(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 466 926**

(51) Int. CI.:

***C02F 1/42*** (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2012 E 12000517 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2481713**

(54) Título: **Procedimiento para hacer funcionar una instalación de ablandamiento del agua e instalación de ablandamiento del agua para la realización del procedimiento**

(30) Prioridad:

**28.01.2011 DE 102011003326**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**11.06.2014**

(73) Titular/es:

**JUDO WASSERAUFBEREITUNG GMBH (100.0%)**
**Hohreuschstrasse 39-41**
**71364 Winnenden, DE**

(72) Inventor/es:

**DOPSLAFF, HARTMUT y**
**DOPSLAFF, CARSTEN H.**

(74) Agente/Representante:

**ISERN JARA, Nuria**

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

Procedimiento para hacer funcionar una instalación de ablandamiento del agua e instalación de ablandamiento del agua para la realización del procedimiento.

**Antecedentes de la invención**

La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una instalación de ablandamiento del agua con un dispositivo de ablandamiento que comprende un material de intercambio iónico, una unidad de combinación que puede regularse automáticamente para mezclar un flujo de agua combinada a partir de un primer subflujo ablandado $V(t)_{sub1blanda}$ y un segundo subflujo portador de agua no tratada $V(t)_{sub2notratada}$, un primer sensor de conductividad en la zona de agua no tratada, un segundo sensor de conductividad en la zona del agua ablandada y una unidad de control electrónica, produciéndose un control automático de la regeneración o señalización del agotamiento del material de intercambio iónico y/o un control automático de la unidad de combinación. La invención se refiere también a una instalación de ablandamiento del agua para la realización del procedimiento.

**Estado de la técnica**:

Para controlar la unidad de combinación, en el documento DE 10 2007 059 058 B3 se utiliza una dureza total II del agua no tratada, que se deriva de la conductividad medida del agua no tratada por medio de una curva característica de calibración (F2), así como los subflujos $V(t)_{sub1blanda}$ y $V(t)_{sub2notratada}$. No se determina la calidad del agua del subflujo ablandado $V(t)_{sub1blanda}$. Más bien se parte del hecho de que la dureza del agua del agua ablandada siempre asciende a 0ºdH. Desviaciones al respecto llevan a cambios en la dureza del agua combinada.

En el documento DE 10 2007 059 058 B3, el inicio de la operación de regeneración se produce mediante una dureza total I del agua no tratada, que se deriva de la conductividad medida del agua no tratada por medio de una curva característica de calibración (F1), mediante la cantidad de agua no tratada que ha fluido a través de la resina de intercambio iónico (es decir, la cantidad de agua blanda del subflujo integral $V(t)_{sub1blanda}$) y mediante una capacidad almacenada de la resina de intercambio iónico. En este caso tampoco se determina la calidad del agua blanda. En caso de que una regeneración anterior sea deficiente, por ejemplo debido a una concentración demasiado reducida o un tiempo de acción demasiado reducido de la disolución de agente de regeneración, entonces disminuye la capacidad real de la resina de intercambio iónico y el momento de inicio de la regeneración no es el correcto.

En el dispositivo dado a conocer en el documento EP 0 900 765 A2 están dispuestos sensores de conductividad en la zona de agua no tratada y de agua purificada así como en la carga de intercambiador iónico. El control de regeneración para el intercambiador iónico se basa en un grado de carga supervisado del intercambiador iónico, determinado a partir de la conductividad del intercambiador iónico, teniéndose en cuenta la conductividad del agua no tratada o alternativamente la conductividad del agua purificada como corrección. El control de combinación evalúa la dureza del agua no tratada y purificada. La determinación de la dureza del agua no tratada se produce observando un cambio del grado de carga del intercambiador iónico en correlación con el caudal de agua no tratada. La dureza del agua purificada se determina a partir del grado de carga del intercambiador iónico y de la dureza del agua no tratada. En este caso es desventajoso el gran número de electrodos necesarios, la construcción compleja y por tanto cara, así como posibles imprecisiones de medición debido a zonas no homogéneas en la carga de intercambiador iónico.

