

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 082**

51 Int. Cl.:

C25B 1/04 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

C07C 1/12 (2006.01)

C07C 29/151 (2006.01)

C07C 29/149 (2006.01)

C07C 53/02 (2006.01)

C10L 3/08 (2006.01)

H01M 8/06 (2006.01)

C10G 2/00 (2006.01)

H01M 8/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2012 E 12726588 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2751307**

54 Título: **Sistema de suministro de potencia, en particular para el sector de la tecnología de edificios**

30 Prioridad:

29.08.2011 DE 102011111383

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

04.12.2015

73 Titular/es:

**BUSSE, KARL-HERMANN (100.0%)
Karolinenweg 15
24105 Kiel, DE**

72 Inventor/es:

BUSSE, KARL-HERMANN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 553 082 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

Sistema de suministro de potencia, en particular para el sector de la tecnología de edificios

La invención se refiere a una instalación de suministro de energía descentralizado, autárquico, del sector de la tecnología de edificios.

- 5 Las instalaciones con una alimentación de energía eléctrica, al menos un electrolizador para la generación de hidrógeno y oxígeno, al menos un reactor químico para la conversión catalítica de dióxido de carbono y del hidrógeno generado a través de electrolisis en una composición química de alta densidad, que se puede almacenar a largo plazo, al menos un depósito para el almacenamiento de la composición química, así como con al menos un convertidor para la generación de corriente a partir de la composición química así como un procedimiento para el funcionamiento de una instalación correspondiente se conocen como instalaciones centrales grandes que, sin embargo, presentan el inconveniente de una emisión alta de CO₂ y de un rendimiento reducido.

10 El documento WO 2009/065577 A1 publica una instalación ligada a la red, por ejemplo una instalación concebida sin conexión de un consumidor para la generación de hidrocarburos, en la que a partir de energía regenerativa se genera según la tecnología electroquímica o térmica solar hidrógeno, que se sintetiza con CO₂ obtenido de la atmósfera para obtener hidrocarburos y a continuación se almacena. Aquí no se muestra una instalación de suministro de energía descentralizada autárquica de alto rendimiento para el sector de la tecnología de edificios. Los hidrocarburos producidos deben transportarse más bien de forma costosa hacia el consumidor respectivo.

15 También el documento WO 2011/061764 A1 publica una fabricación y un almacenamiento a escala industrial de combustibles, que son fabricados a través de energías renovables que aparecen de forma irregular, siendo utilizadas, además, materias primas renovables. También aquí los combustibles deben llevarse al consumidor final. No se indica una solución compleja para una instalación autárquica de suministro de energía.

20 El documento US 4.776.171 publica igualmente la generación a escala industrial de energías renovables. Aquí se utiliza tanto energía eólica como también energía solar para generar corriente, que se puede almacenar en baterías. Además, se genera vapor de agua para accionar generadores. En instalaciones desaladoras de agua del mar se obtiene agua, a partir de la cual se genera hidrógeno con la ayuda de la corriente. A continuación de una instalación de obtención de CO₂ se genera a partir del hidrógeno y del CO₂ metanol que puede ser procesado posteriormente de nuevo en motores de combustión interna para obtener corriente eléctrica. Tampoco aquí se sugiere ninguna instalación autárquica de suministro de energía de alto rendimiento para el empleo en la tecnología de edificios.

25 También el documento DE 10 2007 019 027 A1 publica solamente las etapas para generar energía eléctrica a partir de energía eólica, que se utiliza a continuación para la electrolisis de agua, en la que a partir de hidrógeno y carbono que se obtienen a partir de la electrolisis se genera en una síntesis amoníaco y metanol. También aquí solamente a partir de energía regenerativa se genera energía eléctrica, que o bien se almacena de acumuladores o sirve para la generación de hidrocarburos, debiendo transportarse los hidrocarburos de nuevo hacia los consumidores finales. Aquí tampoco se sugiere una instalación compacta de suministro de energía para la tecnología de edificios.

30 La invención tiene el cometido de crear una instalación de suministro de energía de alta eficiencia, descentralizada y en gran medida neutral para CO₂ así como autárquica para el sector de la tecnología de edificios así como un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de este tipo.

35 Para la solución del cometido se proponen las características de la reivindicación 1 así como de la reivindicación 6. Las configuraciones convenientes de la instalación de suministro de energía se deducen a partir de las reivindicaciones 2 a 5. En cuanto al procedimiento, el cometido se soluciona con la ayuda de las características de las reivindicaciones 7 a 14.

40 Por lo tanto, la invención se refiere a una instalación de suministro de energía de alta eficiencia, descentralizada y en gran medida neutral para CO₂ así como autárquica, en particular para el sector de la tecnología de edificios.

45 Ésta está constituida sobre todo por un suministro de energía eléctrica local asociado solamente a la instalación de suministro de energía, a la que está asociado un acumulador eléctrico de corta duración como acumulador intermedio, con al menos un electrolizador para la generación de hidrógeno y oxígeno, al menos un reactor químico para la conversión catalítica de dióxido de carbono y del hidrógeno generado a través de electrolisis en metano, metanol o ácido fórmico como composición química de alta densidad de energía (medio de almacenamiento), en la que está previsto un intercambiador de calor para la utilización de la energía exotérmica de proceso durante la producción de la composición química, al menos un depósito para el almacenamiento intermedio de dióxido de carbono y de la composición química, así como con al menos un convertidor, que genera calor y/o corriente a partir de la composición química, y con al menos un separador de gas, que a partir de los gases de escape del al menos un convertidor separa dióxido de carbono, estando conectado el al menos un separador de gas a través de un conducto con el depósito local, y en la que los consumidores de calor y de corriente de la tecnología de edificios

están acoplados con la instalación de suministro de energía.

