento comprende además las siguientes etapas de procedimiento: Generar hidrógeno por medio de una unidad generadora de hidrógeno, cargar el medio de soporte con el hidrógeno producido en la unidad generadora de hidrógeno por medio de una unidad de carga, almacenar el medio de soporte cargado mediante una unidad de almacenamiento del medio de soporte, generar calor por medio de una unidad de generación térmica, almacenar el calor producido mediante la unidad de generación térmica por medio de una unidad de almacenamiento térmico y descargar el hidrógeno del medio de soporte cargado por medio de una unidad de descarga. El hidrógeno descargado se alimenta en particular a una unidad de oxidación de hidrógeno para la generación de corriente eléctrica. Alternativamente, el hidrógeno se puede comprimir y transferir a un tanque de hidrógeno a presión, para ser usado en un momento posterior y/o transportado en esta forma de almacenaje a otro sitio. En esta forma ligada, el hidrógeno almacenado en el medio de soporte cargado puede ponerse a disposición, por ejemplo, en una estación de repostaje de hidrógeno. Para esto, el hidrógeno es liberado del medio de soporte cargado bajo suministro de calor y puesto a disposición para el repostaje.

Es ventajoso un procedimiento en el que la generación de calor se efectúa durante un periodo de tiempo rico en energía, en lo que he para la generación de calor se usa energía, en particular en forma de corriente eléctrica y/o como energía regenerativa. La generación de calor durante un periodo de tiempo rico en energía es posible sin complicaciones y de manera económicamente favorable.

Particularmente ventajosa es la generación de calor para calentar un soporte térmico líquido o gaseoso. En esta forma, el medio de soporte calentado puede manejarse de manera particularmente ventajosa.

Particularmente ventajoso es un procedimiento en el que la descarga del hidrógeno desde el medio de soporte cargado se efectúa durante un periodo de tiempo pobre en energía, en lo que el calor, que se requiere para descargar el hidrógeno, se puede proveer como calor previamente generado y almacenado temporalmente. Por lo tanto, en particular no es necesario que durante un tiempo pobre en energía se tenga que generar calor por separado. De esto se derivan ventajas de eficiencia y de costos.

Particularmente ventajoso es un procedimiento que permite la regulación del suministro de calor desde la unidad de almacenamiento térmico a la unidad de descarga basándose en un estado de carga térmica actual de la unidad de almacenamiento térmico y/o de un estado de descarga actual en la unidad de descarga.

Otras formas de realización ventajosas, características adicionales y detalles de la presente invención resultan de la siguiente descripción de ejemplos de realización con referencia a los dibujos. En los dibujos:

La Fig. 1 muestra una representación esquemática de la instalación de acuerdo con la presente invención para almacenar energía de acuerdo con un primer ejemplo de realización.

La Fig. 2 muestra una representación correspondiente de una instalación para almacenar energía de acuerdo con un segundo ejemplo de realización.

La instalación para almacenar energía representada esquemáticamente en la Fig. 1 y designada de forma general con el numeral 1 comprende una unidad generadora de corriente 2 en forma de una instalación fotovoltaica. La unidad generadora de corriente 2 es apropiada para usar energía suministrada por fuentes de energía regenerativas 3 para la generación de corriente eléctrica. Las fuentes de energía 3 representan formas de energía regenerativa, en particular formas de energía no constantes. Como unidad generadora de corriente 2, además de la unidad de fotovoltaica arriba mencionada, entran en consideración en particular una central de energía eólica y/o una central hidroeléctrica.

La incidencia directa de energía desde la fuente de energía regenerativa 3 sobre la unidad generadora de corriente 2 y una unidad de generación térmica 4 se representa simbólicamente mediante las flechas 5. La unidad de generación térmica 4 presenta un soporte térmico líquido, que se calienta por la acción de la energía 5, en particular por la incidencia directa de la radiación solar. La unidad de generación térmica 4 que está conectada por medio de una tubería 6 con una unidad de almacenamiento térmico 7. La tubería 6 es apropiada para transportar el soporte térmico. En particular, la tubería 6 está realizada como un así llamado tubo térmico, que en inglés también se conoce como "heat pipe". Un tubo térmico de este tipo es un transmisor de calor, en lo que debido al aprovechamiento del calor de evaporación del soporte térmico es posible alcanzar una elevada densidad de corriente térmica. Esto significa que con una pequeña superficie de sección transversal de la tubería 6 se pueden transportar grandes cantidades de calor desde la unidad de generación térmica 4 a la unidad de almacenamiento térmico 7. Debido a esto es posible un transporte de calor efectivo y con reducidas pérdidas.

