

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 926**

51 Int. Cl.:

H01M 16/00 (2006.01)

H01M 8/04 (2006.01)

H01M 8/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2012 E 12766601 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 2748885**

54 Título: **Disposición y procedimiento para el suministro de energía a edificios**

30 Prioridad:

23.08.2011 DE 10201111565

10.12.2011 DE 102011121704

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

24.11.2015

73 Titular/es:

HYDROGENIOUS TECHNOLOGIES GMBH

(100.0%)

Weidenweg 13

91058 Erlangen, DE

72 Inventor/es:

WASSERSCHIED, PETER y

ARLT, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 551 926 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

Disposición y procedimiento para el suministro de energía a edificios

5 La presente invención se refiere a una disposición para el suministro de energía de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento para el suministro de energía de acuerdo con la reivindicación 8.

10 El documento US 2008/0 138 675 A1 desvela un procedimiento para la generación y el almacenamiento de hidrógeno. El documento US 2010/0 055 513 A1 desvela un sistema para la conversión y el almacenamiento de energía electroquímica.

15 El uso de pilas electroquímicas para la obtención de corriente eléctrica mediante oxidación de oxígeno se conoce exhaustivamente y se aplica en los más diversos ámbitos. Un aspecto esencial y crítico en el caso del uso de pilas electroquímicas es el almacenaje o almacenamiento de hidrógeno que, como es sabido, es extremadamente explosivo en presencia de oxígeno.

20 Hasta ahora se han examinado una serie de procedimientos de almacenamiento de hidrógeno: por adsorción, absorción, como líquido, como gas altamente comprimido. La desventaja de todos los procedimientos es su reducida densidad de energía por volumen y los costes en parte altos del portador.

25 Los procedimientos habituales hasta ahora del almacenamiento de hidrógeno como líquido y a presión representan soluciones técnicas que así hasta ahora, en particular debido a la elevada complejidad técnica y los costes relativamente elevados asociado a esto, no existen en el ámbito accesible al público y desde luego no en edificios aislados tales como, por ejemplo, casas privadas, casas de veraneo, inmuebles empleados de forma comercial o edificios de producción.

30 De este modo, los recipientes con hidrógeno comprimido son difíciles de estanqueizar y el hidrógeno explota o detona con ondas de presión >1000 m/s en casi cualquier mezcla del 4-75 % con aire. Además, la energía de ignición mínima es menor que en otras sustancias gaseosas. El hidrógeno está clasificado como altamente inflamable (F+) y se puede autoinflamar con elevadas velocidades de salida, tal como también en el caso de otros gases. La conversión según fórmula en el caso de la explosión con aire es muy alta con 286 kJ/mol.

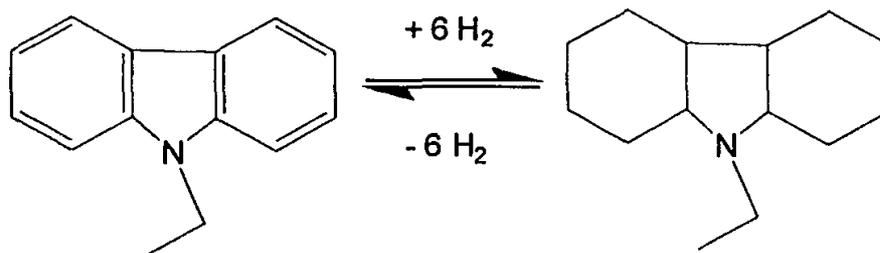
35 Por tanto, es deseable facilitar una tecnología para el suministro de energía mediante el uso de pilas electroquímicas que evite los riesgos del hidrógeno puro.

40 Son conocidas formas de almacenamiento alternativas para hidrógeno. De este modo, en el documento EP 1475349 A1 se describen distintos compuestos aromáticos, en particular hidrocarburos policíclicos condensados que se pueden emplear para el uso como almacenes de hidrógeno. Las sustancias descritas en este caso se emplean en particular en sistemas móviles.