5 El encarecimiento constante y la escasez así como las emisiones nocivas para el clima de portadores de energía fósil, como por ejemplo petróleo o gas natural requieren instalaciones de suministro de energía descentralizadas, en gran medida libres de emisiones, con un alto rendimiento, que permitan la utilización efectiva de energía generada localmente, por ejemplo de portadores de energía renovable, como viento, agua y sol para el consumo propio.

A tal fin es necesario el empleo de acumuladores de energía de corta duración y de larga duración para el almacenamiento intermedio.

De esta manera, debe compensarse el desajuste temporal entre la generación local de la energía renovable y el consumo actual, respectivamente (por ejemplo día/noche, verano/invierno).

10 Sin embargo, los acumuladores de energía en el momento actual se discuten presumiblemente para el empleo central a escala industrial.

Este estado de las cosas es muy sorprendente si se tienen en cuenta a continuación las ventajas representadas en forma de una enumeración, entre otras, de las ventajas de economía nacional y de economía industrial de un suministro descentralizado (local) de energía y de acumulación de energía.

15 La utilización se realiza de forma descentralizada. Se incluye la participación de los consumidores en el proceso de obtención de energía.

La problemática de la red se reduce claramente, puesto que no deben transportarse ya grandes cantidades de corriente en la medida como hasta ahora. Éstas se consumen en una medida predominante allí donde aparecen localmente.

20 El acumulador químico descentralizado soluciona el problema del volumen y las cantidades. La cantidad de almacenamiento de un gran número de acumuladores pequeños descentralizados es un múltiplo mayor que los acumuladores grandes centrales en menor número.

La producción y almacenamiento descentralizados de energía son más económicos para el consumidor en comparación con la generación y almacenamiento centrales.

25 La posibilidad de la utilización permanente de las energías alternativas, independientemente del consumo respectivo, conduce a un incremento considerable de la eficiencia.

30 A través de la tecnología de almacenamiento químico descentralizado de acuerdo con la invención con recuperación de gases de escape se posibilita por primera vez, independientemente del lugar de una fuente de CO₂, un suministro de larga duración, neutral para el medio ambiente, en gran medida libre de emisiones (ciclo neutral de CO₂ en un lugar) con energía con un alto rendimiento.

35 A través de un rendimiento general alto (aproximadamente 80 %), con una utilización simultánea posible de energía eléctrica y energía térmica, por ejemplo a través de acoplamiento de cogeneración (KWK), con el suministro de energía local, descentralizado a través de un medio de acumulación de energía química, como por ejemplo gas natural sintético, resulta frente a las aplicaciones a escala industrial (rendimiento total durante el suministro de gas natural sintético, en general, máximo en torno al 30 %) una ventaja competitiva económica considerable.

Otra ventaja competitiva posible reside en el potencial de la utilización de precios bajos y negativos de la corriente a partir de la red. De esta manera resulta una creación de valor adicional alto.

40 A través de la tecnología de almacenamiento químico descentralizado de acuerdo con la invención resulta, además, la posibilidad de soluciones aisladas autárquicas de energía, que pueden garantizar en todo el mundo el suministro de energía también en regiones remotas del Tercer Mundo.

Existe tanto la posibilidad de aplicar soluciones estacionarias como también soluciones móviles para aplicaciones descentralizadas, independientemente del lugar de una fuente de CO₂ existente y para mercados diferentes y grandes, como la tecnología de edificios.

45 El acumulador descentralizado soluciona el problema de los costes y el problema de tiempo de la técnica industrial central. De esta manera, los costes de desarrollo y de inversión del procedimiento de almacenamiento descentralizado son considerablemente menores, en comparación con los principios de solución central a escala industrial y al mismo tiempo la aplicación técnica es esencialmente más rápida y está unida con un riesgo económico considerablemente más reducido.

Los acumuladores de energía descentralizados materialmente más pequeños son más fáciles de emplear, además,

desde el punto de vista social que las soluciones a escala industrial.

Un resumen del empleo central a escala industrial de acumuladores de energía se encuentra en "U. Sauer: Optionen zur Speicherung elektrischer Energie in Energieversorgungssystemen mit regenerativer Stromerzeugung, RWTH Aachen, (<http://www.eurosolar.de/de/images/stories/pdf/Sauer Optionen Speicher regenerativ okt06.pdf>)".

5 Presumiblemente por razones de costes para la utilización como acumuladores de corta duración (la mayoría de las veces algunas horas) para energía eléctrica se ofrecen especialmente baterías también para el suministro descentralizado estacionario y móvil. En cambio, la acumulación de energía como consecuencia de la utilización de composiciones químicas como medios de almacenamiento es adecuada la mayoría de las veces esencialmente más económica para cantidades mayores de energía y para acumuladores de larga duración.

10 Una opción de almacenamiento químico discutida intensivamente en los últimos tiempos para aplicaciones a escala industrial (potencias de conexión eléctrica previstas, por ejemplo, para el electrolizador en la zona de megavatios) representa el metano accesible con la llamada reacción de Sabatier (designada también como SNG – gas natural sintético). Así, por ejemplo, se podría almacenar SNG en la red de gas natural. Los acumuladores subterráneos existentes, integrados en la red podrían recibir, además, en forma de gas natural sintético especialmente excesos de
15 energía grandes generados por la energía eólica y la energía solar, ver también WO 2010/115983 A1.

Las centrales de gas existentes para la generación de energía eléctrica variable están previstas en caso necesario para la retroalimentación.

20 Por lo tanto, en el caso general, el calor de pérdida que aparece al mismo tiempo durante el suministro como también el calor que aparece durante la metanización fuertemente exotérmica (reacción de Sabatier) no se pueden utilizar directamente en el lugar, lo que conduce a un rendimiento general reducido más de la mitad incluso en el caso de utilización de las llamadas centrales de gas-GuD modernas y a costes de generación esencialmente más elevados frente a una utilización descentralizada, en la que tanto la energía térmica como también la energía eléctrica se pueden utilizar en el sentido de un acoplamiento de transformación calorífica (KWK) (o también acoplamiento de cogeneración KWKK), por ejemplo como se describe a continuación para el sector de la tecnología
25 de edificios. De esta manera, también en el sentido de una conversión técnica esencialmente más rápida, económica y reducida en el riesgo económico para el sector de la tecnología de edificios en comparación con la escala industrial se puede acceder a una serie de componentes y de equipos secundarios probados en una serie y que ya han dado buen resultado en la práctica para la generación de energía térmica y de energía eléctrica, como, entre otras, centrales térmicas en bloques (micro-BHKWs), células de combustible.