En particular, la unidad de almacenamiento térmico está realizada como acumulador de sal, que puede calentarse, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 500 °C.

La unidad generadora de corriente 2 está conectada con la unidad de generación térmica 4 a través de un cable de corriente 8. Debido a esto es posible que se pueda alimentar energía en forma de corriente eléctrica desde la unidad generadora de corriente 2 hacia la unidad de generación térmica 4 en forma de corriente eléctrica.

Se provee una línea eléctrica adicional 9, para conectar la unidad generadora de corriente 2 con una unidad generadora de hidrógeno 10. La unidad generadora de hidrógeno está realizada como electrolizador. El electrolizador 10 está conectado a través de una tubería 11 con un depósito de agua 12. El depósito de agua 12 puede ser un recipiente de almacenamiento o una conexión a una red pública de suministro de agua. A través de la tubería 11 se puede conducir el agua desde el depósito de agua 12 a la unidad generadora de hidrógeno 10. El hidrógeno, que se genera en forma graciosa como H_2 en la unidad generadora de hidrógeno 10, se puede conducir a través de una tubería 13 a una unidad de carga 14 en un dispositivo de almacenamiento de hidrógeno 15. Adicionalmente, a la unidad generadora de hidrógeno 10 se conecta una tubería 16 para conectarse con un consumidor de oxígeno 17. También es posible que el consumidor de oxígeno 17 no se provea y que el oxígeno se emita directamente a través de la tubería 16 al medio ambiente circundante.

El dispositivo de almacenamiento de hidrógeno 15 sirve para almacenar el hidrógeno y comprende una unidad de carga 14 para cargar un medio de soporte con el hidrógeno que sea generado en la unidad generadora de hidrógeno 10. Como medio de soporte sirve, de acuerdo con el ejemplo de realización mostrado, un medio de soporte líquido que comprende el sistema dibenciltolul/perhidro-dibenciltolul, como lo desvelan Brückner y colaboradores en ChemSusChem, 2013, DOI: 10.1002/cssc.201300426. El dispositivo de almacenamiento de hidrógeno 15 comprende además una unidad de almacenamiento del medio de soporte 18 para almacenar el medio de soporte cargado en la unidad de carga. El dispositivo de almacenamiento de hidrógeno 15 comprende además una unidad de descarga 19 para descargar el hidrógeno del medio de soporte cargado, así como una unidad de almacenamiento intermedio del medio de soporte 20 para almacenar el medio de soporte descargado. La unidad de carga 14, la unidad de almacenamiento del medio de soporte 18, la unidad de descarga 19 y la unidad de almacenamiento intermedio del medio de soporte 20 se conectan respectivamente entre sí a través de tuberías 21. A este respecto, se puede tratar de tuberías comunes, como las que también se pueden emplear para transportar combustible diesel o aceite combustible. A través de estas tuberías 21, el medio de soporte puede circular a lo largo de una dirección de circuito 22 en el dispositivo de almacenamiento de hidrógeno.

La unidad de descarga 19 está conectada con la unidad de almacenamiento térmico 7 a través de una tubería 23. A través de la tubería 23 se puede transportar el soporte térmico calentado, es decir, el calor, desde la unidad de almacenamiento térmico 7 directamente hacia la unidad de descarga 19. La unidad de descarga 19 está conectada a través de una tubería 24 con la unidad de oxidación de hidrógeno 25. De acuerdo con el ejemplo de realización mostrado, la unidad de oxidación de hidrógeno está realizada como una pila de combustible PEM. La unidad de oxidación de hidrógeno 25 está conectada con una fuente de oxígeno y/o con una fuente de aire 26. Adicionalmente, la unidad de oxidación de hidrógeno 25 está conectada a través de una línea eléctrica 27 a una red eléctrica 28. En lugar de la red eléctrica 28 también se puede proveer un consumidor de corriente individual. La red eléctrica 28 sirve para el abastecimiento de varios, en particular de un gran número de hasta 1000 o 10.000 o más consumidores de corriente individuales. La red eléctrica puede ser, por ejemplo, una red eléctrica local, que sirve para el abastecimiento de corriente de una zona industrial con una o varias empresas industriales y/o de una o varias viviendas privadas. La red eléctrica 28 también puede formar parte de la red eléctrica pública. De esta manera es

posible que la corriente eléctrica, que ha sido generada en la unidad de oxidación de hidrógeno 25, se alimente a través de la línea eléctrica 27 a la red eléctrica 28.