45 La base de la forma de acción de hidrocarburos policíclicos condensados que disponen de un sistema de electrones π -conjugado extendido es su propiedad de someterse a temperaturas moderadas en presencia de un catalizador adecuado a una reacción de hidrogenación. A este respecto se incluye (hidrogena) hidrógeno con saturación de los dobles enlaces insaturados en la sustancia.

50 El hidrógeno incluido mediante hidrogenación después en la reacción inversa se puede obtener únicamente mediante aumento de temperatura y/o reducción de la presión de hidrógeno de nuevo del producto hidrogenado con regeneración de la sustancia aromática.

En este caso se hace referencia a modo de ejemplo a la hidrogenación/deshidrogenación de *N*-etilcarbazol (NEC). A este respecto, el *N*-etilcarbazol (NEC) se hace reaccionar como educto hasta la forma perhidro (H12-NEC) de acuerdo con el siguiente esquema de reacción.



55 La densidad de almacenamiento para hidrógeno es en esta reacción en cuanto al volumen aproximadamente el doble que con un depósito de 700 bar lleno de hidrógeno.

- El suministro de energía por celdas solares actualmente es la posibilidad más atractiva para el suministro de energía regenerativa para edificios aislados tales como casas privadas, casas de veraneo, inmuebles empleados de forma comercial o edificios de producción. Ninguna otra tecnología permite la generación de corriente renovable con un intervalo de potencia variable de pocos vatios hasta varios MW. La integración de celdas solares en el ámbito doméstico es una tecnología habitual y en función de la ubicación, superficie de tejado y orientación son práctica habitual en instalaciones de potencia máxima de hasta 30 kW.
- A pesar de que las celdas solares son la forma más atractiva de la generación de corriente renovable, esta tecnología tiene la desventaja de que la corriente producida no se puede almacenar de forma temporal a lo largo de un periodo de tiempo más prolongado, tampoco en baterías a causa de los costes de almacenamiento y la reducida capacidad, sino que se tiene que consumir directamente o se tiene que alimentar a la red. Esto es interesante debido a la ley sobre energías renovables (EEG) para los fabricantes, pero conduce a cargas adicionales de la red de corriente ya de por sí muy sometida a esfuerzo.
- Una posibilidad económica de almacenar corriente fotovoltaica a medio plazo, es decir, desde pocos días hasta pocas semanas, por tanto, es una etapa esencial para posibilitar un crecimiento adicional de la generación de corriente fotovoltaica.
- La generación de hidrógeno mediante corriente fotovoltaica es una opción con frecuencia discutida actualmente.
- Para conseguir un elevado grado de eficacia del sistema global es decisivo un acoplamiento eficaz de las celdas solares con el electrolizador en el cual el agua se escinde hasta dar hidrógeno y oxígeno. En este caso se tiene que sopesar si son más ventajosas corrientes de pico o más bien una exposición a corriente constante a lo largo de un periodo de tiempo más prolongado, en cambio con un nivel más bajo. La opción de un acumulador de corriente rápido para la compensación de picos o caídas rápidas, por ejemplo, con tiempo nublado puede contribuir asimismo de forma decisiva, como la selección de la tecnología de celda adecuada, que, por ejemplo, en caso de sombreados parciales no conduzca a una desconexión completa del módulo.
- Algunas propuestas o modelos para el acoplamiento de la fotovoltaica con la generación hidrógeno son conocidas. De este modo, en el documento EP 718 904 A1 se describe un sistema de pila electroquímica en cuyo caso se trata de un conjunto cerrado completo y que aún una pila electroquímica PEM y un electrolizador PEM. Con ello se cumple el requisito de un sistema sencillo y económico. El suministro de corriente de este sistema se realiza con ayuda de las fuentes de energía regenerativas disponibles tales como, por ejemplo, energía solar y/o eólica.
- La estructura del sistema de pila electroquímica propuesto posibilita una larga vida útil y está diseñada para un funcionamiento continuo de 24 horas. El objetivo es un manejo lo más sencillo posible y una exención de mantenimiento. Un control inteligente regula de forma completamente automática el cambio de modo de funcionamiento inmediato de la producción de hidrógeno a la producción de corriente. A este respecto se tiene en cuenta siempre el punto de trabajo óptimo de la curva característica de la fuente de energía regenerativa y de la pila electroquímica PEM/electrolizador PEM.
- El electrolizador PEM necesita agua destilada para el funcionamiento. El sistema regula de forma automática el balance de agua necesario para el electrolizador PEM de un recipiente de reserva previsto para esto.
- El sistema de pila electroquímica descrito comprende asimismo un acumulador de hidrógeno que está configurado en forma de un acumulador de hidruro de metal. Este acumulador está producido de aleaciones específicas de metal y posibilita el almacenamiento temporal de hidrógeno gaseoso. El acumulador de hidruro de metal se puede cargar con hidrógeno de forma próxima a la presión ambiental.
- El uso de acumuladores de hidruro de metal como acumulador de hidrógeno, sin embargo, es poco adecuado para el uso en hogares privados. Son caros, con frecuencia ineficaces y poseen una serie de problemas intrínsecos de seguridad.
- Por tanto, existe la necesidad de un suministro de energía para edificios aislados tales como, por ejemplo, casas privadas que se encuentren en zonas solo escasamente edificadas, que sea autárquico e independiente.
- Este objetivo se resuelve de acuerdo con la invención mediante una disposición con las características de la reivindicación 1 y un procedimiento con las características de la reivindicación 8.
- Según esto, la disposición para el suministro de energía a edificios, en particular edificios aislados tales como casas privadas, casas de veraneo, inmuebles empleados de forma comercial o edificios de producción comprende
- al menos una instalación generadora de energía, en particular una instalación fotovoltaica, para facilitar una corriente eléctrica,
 - al menos un electrolizador para la producción de hidrógeno a partir de agua mediante el uso de la corriente eléctrica de la instalación generadora de energía,