30 La técnica descrita en el documento WO 2010/115983 A1 necesita para el suministro, además, una fuente de CO o ben de CO₂ de alto rendimiento, estacionaria, existente localmente (instalación de biogas, central de combustión, etc.), puesto que de lo contrario como consecuencia de la extracción de dióxido carbono desde el aire, por ejemplo por medio de lavadoras de amina costosas, el rendimiento general cae drásticamente a un nivel no rentable de << 30 %. Las instalaciones conocidas, conectadas a una fuente de CO₂ no son, por lo tanto, independientes del lugar.
35 El tipo de procedimiento mencionado anteriormente no es, además, durante todo el proceso, neutral de CO₂, puesto que también las centrales emisoras de CO₂ se emplean para el suministro con dióxido de carbono y la utilización energética se confía al consumidor final no equipado técnicamente para la recuperación de CO₂ y de esta manera no se puede realizar una recuperación amplia de CO₂ en el proceso.

40 En cambio, en la instalación de suministro de energía descentralizada de acuerdo con la invención está previsto recuperar la porción de CO₂ que se produce durante la generación de calor y de corriente en una medida predominante > 70 % por medio de filtración o bien separación. De este modo la instalación de suministro de energía de acuerdo con la energía no está ligada localmente a una fuente estacionaria de dióxido de carbono.

45 A tal fin, se ofrece la utilización de filtros de membrana semipermeables, dado el caso de varias fases, para la separación de CO₂ y también de óxidos metálicos para la formación de carbonato (absorción) con el CO₂ y/o la ligazón de dióxido de carbono en forma de bicarbonatos. El carbonato y/o el bicarbonato se pueden liberar de nuevo posteriormente CO₂ necesario a través de una etapa de activación térmica y/o química.

50 Por lo tanto, solamente como máximo el 30% de la porción de CO₂ necesaria es alimentada de nuevo al circuito de reacción desde el exterior. Esto se realiza con preferencia por medio de separación de CO₂ desde el aire, de nuevo con la ayuda de filtros e membrana, carbonatos, como por ejemplo CaCO₃ y/o bicarbonatos, como por ejemplo carbonato de sodio e hidrógeno y etapas de activación siguientes, para liberar de nuevo CO₂.

El CO₂ necesario puede proceder también, por ejemplo, de empresas agrícolas, cervecerías para asegurar la neutralidad de CO₂ desde procesos de fermentación correspondientes y biomasa.

55 Además, se ofrecen también fases de reforma separadas adicionales, por ejemplo por medio de reforma de vapor de agua y/o el empleo de células de combustible de alta temperatura (HT-BZ) con reforma integrada para la obtención de dióxido de carbono, por ejemplo a partir de gas natural y alcoholes, como metanol, También a través de la

adquisición de metano a partir de la red de gas natural y a través del repostaje del medio de almacenamiento químico respectivo, ver más adelante, como alcoholes, por ejemplo metanol, ácido de metano (ácido fórmico) se puede reconducir dióxido de carbono al circuito del proceso.

5 Otra vía es la separación física de CO₂ a través de refrigeración y presión directamente en forma líquida a partir de gases de escape pre-refrigerados por medio de intercambio de calor (la llamada separación criogénica de CO₂), enriquecidos también con dióxido de carbono, por ejemplo de centrales térmicas de bloques empleadas.

Puesto que solamente una porción de máx. 30 % de CO₂ debe reconducirse al proceso, se mantiene el rendimiento general en un orden de magnitud aceptable económicamente.

10 Una recuperación total del dióxido de carbono a partir del circuito del proceso, como se describe en el documento DE 10 2008 034 931 A1, es, en efecto, deseable, pero no se puede aplicar en virtud de que los ciclos del proceso no se pueden controlar totalmente (por ejemplo, las reacciones de combustión) actualmente y en un tiempo previsible por razones económicas y técnicas también en el sector de la tecnología de edificios.

15 "J. Kopyscinski y col, Chem. Eng. Sci., 66 (5) (2011) 924-934", han resumido en un Artículo de visión de conjunto el estado del conocimiento de los últimos 60 años con respecto a la generación de SNG utilizando carbón y biomasa seca. El estado de la técnica así como los principios teóricos y los trabajos en la Universidad Técnica de Graz se resumen en un Artículo de visión de conjunto de "T. Kienberger und J. Karl, 11. Symposium Energieinnovation, 10.-12.02.2010, Graz, Austria",

Como reacción de Sabatier se designa la conversión fuertemente exotérmica de CO o bien CO₂ en metano y agua de acuerdo con las Ecuaciones 1 y 2 siguientes:

20 Ecuación 1: $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ ($\Delta H_R = -165 \text{ kJ/mol}$ (298 K)),

Ecuación 2: $\text{CO} + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ($\Delta H_R = -206 \text{ kJ/mol}$ (298 K)).

En http://people.oregonstate.edu/~atwaterj/h2o_gen.htm se pueden encontrar datos termodinámicos.

25 La reacción se conoce desde hace casi ahora 110 años (1902 Sabatier) y se realiza con la ayuda de catalizadores heterogéneos. Sobre todo se emplean catalizadores de níquel, siendo más efectiva la utilización de rutenio sobre portadores de Al₂O₃ o TiO₂.