El documento DE 102009047254 (no publicado) describe una instalación de tratamiento de agua con un sensor de conductividad para determinar la conductividad L2 de agua tratada o parcialmente tratada. Se señaliza un agotamiento de los elementos de tratamiento de agua (y por tanto el inicio de una regeneración) cuando una desviación de la conductividad L2 con respecto a un valor teórico SW predeterminado supera un valor límite GW2. Esto es especialmente sencillo en caso de desalinización, porque la conductividad del agua tratada independientemente de la calidad del agua no tratada asciende (aproximadamente) a 0 $\mu$S/cm. Sin embargo, en el caso de un ablandamiento existe la dificultad de que la conductividad del agua tratada y por tanto el valor teórico SW depende de la calidad del agua no tratada. Esto se tiene en cuenta determinando la conductividad L1 del agua no tratada. Sin embargo, no se da a conocer en detalle cómo se deriva el valor teórico SW de la conductividad L1; en particular el factor FK, que describe el cambio de la conductividad del agua no tratada durante el ablandamiento, no se define en detalle. Asimismo tampoco se cuantifica el valor límite GW2 con precisión.

**Objetivo de la invención**

El objetivo de la presente invención es presentar un procedimiento económico para hacer funcionar una instalación de ablandamiento del agua, así como una instalación de ablandamiento del agua, siendo posible el ajuste de la dureza del agua combinada con gran precisión y aprovechándose la capacidad del material de intercambio iónico de manera óptima.

**Breve descripción de la invención**

Este objetivo se alcanza según la invención mediante un procedimiento según la reivindicación 1 o mediante una instalación de ablandamiento del agua según la reivindicación 8.

El procedimiento según la invención presenta las etapas siguientes:

- determinar la conductividad eléctrica $LF_{notratada}$ del agua no tratada por medio del primer sensor (11) de conductividad;
- determinar una dureza total $G_{LF,notratada}$ del agua no tratada a partir de la conductividad eléctrica $LF_{notratada}$ del agua no tratada con una primera curva característica de calibración ($K_{notratada}$) depositada en la unidad (18) de control electrónica,
- determinar la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada por medio del segundo sensor (12) de conductividad,
- determinar una dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua ablandada a partir de la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada con una segunda curva característica de calibración ($K_{blanda}$) depositada en la unidad (18) de control electrónica según

$$G_{LF,blanda} = G_{LF,notratada} - \frac{G_{LF,notratada}}{LF_{blanda,0} - LF_{notratada}} \cdot (LF_{blanda} - LF_{notratada}),$$

siendo $LF_{blanda,0}$ la conductividad en la zona del agua ablandada con un ablandamiento completo,

- controlar automáticamente la regeneración o señalizar automáticamente el agotamiento del material (5) de intercambio iónico y/o controlar automáticamente la unidad (9) de combinación en función de la dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua ablandada así determinada, ajustándose durante el control de la unidad de combinación los subflujos $V(t)_{sub1blanda}$, $V(t)_{sub2notratada}$ en función de las durezas totales $G_{LF,notratada}$, $G_{LF,blanda}$ del agua no tratada y del agua ablandada, de modo que la dureza del agua en el flujo de agua combinada $V(t)_{combinada}$ alcance un valor teórico (SW) predeterminado, aplicándose para la primera curva característica de calibración ($K_{notratada}$): $G_{LF,notratada} = LF_{notratada}/UFK$, y utilizándose un factor de conversión UFK de 35-44 $\mu$S/cm por ºdH, en particular 38-41 $\mu$S/cm por ºdH.

Durante el ablandamiento aumenta la conductividad del agua debido al intercambio de calcio o magnesio por en cada caso dos iones sodio. La conductividad alcanza su máximo $LF_{blanda,0}$, cuando se han intercambiado todos los componentes de dureza, es decir a 0ºdH.