- al menos un primer reactor químico para la hidrogenación al menos parcial de al menos un sustrato con un sistema $[\tau][\tau]$ -conjugado extendido mediante el uso del hidrógeno formado en el electrolizador,
- al menos un depósito de almacenamiento para el almacenamiento del sustrato al menos parcialmente hidrogenado en el primer reactor químico,
- 5 - al menos un segundo reactor químico para la deshidrogenación al menos parcial del sustrato al menos parcialmente hidrogenado preparado en el primer reactor químico y el almacenado en el depósito de almacenamiento con liberación de hidrógeno y
- al menos una pila electroquímica para la oxidación del hidrógeno liberado en el segundo reactor químico con liberación de energía.

10 De este modo se acoplan o combinan entre sí los siguientes elementos funcionales para el suministro de energía a edificios aislados:

- generación de energía solar;
- 15 - generación de hidrógeno mediante electrolisis,
- acumulador de hidrógeno eficaz, seguro y económico para el almacenamiento a medio plazo sin pérdida;
- pila electroquímica para la reconversión del hidrógeno y
- empleo de la hidrogenación exotérmica y de la exotermia de la pila electroquímica para facilitar calor y corriente eléctrica en el hogar para aumentar el grado de eficacia.

20 Una generación de hidrógeno a baja presión en electrolizadores convencionales y la conversión inmediata del hidrógeno mediante hidrogenación de compuestos adecuados es una alternativa altamente interesante y relevante que evita las dificultades del almacenamiento de hidrógeno, pero al igual que antes permite el acoplamiento con la fotovoltaica. Mediante la conversión del hidrógeno y la transformación mediante una pila electroquímica de este modo se puede preparar un circuito de corriente cerrado.

25 Por tanto, la presente disposición posibilita asegurar el funcionamiento autónomo durante todo el año de un hogar y/o su capacidad de almacenamiento temporal de exceso de electricidad basándose en la infraestructura actualmente habitual, por ejemplo, mediante el uso de un depósito de aceite.

30 Mediante la presente disposición se transforma un sustrato de poca energía en su forma rica en energía en la que, por ejemplo, a partir de luz solar mediante fotovoltaica, pero también de otras fuentes de energía renovables adecuadas, se genera energía eléctrica que a su vez se usa para la generación de hidrógeno y oxígeno con escisión de agua. El hidrógeno formado entonces se emplea para la hidrogenación de la forma de poca energía del hidrocarburo usado hasta la forma rica en energía. Son sustratos de poca energía particularmente adecuados compuestos aromáticos policíclicos con un sistema de electrones π extendido que con la hidrogenación forman los respectivos compuestos policíclicos saturados. La hidrogenación es exotérmica y el calor producido durante la hidrogenación se puede emplear en un sistema calefactor, por ejemplo, en el hogar. En tiempos de falta de irradiación solar, la forma rica en energía del hidrocarburo se transforma de nuevo en la forma de poca energía con producción de hidrógeno que genera energía eléctrica y calor en una pila electroquímica.