Son problemáticas la transformación calorífica fuertemente exotérmica de la reacción de Sabatier y la mala disipación de calor durante la utilización de un reactor de lecho sólido, ver entre otros "T. Kienberger, J. Karl, 11. Symposium Energieinnovation, 10.-12.02.2010, Graz, Austria".

30 Éste es un factor limitador esencial para la aplicación en el sector de la tecnología de edificios, puesto que aquí es necesario un reactor muy compacto y a pesar de todo debe conseguirse una conducción del proceso estable, reproducible con H₂ variable con alto rendimiento con costes bajos.

Así, por ejemplo, una refrigeración económica e intensiva en el reactor de lecho sólido es inaccesible. Además, la utilización de calor de pérdida exotérmico es técnicamente difícil.

35 Una dilución del gas de educto con gas inerte no es, por ejemplo, oportuna, puesto que, en general, no serían tolerables las pérdidas de energía debido a la alta cantidad de gas necesaria.

Por otra parte, los costes de fabricación de la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención deben mantenerse lo más bajos posible, para posibilitar también al presupuesto privado la adquisición de la técnica.

Los reactores de haces de tubos se pueden estimar, además, como problemáticos con respecto a la transformación calorífica.

40 En cambio, desde el punto de vista económico y técnico para la aplicación descentralizada en el sector de la tecnología de edificios es ventajosa la realización de un reactor compacto, dado el caso de varias fases, por decirlo así, también como reactor de pared micro estructurado.

45 El concepto de acuerdo con la invención que se emplea aquí se diferencia, por lo tanto, de otros conceptos de instalaciones también por que se aplica un reactor micro estructurado (fase de gas), que está en condiciones de absorber de manera eficiente el calor de reacción exotérmica considerable.

En este caso, se coloca el catalizador sobre chapas formadas de manera correspondiente, en su lado trasero circula un medio de refrigeración (aceite portador de calor).

Otra ventaja de las micro reacciones consiste en elevar económicamente, el caso necesario, la potencia del reactor

a través de la colocación en paralelo de los reactores (tipo de construcción modular).

Sobre la base de estos micro reactores es posible una conversión efectiva para instalaciones de suministro de energía descentralizadas pequeñas, ligadas con una utilización muy alta del calor de reacción que aparece durante el proceso y de esta manera conseguir también un alto rendimiento general de la energía regenerativa generada localmente.

5

Además, en la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención debe prescindirse en la mayor medida posible de la utilización de la reacción fuertemente exotérmica de acuerdo con la Ecuación 2, ver más arriba, es decir, gases que contienen CO (por ejemplo, gas de síntesis), que se emplean, en general, en la técnica a escala industrial y se puede supervisar constantemente el contenido de monóxido de carbono.

De esta manera, el monóxido de carbono es un gas asfixiante fuerte y, por lo tanto, no es deseable en la tecnología de edificios. Además, las concentraciones de monóxido de carbono de aproximadamente $> 10\text{ppm}$ pueden perjudicar fuertemente ya las células de combustible en su rendimiento.

10

En general, para la aplicación local descentralizada es totalmente suficiente una potencia de conexión eléctrica, por ejemplo del electrolizador previsto para la preparación del hidrógeno necesario para la hidrogenación de CO_2 en el intervalo de 1 a 500 kW.

15

Esta zona de potencia es suficiente para suministrar energía acumulada químicamente desde viviendas unifamiliares hasta instalaciones de viviendas mayores, edificios públicos, como hospitales, granjas, cervecerías, hoteles así como establecimientos industriales pequeños a medios también de manera totalmente autárquica sin conexión a un suministro externo, como la red de corriente o bien la red de gas natural.

La capacidad de almacenamiento del acumulador de energía química (depósito) está dimensionada, en general, con aproximadamente 5 a 35 % de la cantidad de energía necesaria anualmente, para mantener pequeños los costes implicados con ello. Este acumulador de energía se llena, por lo tanto, dado el caso, varias veces al año.

20

Además de la tecnología de edificios, la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención se ofrece también para el empleo estacionario para el suministro aislado o bien en regiones desabastecidas en cuanto a infraestructuras (por ejemplo, sin suministro de electricidad, suministro de gas y suministro de agua). Por ejemplo, una instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención podría suministrar de manera totalmente autónoma en combinación con biomasa como fuente de H_2 y CO_2 según la Ecuación 1, ver más arriba), por ejemplo también para la producción de carburante y combustible en forma de metano y/o metanol (ver también la ecuación 3 más abajo) y agua.

25

Además de la reacción de Sabatier se ofrecen, como ya se ha indicado, todavía otros procesos químicos y composiciones sobre la base de la hidrogenación de CO_2 , apoyados por medio de catalizadores heterogéneos y/u homogéneos, para realizar las reacciones necesarias a temperaturas y presiones moderadas, como medios de almacenamiento (acumuladores de larga duración) para la tecnología de edificios. A ellos pertenecen alcoholes, en particular, por ejemplo, metanol y ácido fórmico (ácido de metano).

30

Así pues para el llamado almacenamiento de hidrógeno sin presión se discuten actualmente diferentes composiciones orgánicas.

35

A ellas pertenecen, por ejemplo "hidruros" orgánicos como decalina o metilciclohexano y también metanol y ácido fórmico (ácido de metano).

Así, por ejemplo, el documento DE 10 2009 007 567 A1 publica una variante central, a escala industrial, del almacenamiento de energía a través del medio de almacenamiento metanol.

40

Para la producción de metanol, como también en el almacenamiento indicado anteriormente por medio de metano (ver WO 2010/115983 A1), se necesita una fuente de dióxido de carbono industrial externa y estacionaria, como por ejemplo centrales fósiles, líneas de producción química, para el suministro con dióxido de carbono, en oposición a la invención representada aquí.