La instalación 1 comprende además una unidad de regulación para la operación regulada de la instalación 1. La unidad de regulación 29 se encuentra respectivamente en comunicación bidireccional de señales con la unidad de almacenamiento térmico 7 y la unidad de descarga 19. Debido a esto es posible que la unidad de regulación detecte el estado de carga térmica de la unidad de almacenamiento térmico 7, por una parte, y los parámetros de proceso actuales en la unidad de descarga 19, por otra parte. Por lo tanto, la unidad reguladora asegura que, por ejemplo, cuando se deba efectuar una descarga, se suministre calor desde la unidad de almacenamiento térmico 7 a través de la tubería 23 a la unidad de descarga 19. En caso de que exista una demanda de calor para la descarga, y si un estado de carga térmica en la unidad de almacenamiento térmico 7 no fuese suficiente, a través de la unidad de regulación 29 también se podrá iniciar entonces una carga térmica adicional, debido a que, por ejemplo, la unidad generadora de corriente 2 a través de la línea eléctrica 8 suministra corriente para el calentamiento eléctrico del soporte térmico en la unidad de generación térmica 4. Para esto, la unidad de regulación 29 también se encuentra en comunicación bidireccional de señales por la unidad de generación térmica 4 y la unidad generadora de corriente 2.

A continuación se explica más detalladamente el procedimiento de acuerdo con la presente invención para almacenar energía basándose en el modo de funcionamiento de la instalación 1. El sol como fuente de energía regenerativa 3 emite los rayos solares que se pueden aprovechar como energía incidente 5 por medio de una instalación fotovoltaica como unidad generadora de corriente 2 para la generación de corriente eléctrica. Al mismo tiempo, la radiación solar también se puede usar como energía incidente 5 para calentar un medio de soporte, en particular líquido, en la unidad de generación térmica 4. Si la energía incidente 5 por la radiación solar no fuese suficiente o si no produce el calentamiento deseado de soporte térmico dentro de un período de tiempo previsto para ello, adicionalmente se puede suministrar corriente eléctrica a través de la línea eléctrica 8 de la unidad generadora de corriente 2 a la unidad de generación térmica 4. El calentamiento del soporte térmico, que también se denomina como carga térmica, se efectúa entonces por medio de la energía incidente 5 o través de energías regenerativas y/o mediante corriente eléctrica, que en particular se ha generado a partir de energía regenerativa.

El soporte térmico calentado se transporta a través del conducto 6, en el que se trata en particular de una tubería, hacia la unidad de almacenamiento térmico 7 y se almacena allí. La corriente eléctrica generada en la unidad generadora de corriente 2 se suministra a través de la línea eléctrica 9 a la unidad generadora de hidrógeno 10. Adicionalmente, a la unidad generadora de hidrógeno 10 se suministra agua desde el depósito de agua 12 a través de la tubería 12. El agua se descompone por electrólisis en hidrógeno y oxígeno en la unidad generadora de hidrógeno 10. El oxígeno se emite a través de la tubería 16 al consumidor de oxígeno 17. El hidrógeno se suministra a través de la tubería 13 a la unidad de carga 14 del dispositivo de almacenamiento de hidrógeno 15. En la unidad de carga 14 se provee el medio de soporte en forma de dibenciltolulol. Debido al suministro de hidrógeno se produce la hidrogenación para formar perhidro-dibenciltolulol. El medio de soporte se encuentra ahora en un estado cargado. El medio de soporte cargado se transporta desde la unidad de carga 14 a través de la tubería que 21 hacia la unidad de almacenamiento del medio de soporte 18 y se puede almacenar allí en caso de requerirse. El medio de soporte cargado se transporta desde la unidad de almacenamiento del medio de soporte 18 a través de la tubería 21 hacia la unidad de descarga 19. En la unidad de descarga 19 se efectúa la descarga del perhidro-dibenciltolulol, debido a que se libera el hidrógeno del medio de soporte. Para liberar el hidrógeno se requiere calor, el que se suministra desde la unidad de almacenamiento térmico 7 a través de la tubería 23 a la unidad de descarga 19. El medio de soporte descargado en la unidad de descarga, que después de la deshidrogenación se encuentra disponible como dibenciltolulol, se transporta a través de la tubería 21 a la unidad de almacenamiento intermedio del medio de soporte 20. En la unidad de almacenamiento intermedio del medio de soporte 20 el medio de soporte en estado descargado se almacena hasta que exista una nueva demanda de medio de soporte en la unidad de carga 14. Entonces el medio de soporte se transporta desde la unidad de almacenamiento intermedio del medio de soporte 20 a través de la tubería 21 hacia la unidad de carga 14.