Para los dos casos extremos del ablandamiento completo y del agotamiento completo del material de intercambio iónico se aplica:

Ablandamiento completo:

$LF_{blanda}$ es máxima, es decir $LF_{blanda} = LF_{blanda,0}$, y así:

$(LF_{blanda} - LF_{notratada}) = (LF_{blanda,0} - LF_{notratada})$, de lo que se deduce que $G_{LF,blanda} = G_{LF,notratada} - G_{LF,notratada} = 0$ºdH

Ningún ablandamiento (material de intercambio iónico completamente agotado):

$LF_{blanda}$ es mínima, es decir $LF_{blanda} = LF_{notratada}$, y por tanto:

$(LF_{blanda} - LF_{notratada}) = 0$, de lo que se deduce que $G_{LF,blanda} = G_{LF,notratada}$

El control de la regeneración o señalización del agotamiento según el procedimiento según la invención es más preciso en comparación con los procedimientos conocidos por el estado de la técnica, porque se tiene en cuenta que la dureza del agua blanda no siempre asciende a 0ºdH; por ejemplo en el caso de existir una dureza residual en la zona de agua blanda por fuga iónica en caso de faltas de homogeneidad en la resina de intercambio iónico, en el caso de un flujo volumétrico elevado o en el caso de un agotamiento incipiente de la resina.

Con el procedimiento según la invención es posible un mejor aprovechamiento de la capacidad del material de intercambio iónico, porque se detecta un agotamiento incipiente del material de intercambio iónico. El ajuste de la unidad de combinación puede adaptarse de manera correspondiente, de modo que se aumenta la relación de la cantidad del agua blanda con respecto a la cantidad del agua no tratada durante la combinación, cuando el agua blanda ya no se ablanda completamente.

Como material de intercambio iónico puede utilizarse o bien un ablandador que pueda regenerarse o bien un ablandador de un solo uso. En el caso de un ablandador que pueda regenerarse está previsto un recipiente de reserva para proporcionar una disolución de agente de regeneración para regenerar el material de intercambio iónico. Los ablandadores de un solo uso deben cambiarse tras su agotamiento.

Preferiblemente, para determinar la conductividad $LF_{blanda,0}$ del agua completamente ablandada se mide la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada tras una regeneración o tras un cambio del material de intercambio iónico en un momento en el que está a disposición toda la capacidad del material de intercambio iónico. Esta conductividad $LF_{blanda}$ medida se define como la conductividad $LF_{blanda,0}$ del agua completamente ablandada. La dureza total del agua ablandada asciende entonces (aproximadamente) a 0ºdH y la conductividad alcanza su máximo. Para evitar una fuga iónica de los componentes de dureza, ha de tenerse en cuenta el flujo nominal de la instalación de ablandamiento del agua. Toda la capacidad del material de intercambio iónico está disponible poco después de la regeneración o el cambio del material de intercambio iónico. El momento preciso en el que tras la regeneración está disponible toda la capacidad, depende del tipo de aparato, del tamaño y la geometría del material de intercambio iónico y de la velocidad de flujo.

Para el caso de que no se conozca el momento preciso en el que se alcanza toda la capacidad del material de intercambio iónico, para determinar la conductividad $LF_{blanda,0}$ del agua completamente ablandada en un periodo de tiempo predeterminado puede medirse una pluralidad de valores para la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada, almacenándose los valores en una memoria de la unidad de control electrónica, y como conductividad $LF_{blanda,0}$ del agua completamente ablandada se define el máximo de los valores almacenados. En este caso, la determinación de $LF_{blanda,0}$ es especialmente sencilla y precisa.