35 La ventaja de la presente disposición y del procedimiento descrito a continuación radica en que un edificio aislado tal como, por ejemplo, un hogar privado mediante el uso de energía renovable tal como, por ejemplo, fotovoltaica pero también energía eólica se puede hacer funcionar de forma autárquica. En otras palabras, la demanda de energía y el suministro de energía se pueden cubrir de forma autárquica e independientemente de otras fuentes de energía y, por tanto, una red de corriente. Otra ventaja radica en que el factor esencial para la generación de energía hidrógeno a diferencia de los procedimientos y modelos conocidos hasta ahora no tiene que estar presente en grandes cantidades, sino que se puede almacenar en una sustancia química de forma segura y sin presión en una infraestructura existente de forma ilimitada en el tiempo.

40 En una forma de realización preferente, el al menos un electrolizador está unido con la al menos una pila electroquímica a través del primer reactor químico, el depósito de almacenamiento y el segundo reactor químico. De este modo, los componentes o constituyentes individuales de la presente disposición forman un sistema unido en sí para la generación y el almacenamiento de energía. Las celdas y los reactores individuales de la presente disposición están unidos con conducciones de unión adecuadas para el traspaso de hidrógeno así como de la forma de poca energía o rica en energía del hidrocarburo aromático. Las conducciones para el transporte de hidrógeno están producidas preferentemente de materiales estancos a gas y resistentes a presión.

45 Se prefiere que el al menos un sustrato de poca energía con un sistema π -conjugado extendido esté seleccionado de un grupo que contiene hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos heteroaromáticos policíclicos, polímeros orgánicos π -conjugados o una combinación de los mismos.

50 En una forma de realización, el al menos un sustrato de poca energía con un sistema π -conjugado extendido está seleccionado de un grupo que contiene hidrocarburos heteroaromáticos condensados con N, S u O como heteroátomo, estando presentes los heteroátomos de forma sustituida o no sustituida. A este respecto, los hidrocarburos heteroaromáticos condensados preferentemente son sistemas de anillo con C6 a C30,

preferentemente C8 a C20, en particular C12.

En otra forma de realización preferente, los heteroátomos de los hidrocarburos condensados están sustituidos con al menos un grupo alquilo, al menos un grupo arilo, al menos un grupo alqueno, al menos un grupo alquino, al menos un grupo cicloalquilo y/o al menos un grupo cicloalqueno, siendo ventajosas las sustituciones de los heteroátomos con alquilo C₁-C₃₀, preferentemente alquilo C₁-C₁₀, en particular con alquilo C₂-C₅ y pudiendo estar contenidos otros heteroátomos.

En una forma de realización particularmente preferente se usa como sustrato de poca energía de forma adecuada para el almacenamiento de hidrógeno *N*-etilcarbazol, *N*-*n*-propilcarbazol o *N*-*iso*-propilcarbazol.

El término "sustituido", usado con "alquilo", "alqueno", "arilo", etc., indica la sustitución de uno o varios átomos, por norma general átomos de H, por uno o varios de los siguientes sustituyentes, preferentemente por uno o dos de los siguientes sustituyentes: halógeno, hidroxilo, hidroxilo protegido, oxo, oxo protegido, cicloalquilo C₃-C₇, alquilo bicíclico, fenilo, naftilo, amino, amino protegido, amino monosustituido, amino monosustituido protegido, amino disustituido, guanidino, guanidino protegido, un anillo heterocíclico, un anillo heterocíclico sustituido, imidazolilo, indolilo, pirrolidinilo, alcoxi C₁-C₁₂, acilo C₁-C₁₂, aciloxi C₁-C₁₂, acrililo, nitro, carboxi, carboxi protegido, carbamoilo, ciano, metilsulfonilamino, tiol, alquiltio C₁-C₁₀ y alquilsulfonilo C₁-C₁₀. Los grupos alquilo, grupos arilo, grupos alqueno sustituidos pueden estar sustituidos una o varias veces y preferentemente 1 o 2 veces con sustituyentes iguales o diferentes.