El hidrógeno liberado en la unidad de descarga 19 se conduce a través de la tubería 24 hacia la unidad de oxidación de hidrógeno 25 y se pone en contacto con oxígeno en forma pura, o con oxígeno atmosférico que proviene de la fuente de oxígeno 26. Debido a esto se genera corriente eléctrica, que se alimenta a través de la línea eléctrica 27 a la red eléctrica 28. Al mismo tiempo también se forma agua, que se evacúa a un depósito de agua 30.

A continuación se describe un segundo ejemplo de realización de la presente invención con referencia a la Fig. 2. Las partes constructivamente idénticas se designan con los mismos caracteres de referencia que en el primer ejemplo de realización, a cuya descripción se hace referencia expresa. Las partes constructivamente diferentes, pero que son funcionalmente iguales, se designan con los mismos caracteres de referencia con una letra "a" añadida.

La instalación 1a corresponde básicamente a la instalación 1 de acuerdo con el primer ejemplo de realización. La principal diferencia es la realización de la unidad generadora de hidrógeno 10a, que de acuerdo con el ejemplo mostrado es un electrolizador SOEC. El electrolizador SOEC permite la electrólisis de vapor de agua, que se provee a través de una tubería adicional 31 desde la unidad de almacenamiento térmico 7a. Debido a que ya se suministra

vapor de agua al electrolizador SOEC, se reduce el requerimiento de energía para generar hidrógeno. En particular se reduce la energía eléctrica para evaporar el agua, o incluso no se requiere en absoluto. Por lo tanto, es particularmente ventajoso el uso de la unidad de almacenamiento térmico 7 en combinación con el electrolizador SOEC 10a. La unidad de almacenamiento térmico 7a de acuerdo con el segundo ejemplo de realización se caracteriza por que durante la carga térmica se libera vapor de agua. Este vapor de agua, que de todas maneras se libera, puede usarse directamente para la electrólisis en el electrolizador SOEC 10a. Durante la descarga térmica de la unidad de almacenamiento térmico 7a se puede absorber vapor de agua, que en particular proviene directamente de la unidad de oxidación de hidrógeno 25, que está conectada directamente por la unidad de almacenamiento térmico 7a a través de una tubería adicional 32. Esto significa que la unidad de almacenamiento térmico 7 sirve al mismo tiempo también como unidad de almacenamiento de agua.

El modo de funcionamiento de la instalación 1a de acuerdo con el segundo ejemplo de realización corresponde al del primer ejemplo de realización. Durante un período de tiempo rico en energía, al electrolizador SOEC 10a se suministra una cantidad de energía de 10 kWh de energía eléctrica desde la unidad generadora de corriente 2 a través de la línea eléctrica 9. Esta cantidad de energía se usa en el electrolizador SOEC 4 con un grado de rendimiento del 80 % para la generación de hidrógeno. Este mayor grado de rendimiento se debe al uso de agua en forma de vapor proveniente de la unidad de almacenamiento térmico 7a. La cantidad de hidrógeno formada se usa en la unidad de carga 14 para la hidrogenación de dibenciltoluol en perhidro-dibenciltoluol, en lo que el grado de rendimiento para la hidrogenación es del 98 %. Esto significa que de la cantidad de energía eléctrica originalmente empleada, en el dispositivo de almacenamiento de hidrógeno se encuentra ligada una cantidad de hidrógeno en estado líquido almacenable, en lo que esta cantidad corresponde a una energía térmica de aproximadamente 7,84 kWh. Para liberar la totalidad del hidrógeno en el dispositivo de almacenamiento de hidrógeno 15 se usa el calor proveniente de la unidad de almacenamiento térmico 7a, de tal manera que la cantidad de hidrógeno gaseoso liberado puede transformarse completamente en energía térmica con un valor de aproximadamente 7,84 kWh. Este hidrógeno se electrifica en la unidad de oxidación de hidrógeno 25 en forma de la pila de combustible PEM con un grado de rendimiento de 55 %. De esto resulta una cantidad de energía eléctrica de 4,31 kWh. Por lo tanto, la eficiencia de corriente-a-corriente es de 43,1 %. Comparado con una disposición comparable con una eficiencia de corriente-a-corriente de 25 %, la instalación 1a de acuerdo con la presente invención presenta un aumento de la eficiencia de corriente-a-corriente de aproximadamente 73 %.