El ácido fórmico liga aproximadamente 4,4 % en peso de H_2 y, además, es muy sencillo de manipular. De esta manera, un litro de ácido fórmico contiene aproximadamente 53 g de hidrógeno, en cambio el mismo volumen de hidrógeno puro a una presión de 350 bares solamente tiene aproximadamente 28 g. Con una combinación de hidrogenación de HO_2 y deshidrogenación de ácido fórmico se ofrece ácido fórmico, por lo tanto, como producto principal en un circuito de almacenamiento reversible.

45

La utilización de ácido fórmico como acumulador de hidrógeno líquido ofrece ventajas significativas frente a los sistemas convencionales de almacenamiento. Así, por ejemplo, el hidrógeno ya a presiones y temperaturas moderadas puede reaccionar catalíticamente (por ejemplo, a < 60 bares, $< 100^\circ\text{C}$) con CO_2 para obtener ácido

50

fórmico (ácido fórmico, HCOOH) y se puede liberar posteriormente de nuevo en condiciones suaves.

5 En oposición a los procesos de reforma, a tal fin no se necesitan temperaturas altas. Además, se realiza una generación selectiva de hidrógeno y dióxido de carbono a partir de ácido fórmico sin formación simultánea de monóxido de carbono nocivo. De esta manera, el hidrógeno se puede emplear directamente en una célula de combustible con alto rendimiento y se puede realizar técnicamente la recuperación del dióxido de carbono para la hidrólisis por medio de una separación de gas comparativamente sencilla, por ejemplo con membranas semipermeables, dado el caso de varias fases. En principio, es posible la generación de hidrógeno a partir de ácido fórmico catalíticamente ya a partir de una temperatura de 25 °C.

10 Con la ayuda del ácido fórmico, por decirlo así, como medio de almacenamiento sin presión se pueden combinar, por lo tanto, las ventajas de la tecnología de células de combustible de hidrógeno y oxígeno con las de combustibles líquidos.

Además, es ácido fórmico es no tóxico. De esta manera, el ácido fórmico diluido está autorizado por la US Food and Drug Administration como aditivo para productos alimenticios (US Code of Federal Regulations; 21 CFR 186.1316,21 CFR 172.515).

15 Además, éste se puede dosificar y almacenar fácilmente, y es compatible con infraestructura ya existente para portadores de energía líquidos. Por lo tanto, el ácido fórmico se ofrece también como composición química (medio de almacenamiento) para el almacenamiento de larga duración de energía eléctrica.

20 Sobre la base de una producción catalítica de metano, metanol, ácido fórmico y la descomposición catalítica de ácido fórmico es posible de esta manera la creación de una instalación de suministro de energía de alta eficiencia, descentralizada y autárquica así como en gran medida neutral para CO₂, independiente del lugar, en particular para el sector de la tecnología de edificios.

Las formas de realización ventajosas de la invención se representan en los tres dibujos siguientes. Aquí:

25 La figura 1 muestra una representación esquemática de la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención con los componentes y equipos esenciales en el caso de la utilización de metano como medio de almacenamiento para el almacenamiento de larga duración.

La figura 2 muestra una representación esquemática de la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención con los componentes y equipos esenciales en el caso de la utilización de metanol como medio de almacenamiento para el almacenamiento de larga duración, y

30 La figura 3 muestra una representación esquemática de la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención con los componentes y equipos esenciales en el caso de la utilización de ácido de metano (ácido fórmico) como medio de almacenamiento para el almacenamiento de larga duración.

35 La figura 1 muestra, representada esquemáticamente, una instalación de suministro de energía descentralizada, que es alimentada eléctricamente con preferencia de forma autárquica a través de un suministro de energía eléctrica local 1, por ejemplo de instalaciones de energía fotovoltaica, de energía hidráulica y de energía eólica. Opcionalmente, en el caso de que esté presente, la instalación de suministro de energía puede ser alimentada a través de una conexión de la red eléctrica 2 existente y/o una conexión de la red de gas natural 3.

40 Se ofrece una toma de corriente limitada, en general, en el tiempo, a partir de la red de corriente 2 o bien de gas natural desde la red de gas 3 especialmente cuando, en virtud de cantidades de oferta muy grandes localmente, por ejemplo en el caso de sobreproducción de energía generada (regenerativa), el precio de compra es un favorable y la energía eléctrica producida localmente la mayoría de las veces como producción propia del suministro de energía eléctrica 1 y/o metano como medio de almacenamiento no está disponible o solamente en una extensión reducida.

No está prevista una alimentación a la red local de corriente y de gas a través de la instalación de suministro de energía descentralizada de acuerdo con la invención.

45 Un acumulador eléctrico adicional de corta duración, que está constituido por baterías, como acumulador intermedio proporciona energía eléctrica de corta duración, en caso necesario, por ejemplo para el arranque de los sistemas, también para el caso de sobrecarga. Además, el acumulador eléctrico de corta duración 4 puede servir también para el almacenamiento de energía eléctrica excesiva desde el suministro de energía eléctrica 1 en la zona de la instalación de suministro de energía y para el suministro eléctrico adicional, por ejemplo del electrolizador 5, en el caso de generación demasiado reducida de energía local, por ejemplo a través de células solares, durante la noche.

50 Para el caso de que esté disponible energía eléctrica 1, 2 suficientemente excesiva, económica, generada a ser posible de forma regenerativa y local, se acciona de esta manera con preferencia un electrolizador 5, para la disociación de agua (H₂O) en hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂).

5 El agua necesaria para la hidrólisis se puede proporcionar a través de alimentaciones habituales para la técnica de edificios, por ejemplo a través de tuberías de agua públicas y también se puede obtener, al menos parcialmente, a partir de la metanización siguiente en el reactor 7 a través del separador 8 conectado a continuación. El agua generada de esta manera se puede utilizar, además, con un tratamiento posterior correspondiente para otros fines, por ejemplo para la necesidad de agua potable.

El hidrógeno (H_2) generado se alimenta en el caso de la generación de gas natural sintético (metanización) a uno o varios reactor(es) compactos 7 de una o varias fases, en los que se desarrolla, apoyada catalíticamente, la llamada reacción fuertemente exotérmica de Sabatier de acuerdo con la Ecuación 1, ver arriba.