El procedimiento prevé que durante el control de la unidad de combinación se ajusten los subflujos ($V(t)_{sub2notratada}$, $V(t)_{sub1blanda}$) en función de las durezas totales $G_{LF,notratada}$, $G_{LF,blanda}$ del agua no tratada y del agua ablandada, de modo que la dureza del agua en el flujo de agua combinada $V(t)_{combinada}$ alcance un valor teórico (SW) predeterminado, aplicándose para la primera curva característica de calibración: $G_{LF,notratada} = LF_{notratada}/UFK$, y utilizándose un factor de conversión UFK de 35-44 μS/cm por ºdH, en particular 38-41 μS/cm por ºdH.

La dureza del agua no tratada $G_{LF,notratada}$ determinada a partir de la primera curva característica de calibración se obtiene a partir de un registro de datos de muchos análisis de agua como valor medio de todas las durezas de agua que aparecen con esta conductividad. Las dos durezas totales $G_{LF,notratada}$ y $G_{LF,blanda}$ pueden determinarse de manera sencilla y rápida. El ajuste de la dureza del agua combinada es especialmente preciso al tener en cuenta las dos durezas totales $G_{LF,notratada}$ y $G_{LF,blanda}$ durante el ajuste de los subflujos del agua no tratada y el agua blanda.

En una variante sencilla se deducen los porcentajes de los dos subflujos en el agua combinada durante el funcionamiento normal de la instalación de ablandamiento del agua mediante el ajuste del dispositivo de combinación. Para ello, los porcentajes de los subflujos que se obtienen con diferentes ajustes del dispositivo de combinación deben determinarse de antemano y depositarse en la unidad de control electrónica.

Se consigue un ajuste especialmente preciso de la dureza del agua combinada al valor teórico predeterminado mediante una variante especialmente preferida, en la que se produce una determinación directa o indirecta de los dos subflujos $V(t)_{sub1blanda}$ y $V(t)_{sub2notratada}$ por medio de al menos dos caudalímetros, y el control de la unidad de combinación se produce de tal manera que $SW\ (V(t)_{sub2notratada} + V(t)_{sub1blanda}) = G_{LF,blanda}\ V(t)_{sub1blanda} + G_{LF,notratada}\ V(t)_{sub2notratada}$. En esta variante se compensan fluctuaciones de los porcentajes de los subflujos en el agua combinada, que pueden producirse con un ajuste idéntico de la unidad de combinación debido a fluctuaciones de condiciones externas (por ejemplo la presión del agua no tratada alimentada o el tamaño del flujo de salida de agua combinada).

Preferiblemente se inicia la regeneración del material de intercambio iónico o se señaliza el agotamiento del material de intercambio iónico cuando la dureza total del agua ablandada $G_{LF,blanda}$ supera un valor límite. La dureza total del agua ablandada $G_{LF,blanda}$ se determina a partir de las conductividades $LF_{notratada}$ y $LF_{blanda}$ medidas con ayuda de la segunda curva característica de calibración. Si a pesar de tener en cuenta el flujo nominal de la instalación de ablandamiento del agua se supera el valor límite, entonces ya no tiene lugar ningún ablandamiento completo, y la resina de intercambio iónico debe regenerarse o cambiarse.

El valor límite para la dureza total del agua ablandada $G_{LF,blanda}$ se encuentra preferiblemente entre 0ºdH y 2ºdH. En función de las exigencias con respecto al agua ablandada es aceptable una dureza residual de desde 0ºdH hasta 2ºdH. La dureza del agua blanda, incluso en el caso de una resina de intercambio iónico completamente regenerada, puede ser mayor de 0ºdH. Esta fuga iónica de componentes de dureza se produce, por ejemplo, debido a faltas de homogeneidad en el intercambiador iónico o en el caso de flujos muy elevados, que superan el flujo nominal de la instalación de tratamiento de agua.