REIVINDICACIONES

1. Instalación para liberar energía en forma de hidrógeno, que comprende

- a. una unidad generadora de corriente (2) para generar corriente eléctrica,
- b. una unidad de descarga (19) para descargar hidrógeno de un medio de soporte cargado, y
- c. una unidad de generación térmica (4) para generar calor, y
- d. una unidad de almacenamiento térmico (7; 7a) para almacenar el calor generado mediante la unidad de generación térmica (4),

en donde la unidad de almacenamiento térmico (7; 7a) está conectada con la unidad de descarga (19) para proporcionar calor,

caracterizada por que la unidad generadora de corriente (2) está conectada con la unidad de generación térmica (4) para proporcionar corriente eléctrica para la generación de calor.

2. Instalación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que**

- se proporciona una unidad generadora de hidrógeno (10; 10a) para generar hidrógeno,
- se proporciona un dispositivo de almacenamiento de hidrógeno (15) para almacenar hidrógeno, que comprende la unidad de descarga (19) y una unidad de carga (14) para cargar un medio de soporte con el hidrógeno generado en la unidad generadora de hidrógeno (10; 10a).

3. Instalación de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** la unidad generadora de corriente (2) está conectada con la unidad generadora de hidrógeno (10; 10a) para proporcionar corriente eléctrica para la generación de hidrógeno, permitiendo en particular la unidad generadora de corriente (2) la generación de corriente a partir de formas de energía regenerativas (3) y estando en particular realizada como unidad fotovoltaica, central de energía eólica y/o central hidroeléctrica.

4. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por** una unidad de oxidación de hidrógeno (35) para generar corriente eléctrica, estando la unidad de oxidación de hidrógeno (25) conectada a una red eléctrica (28), en particular para alimentar la corriente eléctrica.

5. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la unidad de descarga (19) para transportar el medio de soporte descargado está conectada a la unidad de carga (14), en donde en particular una unidad de almacenamiento intermedio del medio de soporte (20) para almacenar el medio de soporte descargado se encuentra dispuesta entre la unidad de descarga (14) y la unidad de carga (19), y estando dispuesta en particular una unidad de almacenamiento del medio de soporte (18), para almacenar el medio de soporte cargado, entre la unidad de carga (14) y la unidad de descarga (19).

6. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la unidad generadora de hidrógeno es un electrolizador (10), en particular un electrolizador SOEC (10a), estando el electrolizador SOEC (10a) conectado con la unidad de almacenamiento térmico (7a) para recibir vapor de agua.

7. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** en la unidad de carga (14) se fija el hidrógeno al medio de soporte y en particular se fija químicamente o por fisiorción.

8. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la unidad de almacenamiento del medio de soporte (18) está integrada en la unidad de carga (14).

9. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** la unidad de almacenamiento del medio de soporte (18) presenta un tanque y en particular por lo menos una tubería de tanque para conectarse a un sistema de tubería externo.

10. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por** una unidad de regulación (29), que se encuentra en comunicación bidireccional de señales con la unidad de generación térmica (7; 7a) y con la unidad de descarga (19).

11. Procedimiento para liberar energía que comprende las siguientes etapas de procedimiento:

- proporcionar corriente eléctrica por medio de una unidad generadora de corriente (2) para una unidad de generación térmica (4),
- generar calor por medio de la corriente eléctrica suministrada en la unidad de generación térmica (4),
- almacenar el calor generado a través de la unidad de generación térmica (4) por medio de una unidad de almacenamiento térmico (7; 7a),
- descargar el hidrógeno de un medio de soporte cargado por medio de una unidad de descarga (19),
- proporcionar calor mediante la unidad de almacenamiento térmico (7; 7a) en la unidad de descarga (19), siendo

el calor necesario para descargar el hidrógeno.