10 Para la consecución de una alta estabilidad del proceso y de una distribución homogénea de la temperatura así como de un alto rendimiento, el reactor 7 está diseñado con preferencia para la metanización como reactor de pared de una o varias fases, también micro estructurado. El hidrógeno (H_2) generado con el electrolizador 5 se puede emplear y almacenar también directamente o adicionalmente al metano generado en un convertidor 9 para la generación de calor y corriente en células de combustible, en equipos de combustión, etc.

15 El dióxido de carbono (CO_2) necesario para la reacción de metanización en el reactor 7 se proporciona a partir de un depósito de dióxido de carbono 10. Este depósito de dióxido de carbono 10 se llena con preferencia con dióxido de carbono, que se obtiene con preferencia a partir de gases de escape de la combustión y a partir del aire por medio de filtros de membrana.

20 Como ya se ha indicado anteriormente, después de la metanización fuertemente exotérmica en el reactor 7, un separador 8 conectado a continuación separa los productos de reacción resultantes metano (CH_4) y agua (H_2O) (caliente). Esta agua caliente se conduce, como también el refrigerante (con preferencia agua) del reactor 7, a un intercambiador de calor 13 y de esta manera se acciona presumiblemente la calefacción de agua caliente 14.

25 Si está presente energía eléctrica suficiente en el distribuidor de energía eléctrica 15 en la zona de la instalación de suministro de energía, se puede accionar la calefacción de agua caliente 14 también adicionalmente o sola, como también otros equipos, por ejemplo una instalación de climatización 16 existente de manera alternativamente, dado el caso, en países cálidos, con preferencia sólo a través de energía eléctrica. La energía eléctrica presente en la zona de la instalación de suministro de energía según la figura 1 (válido también para la figura 2 y la figura 3) se emplea, además, para la realización de regulaciones y controles individuales, entre otros, de los sistemas del proceso, por ejemplo por medio de válvulas, servomotores (no se representan individualmente aquí).

30 También se ofrece accionar equipos de calefacción y de climatización en el marco, por ejemplo, de un llamado acoplamiento de cogeneración directamente con el metano generado (gas natural sintético) (no se representa aquí en el dibujo).

35 El gas natural sintético (metano, CH_4) separado a través del separador 8 es almacenado en un depósito 17, en el estado gaseoso o líquido. Este depósito 17 cumple el cometido de un almacenamiento intermedio (almacenamiento de larga duración) hasta la siguiente necesidad de energía solicitada. De acuerdo con el diseño del tamaño del depósito, también durante tiempo más prolongado, se puede compensar de esta manera la fluctuación, por ejemplo según la época del año (invierno/verano) de la oferta de energía local, por ejemplo a través de energía fotovoltaica, energía eólica y energía hidráulica. A partir del depósito 17 y también a través de otros depósitos intermedios no representados en la figura 1 se puede ceder medio de almacenamiento de energía producido excesivo, aquí metano, también a consumidores externos 18 (por ejemplo, en el caso de instalaciones de suministro de energía conectadas descentralizadas) para la utilización siguiente.

45 Para la generación de calor y de corriente en el convertidor 9, se ofrece, de acuerdo con la configuración necesaria, respectivamente, en el lugar, para la consecución de un rendimiento alto, el acoplamiento de cogeneración (KWK) o bien acoplamiento de cogeneración (KWKK), por ejemplo el empleo de las llamadas centrales térmicas de bloques (micro-BHKWs), y de calefacciones de gas, motores de gas, micro-turbinas, células de combustible de baja temperatura y de alta temperatura y los llamados quemadores catalíticos.

Un sistema de control y regulación 19 se ocupa finalmente de un funcionamiento económicamente óptimo de la instalación de suministro de energía descentralizada, adaptado a la oferta de energía respectiva en función del tiempo y al consumo (carga).

50 A través de una consulta y control remoto existente se pueden ajustar entre sí también varias instalaciones de suministro de energía descentralizadas, sincronizar y (virtualmente) se pueden interconectar para formar un acumulador de energía grande.

55 De esta manera es posible, por ejemplo, en el caso de una oferta de corriente económica, por ejemplo (regenerativa) demandar grandes cantidades en el mercado. Si se estima, por ejemplo, la capacidad media de almacenamiento de una instalación de suministro de energía de acuerdo con la inversión aproximadamente en 5 MWh (el), 1000 instalaciones de la tecnología de edificios pueden demandar hasta aproximadamente 5 GWh (el) varias veces al

año. Esto corresponde aproximadamente a la cantidad de almacenamiento de aproximadamente 5 centrales acumuladoras de bomba comparativamente grandes y caras.

5 A través de la comparación con la figura 1 se pueden reconocer diferentes modos de funcionamiento. En la figura 1 se representan, además, componentes y equipos secundarios necesarios. De acuerdo con las particularidades locales y el perfil de la demanda, éstos deben adaptarse de acuerdo con la necesidad de energía del operador respectivo de la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención.

10 Otro ejemplo de realización de la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención en el caso de utilización de alcoholes, aquí metanol, como primera composición química (medio de almacenamiento) para el almacenamiento de larga duración de energía se representa esquemáticamente en la figura 2 siguiente. El ejemplo de realización de la instalación de suministro de energía en la figura 2 solamente se diferencia en una medida insignificante con respecto al primer ejemplo de realización según la figura 1.

De esta manera, también apoyado catalíticamente, en general, a través de un catalizador heterogéneo, en al menos un reactor 20, se produce metanol a partir de dióxido de carbono e hidrógeno generado electrolíticamente con preferencia de acuerdo con la siguiente ecuación:

15 Ecuación 3 : $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ ($\Delta H_R = - 49,6 \text{ kJ/mol}$ (298 K)),

con transformación calorífica exotérmica. Un catalizador de alto rendimiento adecuado se describe, por ejemplo, en el documento DE 69808983 T2.