Una variante preferida del procedimiento según la invención prevé que se inicie la regeneración del material de intercambio iónico o se señalice el agotamiento del material de intercambio iónico cuando disminuya la conductividad $LF_{blanda}$ del agua ablandada con una conductividad $LF_{notratada}$ que permanece constante del agua no tratada. En el caso de agotamiento incipiente de la resina de intercambio iónico aumenta la concentración de iones

calcio y magnesio en el agua ablandada, mientras que la concentración de iones sodio disminuye de manera correspondiente. De este modo desciende la conductividad en el agua ablandada. La conductividad en el agua no tratada permanece constante en el caso de una composición inalterada.

Tal como se describió anteriormente, para la segunda curva característica de calibración se aplica

$$G_{LF,blanda} = G_{LF,notratada} - \frac{G_{LF,notratada}}{LF_{blanda,0} - LF_{notratada}} \bullet (LF_{blanda} - LF_{notratada})$$

Por tanto, si disminuye la conductividad $LF_{blanda}$ con una conductividad $LF_{notratada}$ que permanece constante, entonces se reduce la diferencia ($LF_{blanda}$ - $LF_{notratada}$) y aumenta $G_{LF,blanda}$. Por tanto, una disminución de la conductividad $LF_{blanda}$ del agua ablandada con una conductividad $LF_{notratada}$ que permanece constante del agua no tratada es un indicio de una dureza creciente $G_{LF,blanda}$ del agua blanda.

En la reivindicación 8 se define una instalación de ablandamiento del agua según la invención para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

En el caso de un material de intercambio iónico que pueda regenerarse, la instalación de ablandamiento del agua según la invención comprende adicionalmente un recipiente de reserva para proporcionar una disolución de agente de regeneración para regenerar el material de intercambio iónico.

Preferiblemente están previstos al menos dos caudalímetros para la determinación directa o indirecta de los dos subflujos $V(t)_{sub1blanda}$ y $V(t)_{sub2notratada}$.

A partir de la descripción y el dibujo se obtienen ventajas adicionales de la invención. Del mismo modo las características mencionadas anteriormente y explicadas más abajo pueden utilizarse individualmente o en conjunto en cualquier combinación. Las formas de realización mostradas y descritas no deben entenderse como enumeración excluyente sino que más bien tienen un carácter de ejemplo para la explicación de invención.

**Dibujo y descripción detallada de la invención**

Los dibujos muestran:

La figura 1, una representación esquemática de una instalación de ablandamiento del agua según la invención para la realización del procedimiento según la invención con en cada caso un sensor de conductividad en la zona de agua no tratada y en la zona del agua ablandada, y

La figura 2, una representación en diagrama de la dureza total en la zona del agua ablandada en función de la conductividad medida en la zona del agua ablandada para tres aguas no tratadas diferentes.

La figura 1 muestra una instalación 1 de ablandamiento del agua según la invención con un dispositivo 6 de ablandamiento que comprende un material 5 de intercambio iónico que puede regenerarse. Para la regeneración del material 5 de intercambio iónico está previsto un recipiente 8 de reserva con una disolución 7 de agente de regeneración, que puede suministrarse al material 5 de intercambio iónico por medio de un servomotor 16 a través de una válvula 15 controlable.

A través de una admisión 2 fluye agua bruta (agua no tratada) a la instalación 1 de ablandamiento del agua, por ejemplo desde la red de distribución de agua potable local. El agua no tratada se divide conduciéndose un subflujo que va a ablandarse $V(t)_{sub1blanda}$ a través del dispositivo 6 de ablandamiento y otro subflujo $V(t)_{sub2notratada}$ a través de un conducto 17 de derivación.

Una válvula 9 de combinación, que se activa mediante un servomotor 10, sirve para combinar agua no tratada y agua ablandada (agua blanda). El agua combinada así generada sale a través de una descarga 3 y puede suministrarse a un consumidor.