El término "alquino", tal como se usa en el presente documento, indica un resto de fórmula R-C≡C-, en particular un "alquino C₂-C₆". Los ejemplos de alquinos C₂-C₆ incluyen: etinilo, propinilo, 2-butinilo, 2-pentinilo, 3-pentinilo, 2-hexinilo, 3-hexinilo, 4-hexinilo, vinilo así como di- y tri-inas de cadenas lineales y ramificadas de alquilo.

El término "arilo", tal como se usa en el presente documento, indica hidrocarburos aromáticos, por ejemplo fenilo, bencilo, naftilo o antrilo. Son grupos arilo sustituidos grupos arilo que, tal como se ha definido anteriormente, están sustituidos con uno o varios sustituyentes tal como se han definido anteriormente.

El término "cicloalquilo" comprende los grupos ciclopropilo, ciclobutilo, ciclopentilo, ciclohexilo y cicloheptilo.

El término "cicloalqueno" comprende los grupos ciclopentenilo, ciclohexenilo, cicloheptenilo y ciclooctenilo.

Es ventajoso que el sustrato de poca energía con un sistema π -conjugado extendido en el primer reactor químico se hidrogene al menos parcialmente a una temperatura entre 50 y 180 °C, preferentemente 80 y 150 °C y una presión entre 2 y 200 bar, preferentemente 10 a 100 bar en presencia de un catalizador de metal noble adecuado. Los catalizadores particularmente adecuados para la hidrogenación del sustrato de poca energía contienen el elemento rutenio.

En otra forma de realización se usa como pila electroquímica una pila electroquímica de membrana polimérica de electrolito de baja temperatura (PEM). Estas pilas electroquímicas se pueden usar no solo en su función en sí para la oxidación de hidrógeno, obteniéndose el oxígeno necesario para la oxidación de hidrógeno del aire, sino que se pueden hacer funcionar asimismo como electrolizador en una función inversa, obteniéndose el agua necesaria para la electrolisis únicamente de la humedad del aire. Pero en este caso también es posible que se recicle el agua necesaria de la pila electroquímica o se extraiga de un depósito. De este modo, el al menos un electrolizador se hace funcionar preferentemente como una pila electroquímica de membrana polimérica de electrolito de baja temperatura (PEM) que se hace funcionar a la inversa.

Asimismo es ventajoso que en el al menos un electrolizador esté dispuesto al menos un medio de almacenamiento de agua.

El depósito de almacenamiento que se emplea preferentemente para el almacenamiento temporal de la forma rica en energía y, dado el caso, de poca energía del hidrocarburo usado presenta la configuración y estructura de depósitos de aceite de calefacción convencionales que se emplean habitualmente.

La presente disposición posibilita la realización de un procedimiento para el suministro de energía a edificios aislados mediante el uso de la anterior disposición con las siguientes etapas:

- facilitar una corriente eléctrica, preferentemente una corriente continua, de al menos una fuente de energía renovable, en particular una instalación fotovoltaica o instalación de rueda de paletas,
- producir hidrógeno a partir de agua en al menos un electrolizador mediante el uso de la corriente eléctrica de la al menos una fuente de energía renovable y, dado el caso, empleo del calor producido a este respecto, por ejemplo para la preparación de agua caliente,
- traspasar el hidrógeno formado del al menos un electrolizador a un primer reactor químico que contiene al menos

un sustrato con un sistema π -conjugado extendido e hidrogenación al menos parcial del sustrato,

- traspasar el sustrato al menos parcialmente hidrogenado del primer reactor químico a al menos un depósito de almacenamiento y , dado el caso, almacenamiento del sustrato al menos parcialmente hidrogenado en el depósito de almacenamiento,
- traspasar el sustrato al menos parcialmente hidrogenado del depósito de almacenamiento a al menos un segundo reactor químico y deshidrogenación del sustrato al menos parcialmente hidrogenado en el segundo reactor químico con liberación de hidrógeno y
- traspasar el hidrógeno del segundo reactor químico a al menos una pila electroquímica y oxidación del hidrógeno y oxígeno presente en la pila electroquímica en agua con liberación simultánea de energía en forma de corriente eléctrica y calor.