20 El metanol (CH_3OH) resultante se separa de manera similar a la metalización, ver la figura 1, en un separador 8 siguiente, desde el agua que aparece al mismo tiempo y se utiliza el calor de proceso y el calor de reacción por medio de un intercambiador de calor 13, para la calefacción de agua caliente 14.

A continuación se puede almacenar temporalmente el metanol en un depósito 17 hasta la aparición de una necesidad de energía. El metanol se puede utilizar entonces o bien como carburante y combustible para la generación de calor y de corriente en el convertidor 9 y/o después de la reforma se puede utilizar en forma de hidrógeno, por ejemplo para el empleo en células de combustible o bien quemadores catalíticos.

25 El dióxido de carbono que aparece durante la reforma del metanol se puede separar, por ejemplo, por medio de membranas semipermeables y se puede alimentar de nuevo al reactor 20 para la producción de metanol. Las pérdidas de dióxido de carbono producidas se pueden compensar también de una manera similar, como se ha descrito ya en el ejemplo de realización de la figura 1, a través de separación de aire a partir de carbonatos, bicarbonatos y/o a partir del suministro opcional de gas natural a través de reforma del gas natural.

30 También se puede sustituir la pérdida de dióxido de carbono (pérdida del circuito) de manera sencilla a través de repostaje, por ejemplo con preferencia de metanol neutral de CO_2 , obtenido a partir de biomasa y reforma siguiente, entre otras cosas, por medio de reactores tubulares y reactores de membrana para la separación de dióxido de carbono,

35 Otro ejemplo de realización de la instalación de suministro de energía de acuerdo con la invención en el caso de utilización de ácido fórmico (ácido de metano) como primera composición química (medio de almacenamiento) para el almacenamiento de larga duración de energía se representa de forma esquemática en la figura 3 siguiente.

40 En este ejemplo de realización, en comparación con las representaciones esquemáticas de la figura 1 y la figura 2, se utilizan con preferencia dos reactores químicos 21, 22 con diferentes cometidos. Así, por ejemplo, un reactor 21 sirve para la producción (hidrogenación del dióxido de carbono) de ácido fórmico a partir de dióxido de carbono e hidrógeno, en cambio se emplea otro reactor 22 en caso de necesidad de energía para la descomposición (deshidrogenación) del ácido fórmico en hidrógeno y dióxido de carbono después de la realización del almacenamiento intermedio del ácido fórmico en el depósito 17.

45 En este caso, por ejemplo, en comparación con un llamado concepto de un reactor, en el que el reactor 21 y el reactor 22 así como el depósito 17 están agrupados en un único reactor nuevo con un único catalizador y se controla la dirección de la reacción a través de la presión y la temperatura, los reactores se configuran más pequeños y más efectivos sincronizados entre sí con respecto a los volúmenes de producción. El almacenamiento del ácido fórmico se puede realizar entonces fuera de los reactores en un depósito 17 separado.

Otra ventaja esencial es el funcionamiento posible totalmente independiente de ambos reactores. Además, en este caso se pueden emplear también diferentes catalizadores.

50 La producción y descomposición del ácido fórmico se realiza con preferencia con la ayuda de catalizadores heterogéneos y/u homogéneos, por ejemplo a base de rutenio, plata, paladio y/o complejos de hierro, por ejemplo complejos de hierro(II), a presiones y temperaturas modeladas, para garantizar un rendimiento lo más alto posible.

Puesto que la mezcla de gas que aparece durante la deshidrogenación en el reactor 22 está constituida casi totalmente de hidrógeno y dióxido de carbono, ésta se puede separar de manera comparativamente sencilla, por ejemplo por medio de membranas semipermeables y el dióxido de carbono se puede retornar al reactor 21 en el circuito para otras hidrogenaciones.

5 El hidrógeno obtenido se puede utilizar para la generación de calor y de corriente en el convertidor 9. A tal fin se pueden emplear componentes y equipos secundarios similares, como en los ejemplos de realización de la figura 1 y la figura 2, por ejemplo células de combustible, equipos de combustión.

10 En el caso de un consumo muy alto de energía, también es posible, por ejemplo, combinar la generación de hidrógeno a través del reactor 22 con la producción de hidrógeno del electrolizador 5. Otros tipos de funcionamiento se pueden seleccionar y ajustar, además, respectivamente, después de la caída temporal de la energía eléctrica y del consumo de energía (carga) en función del tiempo.

15 En el lado del reactor 22 es posible, además, integrar una llamada célula de combustible de ácido fórmico (no representada en la figura 3) en la instalación de suministro de energía. También se pueden integrar otros reactores químicos en la instalación de suministro de energía, con los que es posible la producción de dos composiciones químicas, como por ejemplo carburantes y combustibles.

20 La conexión opcional de la red de gas natural 3 se puede utilizar, además, para el suministro energético de la instalación de suministro de energía. Esto se puede realizar, por ejemplo, a través de la mezcla de gas natural con hidrógeno o también a través de la utilización exclusiva de gas natural para la generación de calor y de corriente en el convertidor 9. Por ejemplo, los quemadores de gas pueden estar duplicados para las instalaciones de calefacción o pueden estar diseñados de manera correspondiente para el tipo de funcionamiento respectivo.

El gas natural se puede utilizar también como fuente para dióxido de carbono que se pierde en el circuito.

25 Así, por ejemplo, también en este ejemplo de realización se puede separar gas natural a través de un reformador 6 separado y/o con una o varias células de combustible de alta temperatura en CO₂ e hidrógeno, por ejemplo, por medio de un catalizador de níquel. El hidrógeno separado a partir de ello se puede utilizar entonces, por una parte, para la generación adicional de energía y/o, por otra parte, se puede emplear en común con el dióxido de carbono para la producción del ácido fórmico en el reactor 21.