En el conducto 17 de derivación el agua no tratada pasa por la válvula 9 de combinación así como por un caudalímetro 14 para medir el subflujo de agua no tratada $V(t)_{sub2notratada}$. El ajuste de la válvula 9 de combinación determina los porcentajes de agua blanda y agua no tratada y por tanto la dureza total del agua combinada. Para el ablandamiento se conduce el agua no tratada a través del material 5 de intercambio iónico. El subflujo $V(t)_{sub1blanda}$ del agua así ablandada se mide por medio de un caudalímetro 13. Una unidad 18 de control electrónica recibe señales del caudalímetro 14 respecto al flujo volumétrico de agua no tratada $V(t)_{sub2notratada}$ así como del caudalímetro 13, que mide el flujo volumétrico de agua blanda $V(t)_{sub1blanda}$. Los caudalímetros 13, 14 detectan los flujos volumétricos momentáneos (presentes en el tiempo t) y con ayuda del dispositivo 18 de control electrónico suman el volumen de agua.

Por medio de un primer sensor 11 de conductividad se mide la conductividad eléctrica $LF_{notratada}$ momentánea del agua no tratada, transmitiéndose el resultado de medición a la unidad 18 de control electrónica. Con un segundo

sensor 12 de conductividad se determina la conductividad $LF_{blanda}$ momentánea del agua blanda y se transmite a la unidad 18 de control electrónica. En la forma de realización a modo de ejemplo mostrada en la figura 1, los sensores 11, 12 de conductividad para medir la conductividad del agua no tratada y del agua blanda, así como un caudalímetro 13, que mide la cantidad de agua ablandada (es decir $V(t)_{sub1blanda}$), están colocados en una cabeza 4 de control del dispositivo de ablandamiento. A este respecto, el primer sensor 11 de conductividad está dispuesto de modo que la medición de la conductividad se produce antes del ablandamiento. Alternativamente, el primer sensor 11 de conductividad puede estar dispuesto en el conducto 17 de derivación.

La conductividad $LF_{notratada}$ medida del agua no tratada se utiliza para determinar una dureza total $G_{LF,notratada}$ del agua no tratada. Esto se produce con ayuda de una primera curva característica de calibración $K_{notratada}$ depositada en la unidad de control.

A partir de la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada, según la invención se determina una dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua ablandada, concretamente utilizando una segunda curva característica de calibración $K_{blanda}$ depositada igualmente en la unidad de control.

El control de la válvula de combinación puede producirse según la invención en función de la dureza total $G_{LF,blanda}$ así determinada del agua ablandada. De este modo puede adaptarse la relación de mezcla de agua no tratada y agua blanda de modo que pueda garantizarse una dureza total constante deseada (valor teórico SW) del agua combinada, también cuando el agua blanda presenta una dureza total $G_{LF,blanda}$ no constante en el tiempo. Así, por ejemplo, en caso de que empiece un agotamiento del material 5 de intercambio iónico, mediante el aumento del porcentaje del agua blanda $V(t)_{sub1blanda}$, el agua combinada todavía puede mantenerse algún tiempo en el valor teórico SW. De este modo puede aprovecharse la capacidad restante del material 5 de intercambio iónico de manera óptima.

En función de la dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua blanda determinada según la invención también puede iniciarse la regeneración del material 5 de intercambio iónico, por ejemplo cuando se supera un valor límite GW fijado para la dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua blanda. Para ello, al alcanzarse el estado de agotamiento del material 5 de intercambio iónico, se activa la válvula 15 con ayuda del motor 16 de tal manera que puede fluir salmuera al dispositivo 6 de ablandamiento y se regenera el material 5 de intercambio iónico. El dispositivo 6 de intercambio iónico presenta preferiblemente dos depósitos llenos de material 5 de intercambio iónico, para posibilitar un funcionamiento pendular o en paralelo.