En una forma de realización del presente procedimiento, el hidrógeno generado en el electrolizador se usa sin almacenamiento temporal para la hidrogenación al menos parcial del al menos un sustrato con un sistema π -conjugado extendido en el primer reactor químico. El hidrocarburo que se debe hidrogenar al menos parcialmente está presente preferentemente en forma líquida en el primer reactor químico. Sin embargo, también sería concebible usar hidrocarburos en un estado de agregación sólido.

Además es ventajoso que el calor producido en la hidrogenación al menos parcial del al menos un sustrato con un sistema π -conjugado extendido en el primer reactor químico se incluya en un sistema calefactor del equipo o edificio aislado. El sustrato al menos parcialmente hidrogenado con un sistema π -conjugado extendido en el segundo reactor en el segundo reactor químico se deshidrogena con aporte de calor. El calor necesario para la deshidrogenación procede preferentemente del sistema calefactor del edificio aislado, sin embargo, en caso necesario se puede suministrar de otra fuente externa tal como, por ejemplo, irradiación solar directa. A continuación, el sustrato deshidrogenado en el segundo reactor en el segundo reactor químico se devuelve desde el segundo reactor químico a través del depósito de almacenamiento al electrolizador. Por tanto, se produce un reciclaje completo de las sustancias usadas. Ya que no se consume el sustrato usado, se pueden pretender tiempos de uso muy largos o una cantidad grande de ciclos de reciclaje.

También es ventajoso que el agua formada durante la oxidación de hidrógeno en la pila electroquímica se traspase al electrolizador. Asimismo, es concebible que el agua formada en la pila electroquímica únicamente se recicle en parte.

El calor liberado en la pila electroquímica y en el primer reactor químico que hace la función de reactor de hidrogenación se introduce preferentemente en el sistema calefactor y la corriente eléctrica liberada en la red eléctrica del edificio aislado. Por tanto, con el presente procedimiento se garantiza un suministro de calor y corriente uniforme y constante incluso con condiciones externas variables, tales como diferente irradiación solar. Asimismo, es concebible ceder la energía generada, por ejemplo, la corriente eléctrica de al menos una fuente de energía renovable al exterior a redes de corriente externas para la estabilización de las redes de corriente. Además, puede ser lucrativo, en momentos en los que la electricidad es barata o incluso está cargada con precios negativos, recoger la misma adicionalmente a la al menos una fuente de energía renovable o en solitario en el sistema y ceder la misma al exterior en momentos en los que la electricidad es muy cara.

El oxígeno necesario para la oxidación de hidrógeno en la pila electroquímica preferentemente se suministra desde el exterior, es decir, fuera del edificio a la pila electroquímica en forma de aire u oxígeno puro. De este modo, no es necesaria la instalación de aparatos generadores de oxígeno. Sin embargo, también es concebible introducir el oxígeno formado durante la hidrólisis de agua en el electrolizador directamente en la pila electroquímica.

A continuación se explica con más detalle la invención con referencia a las figuras de los dibujos con varios ejemplos de realización. Muestran:

La Figura 1, una representación esquemática de una forma de realización de la disposición de acuerdo con la invención.

En la Figura 1 está representada esquemáticamente una forma de realización preferente de la disposición de acuerdo con la invención.

Como fuente de energía o instalación 1 generadora de energía se usa una instalación fotovoltaica preferentemente con varios paneles de celdas solares dispuestos sobre el tejado de un edificio. Estos paneles preferentemente deberían estar dispuestos de tal manera que esté garantizada la mayor obtención posible de la irradiación solar. La instalación fotovoltaica 1 posibilita asimismo la generación de corriente continua con la cual se puede producir hidrógeno sin riesgos.