Como en los otros ejemplos de realización descritos anteriormente, también se puede compensar la pérdida de dióxido de carbono través de simple repostaje de ácido fórmico.

30 En comparación con los otros ejemplos de realización de la figura 1 y la figura 2, en este ejemplo se suprime la utilización del calor de reacción, puesto que éste es sólo reducido.

Lista de signos de referencia

	1	Suministro de energía eléctrica
	2	Conexión de la red eléctrica
	3	Conexión de la red de gas natural
35	4	Acumulador eléctrico de corta duración
	5	Electrolizador
	6	Reformador
	7	Reactor
	8	Separador
40	9	Convertidor
	10	Depósito de dióxido de carbono
	11	Separador de gas
	12	Separador de gas
	13	Intercambiador de calor
45	14	Calefacción de agua caliente
	15	Distribuidor de energía eléctrica
	16	Instalación de climatización
	17	Depósito
	18	Consumidor externo
50	19	Sistema de regulación y de control
	20	Reactor
	21	Reactor
	22	Reactor

55

REIVINDICACIONES

- 1.- Instalación de suministro de energía descentralizada, autárquica para el sector de la tecnología de edificios, con un suministro de energía eléctrica (1) local asociado solamente a la instalación de suministro de energía, al que está asociado un acumulador eléctrico (4) de corta duración como acumulador intermedio, con al menos un electrolizador (5) para la generación de hidrógeno y oxígeno, al menos un reactor químico (7, 20, 21) para la conversión catalítica de dióxido de carbono y del hidrógeno generado a través de electrolisis en metano, metanol o ácido fórmico como composición química de alta densidad de energía que se puede almacenar, respectivamente, a largo plazo, en la que está previsto un intercambiador de calor (13) para la utilización de la energía exotérmica de proceso durante la metanización y durante la fabricación de metanol, al menos un depósito (10, 17) para el almacenamiento intermedio de dióxido de carbono y de la composición química, así como con un convertidor (9), que genera calor y/o corriente a partir de la composición química, y con al menos un separador de gas, que a partir de los gases de escape de al menos un convertidor (9) separa dióxido de carbono, estando conectado el al menos un separador de gas a través de un conducto con el depósito local (10), y en la que los consumidores de calor y de corriente de la tecnología de edificios están conectados con la instalación de suministro de energía.
- 2.- Instalación de suministro de energía de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que el suministro de energía eléctrica local (1) es una conexión a la red eléctrica (2) y/o paralelo al depósito (17) está conectada una conexión a la red de gas natural.
- 3.- Instalación de suministro de energía de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que al metano generado para el almacenamiento de larga duración se añade menos del 50 % en volumen de hidrógeno.
- 4.- Instalación de suministro de energía de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el reactor (7) para la metanización está diseñado como el llamado reactor de pared de una o más fases, también micro estructurado.
- 5.- Instalación de suministro de energía de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que como convertidor (9) para la generación de calor y/o corriente están previstos separadores (8, 11, 12) para la separación de gas, células de combustible de baja temperatura y/o de alta temperatura, también células de combustible de ácido fórmico, quemadores catalíticos, instalaciones para la calefacción por medio de gas y/o corriente eléctrica, bombas de calor, instalaciones para la generación de corriente, como motores de combustión interna, generadores, micro-turbinas así como instalaciones para el acoplamiento de cogeneración (BHKWs), instalaciones de refrigeración y de climatización individualmente o en combinación discrecional.
- 6.- Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de suministro de energía descentralizada, autárquica para el sector de la tecnología de edificios de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el dióxido de carbono necesario para la producción de metano, metanol o ácido fórmico, lo que representa, respectivamente, una composición química de alta densidad de energía que se puede almacenar a largo plazo, se separa a partir de los procesos de combustión y de descomposición de un convertidor (9) para la generación de calor y/o corriente, se recupera y se reutiliza, y la parte del dióxido de carbono, que falta en el circuito, se genera a través de separación del dióxido de carbono a partir del aire y/o a partir de procesos de combustión de metano, gas natural, metanol o ácido fórmico.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que la separación (11, 12) del CO₂ se realiza físicamente con filtros de membrana y/o en la combinación con impulsión de presión y una refrigeración de gas para la separación de gas.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, caracterizado por que la generación de calor y de corriente se realiza por medio de al menos una célula de combustible de alta temperatura (por ejemplo, SOFC, MCFC) o bien quemadores catalíticos, y el CO₂ necesario para la conversión química del hidrógeno se genera al mismo tiempo por medio de reforma a partir de la composición química.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado por que los gases de escape que aparecen durante la generación de calor o bien de corriente se utilizan, después de otra purificación previa, en los reactores (7, 20, 21), después de un almacenamiento intermedio, en su caso.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado por que el hidrógeno y el oxígeno generados a través del electrolizador (5) se utilizan para la generación de calor y/o de corriente solos o en forma de aditivos a la composición química.
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 10, caracterizado por que los catalizadores homogéneos y/o heterogéneos a base de metales del 6º a 12º grupo, en particular del 4º al 6º periodo inclusive, del sistema periódico y con preferencia rutenio, plata, paladio y hierro así como sus composiciones complejas sirven para la hidrogenación y deshidrogenación de ácido fórmico.

12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 11, caracterizado por que la potencia de conexión eléctrica del electrolizador (5) es de 1 a 500 kW.

5 13.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 12, caracterizado por que la capacidad de almacenamiento del depósito (17) es, en total, del 5 al 35 % de la necesidad de energía anual de la instalación de suministro de energía.

10 14.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 13, caracterizado por que se realizan una consulta a distancia y un control a distancia de al menos una instalación de suministro de energía a través de un sistema de control y regulación (19), de manera que una optimización y sintonización de capacidades de almacenamiento así como de capacidades locales y externas de generación de energía así como también la interconexión de varias instalaciones de suministro de energía en un acumulador grande (virtual) posibilitan una utilización mejorada económicamente.