El control de la válvula de combinación y/o la regeneración del material de intercambio iónico se produce por medio de la unidad 18 de control. Los datos necesarios para el control, en particular el valor límite GW para la dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua blanda, el valor teórico SW para la dureza total del agua combinada, así como las dos curvas características $K_{notratada}$ y $K_{blanda}$ pueden introducirse a través de un dispositivo 20 de entrada en la unidad 18 de control y almacenarse en una memoria 19. La unidad 18 de control dispone de una pantalla (un dispositivo de visualización) 21, en la que pueden representarse los valores límite y/o resultados de medición válidos y/o ajustes de válvula y/o valores teóricos.

La figura 2 muestra cómo se comporta la dureza total $G_{LF,blanda}$ en la zona del agua ablandada en función de la conductividad $LF_{blanda}$ medida en la zona del agua ablandada para tres aguas no tratadas diferentes A, B, C. Puesto que las aguas no tratadas diferentes se distinguen por su contenido en iones no formadores de dureza y por tanto por su conductividad con un ablandamiento completo, diferentes aguas presentan diferentes valores para $LF_{blanda,0}$. Por tanto, para cada agua se obtiene un desarrollo distinto de la segunda curva característica $K_{blanda}$. La figura 2 muestra los desarrollos de la segunda curva característica $K_{blanda}$ para tres aguas no tratadas diferentes A, B, C.

El agua no tratada A tiene una conductividad $LF_{notratada}(A)$ determinada con el sensor 11 de conductividad de 700 µS/cm. La dureza total $G_{LF,notratada}(A)$ derivada a partir de la misma con la primera curva característica de calibración $K_{notratada}$ asciende a 18ºdH. Si el agua no tratada A se ablanda completamente, es decir, hasta 0ºdH, entonces aumenta la conductividad hasta un valor $LF_{blanda,0}(A)$ de 740 µS/cm. La causa es el intercambio de los iones calcio o magnesio por en cada caso dos iones sodio.

El valor $LF_{blanda,0}$ corresponde al valor máximo, determinado con el sensor 12 de conductividad para la conductividad del agua blanda, es decir, cuando se han intercambiado todos los iones calcio o magnesio por en cada caso dos iones sodio y la dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua ablandada asciende a 0ºdH.

$LF_{blanda,0}$ puede determinarse poco después de una regeneración, cuando está disponible toda la capacidad de la resina de intercambio iónico. A este respecto, para evitar una fuga iónica de componentes de dureza, ha de tenerse en cuenta que no se supere el flujo nominal de la instalación de ablandamiento del agua. Del mismo modo puede determinarse $LF_{blanda,0}$ almacenando todos los valores $LF_{blanda}$ medidos con el sensor 12 de conductividad en una memoria de la unidad de control electrónica, correspondiendo $LF_{blanda,0}$ al máximo de los valores almacenados.

Si ahora desciende la conductividad $LF_{blanda}$ medida en la zona del agua ablandada debido a la presencia de una dureza residual (fuga iónica de componentes de dureza debido a faltas de homogeneidad en la resina de intercambio iónico, flujos volumétricos por encima del flujo nominal o en el caso de un agotamiento incipiente de la resina de intercambio iónico), entonces la dureza residual puede determinarse como dureza total $G_{LF,blanda}$ con la

curva característica de calibración $K_{blanda}$.

**Ejemplo**: $LF_{blanda}$ = 735 µS/cm, de ello se deduce con la curva característica de calibración $K_{blanda}$ una dureza residual de

$$G_{LF,\,blanda} = 18°dH - 18°dH \cdot \{(735 - 700)/(740 - 700)\} = 2{,}25°dH.$$

$G_{LF,blanda}$ puede utilizarse según la invención para controlar la regeneración. Por ejemplo puede iniciarse una regeneración cuando $G_{LF,blanda}$ supera un valor de 2ºdH.

Del mismo puede utilizarse $G_{LF,blanda}$ junto con la dureza total del agua no tratada $G_{LF,notratada}$ para controlar la unidad de combinación. En el caso de durezas totales $G_{LF,blanda}$ y $G_{LF,notratada}$ conocidas, la dureza del agua combinada puede ajustarse exactamente a un valor teórico SW predeterminado.