La corriente continua producida se introduce en un electrolizador 2, por ejemplo un electrolizador PEM que está

realizado en forma de una pila electroquímica PEM que trabaja como celda de electrolisis a la inversa. Esta doble función de la pila electroquímica simplifica y abarata la instalación. Asimismo, es posible emplear en lugar de un electrolizador PEM una celda de electrolisis comercial y una pila electroquímica independiente.

- 5 La electrolisis se desarrolla de forma exotérmica y el calor producido durante la electrolisis se puede usar en un hogar privado inmediatamente, por ejemplo para el suministro de agua caliente. En este sentido no es decisivo el grado de eficacia de las celdas de electrolisis usadas.

- 10 El hidrógeno generado se emplea inmediatamente sin almacenamiento temporal para la hidrogenación de *N*-etilcarbazol o su pareja rica en energía parcialmente hidrogenada. Para esto, el contenido del depósito se bombea a través de un reactor químico 3 y se hidrogena parcialmente. Una hidrogenación completa es posible, pero no es necesaria.

- 15 Con la extracción de energía, el contenido (parcialmente) hidrogenado del depósito de almacenamiento 4 se conduce a través de un reactor de deshidrogenación 5 que trabaja de forma endotérmica y a este respecto se libera hidrógeno. El mismo se transforma en la pila electroquímica 6, por ejemplo una pila electroquímica PEM en electricidad, agua y calor. El agua está disponible, dado el caso, para la electrolisis, el calor sirve para el calentamiento del reactor de deshidrogenación y para el suministro de calor de hogar.

- 20 La Figura 1 muestra además una conexión de corriente externa 9, con la que es posible la alimentación de corriente externa. Además, la conexión externa 9 posibilita la retroalimentación del exceso de energía a la red de corriente.

Ejemplo de realización

- 25 La base la forma una casa de 120 m² que está construida según ENEV 2012 y que presenta una necesidad de calentamiento anual de 30 kWh/m² y una necesidad de agua caliente de 12,5, sumado 42,5 kWh/m².

- 30 Con un valor calorífico del hidrógeno en perhidro-*N*-etilcarbazol se da un volumen anual de 2400 litros = 5100 kWh/a de sustancia de poca energía, es decir, el tamaño de depósito actual de una calefacción a fuel. A esto se le añade una necesidad eléctrica de 4065 kWh, de tal manera que la necesidad de energía total es 9165 kWh/a.

Si se calcula 1 m² de panel solar con 100 W y un tiempo de carga plena de 1000 h, resultan 100 kWh/m² o para 9165 kWh 92 m² de panel solar para el suministro anual de energía.

- 35 De este modo se muestra que aproximadamente una casa unifamiliar con 92 m² de celdas solares y un depósito de almacenamiento de 2400 litros puede ser autárquica.

REIVINDICACIONES

1. Disposición para el suministro de energía a edificios que comprende:

- 5 - al menos una instalación generadora de energía (1) para facilitar una corriente eléctrica,
 - al menos un electrolizador (2) para la producción de hidrógeno a partir de agua mediante el uso de la corriente eléctrica de la instalación generadora de energía (1),
 - al menos una pila electroquímica (6) para la oxidación del hidrógeno liberado en el segundo reactor químico (4) con liberación de energía,

10

caracterizada por que

- está previsto al menos un primer reactor químico (3) para la hidrogenación al menos parcial de al menos un sustrato con un sistema π -conjugado extendido mediante el uso del hidrógeno formado en el electrolizador (2),
 15 - está previsto al menos un depósito de almacenamiento (4) para el almacenamiento del sustrato al menos parcialmente hidrogenado en el primer reactor químico (3),
 - está previsto al menos un segundo reactor químico (5) para la deshidrogenación al menos parcial del sustrato al menos parcialmente hidrogenado producido en el primer reactor químico (3) y almacenado en el depósito de almacenamiento (4) con liberación de hidrógeno,
 20 - está previsto un dispositivo de transferencia de calor para la transferencia del calor producido en el primer reactor químico (3), dado el caso, junto con el producido en la pila electroquímica (6), a un sistema calefactor (7) del edificio y/o para la transferencia del calor necesario para la deshidrogenación en el segundo reactor químico (5) del sistema calefactor (7) del edificio.