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por**

- 5 - la generación de hidrógeno por medio de una unidad generadora de hidrógeno (10; 10a),
 - la carga de un medio de soporte con el hidrógeno generado en la unidad generadora de hidrógeno (10; 10a) por
 medio de una unidad de carga (14),
10 - el almacenamiento del medio de soporte cargado por medio de una unidad de almacenamiento del medio de
 soporte (18).

10 13. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por que** la generación de calor se
 efectúa durante un período de tiempo rico en energía, aprovechándose la energía regenerativa para generar el calor
 y/o produciéndose la descarga del hidrógeno desde el medio de soporte cargado durante un período de tiempo
 pobre en energía.

15 14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado por que** la generación de
 calor comprende el calentamiento de un soporte térmico, en particular líquido o gaseoso.

20 15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizado por** un desarrollo regulado del
 procedimiento por medio de una unidad de regulación (29), de tal manera que el calor requerido para descargar el
 hidrógeno se proporciona de manera automatizada y adaptada a las necesidades.

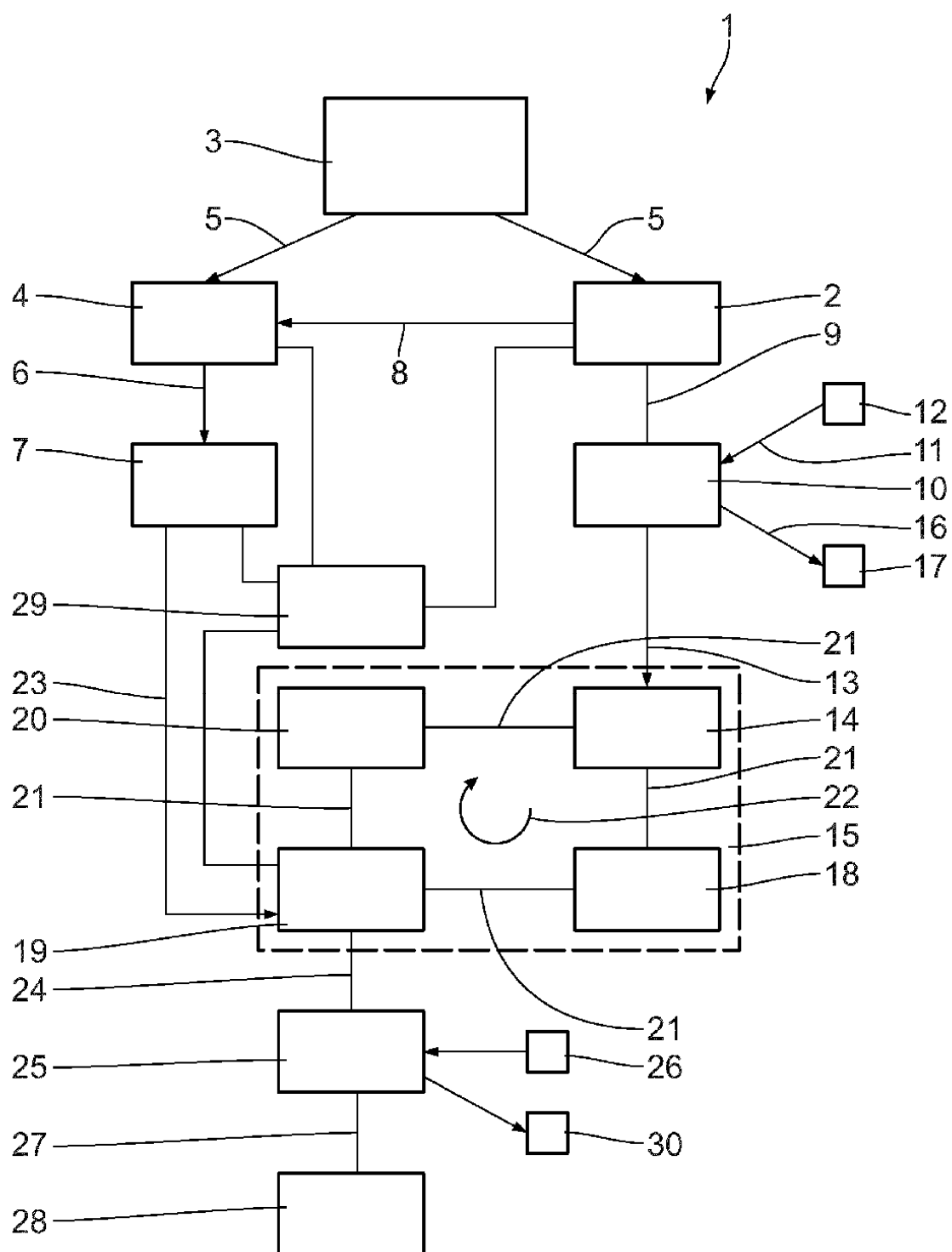


Fig. 1

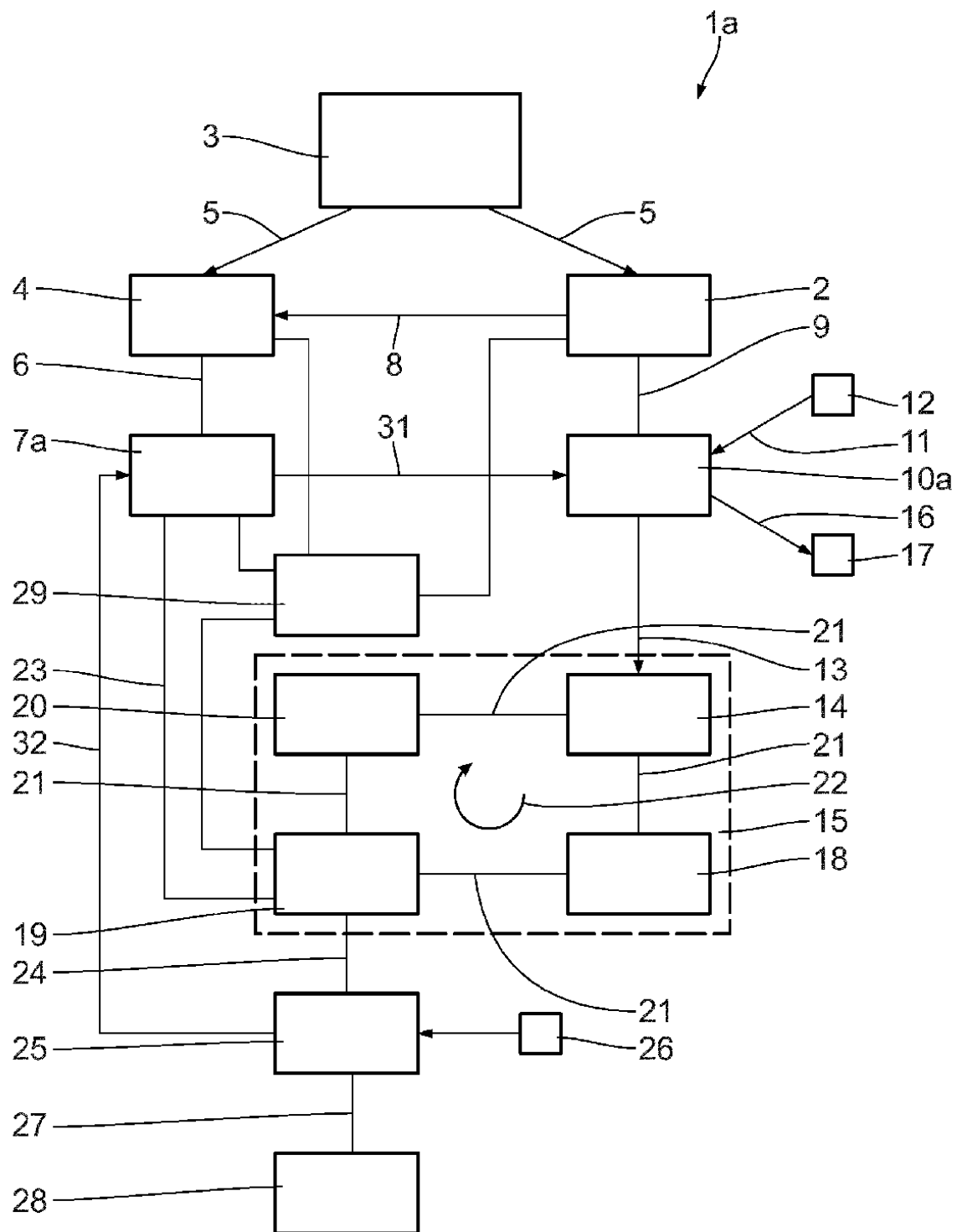


Fig. 2