25 2. Disposición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** el al menos un sustrato con un sistema π -conjugado extendido está seleccionado de un grupo que contiene hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos heteroaromáticos policíclicos, polímeros orgánicos π -conjugados o una combinación de los mismos.

30 3. Disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el al menos un sustrato con un sistema π -conjugado extendido está seleccionado de un grupo que contiene hidrocarburos heteroaromáticos condensados con N, S u O como heteroátomo, estando presentes los heteroátomos de forma sustituida o no sustituida.

35 4. Disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** se usa *N*-etilcarbazol, *N*-*n*-propilcarbazol, *N*-*iso*-propilcarbazol como sustrato con un sistema π -conjugado extendido.

40 5. Disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el sustrato con un sistema π -conjugado extendido se hidrogena en presencia de un catalizador adecuado al menos parcialmente en el primer reactor químico (3) a una temperatura entre 50 y 180 °C y una presión entre 2 y 200 bar.

6. Disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la al menos una pila electroquímica (6) es una pila electroquímica de membrana polimérica de electrolito de baja temperatura (PEM).

45 7. Disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** en el al menos un electrolizador (2) está dispuesto al menos un medio acumulador de agua.

8. Procedimiento para el suministro de energía a un edificio mediante el uso de una disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores que comprende las etapas:

- 50 - facilitar una corriente eléctrica de al menos una fuente de energía renovable (1),
 - producir hidrógeno a partir de agua en al menos un electrolizador (2) mediante el uso de la corriente eléctrica de la al menos una fuente de energía renovable (1),
 - traspasar el hidrógeno formado del al menos un electrolizador (2) a un primer reactor químico (3) que contiene al menos un sustrato con un sistema π -conjugado extendido e hidrogenación al menos parcial del sustrato,
 55 - traspasar el sustrato al menos parcialmente hidrogenado del primer reactor químico (3) a al menos un depósito de almacenamiento (4) y, dado el caso, almacenamiento del sustrato al menos parcialmente hidrogenado en el depósito de almacenamiento (4),
 - traspasar el sustrato al menos parcialmente hidrogenado del depósito de almacenamiento (4) a al menos un segundo reactor químico (5) y deshidrogenación del sustrato al menos parcialmente hidrogenado en el segundo reactor químico (5) con liberación de hidrógeno,
 60 - traspasar el hidrógeno del segundo reactor químico (5) a al menos una pila electroquímica (6) y oxidación del hidrógeno y del oxígeno presente en la pila electroquímica hasta dar agua con liberación simultánea de energía en forma de corriente eléctrica y calor,
 65 - incluir el calor producido durante la hidrogenación al menos parcial del al menos un sustrato con un sistema

π -conjugado extendido en el primer reactor químico (3), dado el caso, junto con el calor liberado en la pila electroquímica (6) en el sistema calefactor (7) del edificio y/o uso del calor necesario para la deshidrogenación en el segundo reactor químico (5) del sistema calefactor (7) del edificio.

- 5 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** el hidrógeno generado en el electrolizador se usa sin almacenamiento temporal para la hidrogenación al menos parcial del al menos un sustrato con un sistema π -conjugado extendido en el primer reactor químico (3).
- 10 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 y 9, **caracterizado por que** el sustrato deshidrogenado en el segundo reactor químico (5) se devuelve desde el segundo reactor químico (5) a través del depósito de almacenamiento (4) al electrolizador (2).
- 15 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** el agua formada en la pila electroquímica (6) durante la oxidación de hidrógeno se traspasa al electrolizador (2).
- 20 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado por que** la corriente eléctrica liberada en la pila electroquímica (6) se introduce en la red eléctrica (8) del edificio o en una red de corriente externa (9).
- 25 13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado por que** el oxígeno necesario para la oxidación de hidrógeno en la pila electroquímica (6) se suministra desde el exterior a la pila electroquímica (6) en forma de aire.
14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado por que** en caso necesario se alimenta corriente eléctrica adicional de otra fuente de energía (9) a la red eléctrica (8) del edificio.
15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado por que** en caso necesario se retroalimenta corriente eléctrica adicional de la pila electroquímica (6) a la red eléctrica externa (8).