Para las dos aguas no tratadas B y C se aplica lo mismo.

Agua no tratada B:

$LF_{notratada}(B)$ = 500 µS/cm, $G_{LF,notratada}(B)$ = 13ºdH

$LF_{blanda,0}(B)$ = 530 µS/cm

**Ejemplo 1**: $LF_{blanda}$ = 525 µS/cm, de ello se deduce que $G_{LF,blanda}$ = 2,16ºdH

**Ejemplo 2**: $LF_{blanda}$ = 520 µS/cm, de ello se deduce que $G_{LF,blanda}$ = 4,33ºdH

Agua no tratada C:

$LF_{notratada}(C)$ = 300 µS/cm, $G_{LF,notratada}(C)$ = 8ºdH

$LF_{blanda,0}(C)$ = 320 µS/cm

**Ejemplo 1**: $LF_{blanda}$ = 315 µS/cm, de ello se deduce que $G_{LF,blanda}$ = 2ºdH

**Ejemplo 2**: $LF_{blanda}$ = 310 µS/cm, de ello se deduce que $G_{LF,blanda}$ = 4ºdH

Mediante la utilización de la segunda curva característica según la invención para determinar la dureza total del agua ablandada, en el caso de un ablandamiento no óptimo del agua (dureza total del agua blanda > 0º) puede o bien adaptarse el ajuste de la válvula de combinación o bien cambiarse o regenerarse el material de intercambio iónico, de modo que se garantiza una dureza total constante del agua combinada.

**Lista de símbolos de referencia**

1: instalación de ablandamiento del agua

2: admisión

3: descarga

4: cabeza de control

5: material de intercambio iónico

6: dispositivo de ablandamiento

7: disolución de agente de regeneración

8: recipiente de reserva

9: válvula de combinación

10: servomotor para controlar la válvula de combinación

11: sensor de conductividad en la zona de agua no tratada

12: sensor de conductividad en la zona del agua ablandada

13: caudalímetro para determinar el subflujo $V(t)_{sub1blanda}$

14: caudalímetro para determinar el subflujo $V(t)_{sub2notratada}$

15: válvula para disolución de agente de regeneración

16: servomotor para controlar la válvula para disolución de agente de regeneración

17: conducto de derivación

18: unidad de control electrónica

19: memoria para $K_{notratada}$, $K_{blanda}$, $LF_{blanda,0}$, GW y SW

20: dispositivo de entrada

21: pantalla

$LF_{blanda}$: conductividad medida en la zona del agua ablandada

$LF_{notratada}$: conductividad medida en la zona del agua no tratada

$LF_{blanda,0}$: conductividad en la zona del agua ablandada con un ablandamiento completo

$K_{notratada}$: primera curva característica de calibración para determinar la dureza total del agua no tratada

$K_{blanda}$: segunda curva característica de calibración para determinar la dureza total del agua ablandada

$G_{LF,notratada}$: dureza total del agua no tratada, derivada a partir de la conductividad medida del agua no tratada con ayuda de la primera curva característica de calibración $K_{notratada}$

$G_{LF,blanda}$: dureza total en la zona del agua ablandada, derivada a partir de la conductividad medida en la zona del agua ablandada con ayuda de la segunda curva característica de calibración $K_{blanda}$

$V(t)_{sub1blanda}$: subflujo ablandado

$V(t)_{sub2notratada}$: subflujo portador de agua no tratada en el conducto de derivación.

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento para hacer funcionar una instalación de ablandamiento del agua con

un dispositivo (6) de ablandamiento que comprende un material (5) de intercambio iónico, una unidad (9) de combinación que puede regularse automáticamente para mezclar un flujo de agua combinada $V(t)_{combinada}$ a partir de un primer subflujo ablandado $V(t)_{sub1blanda}$ y un segundo subflujo portador de agua no tratada $V(t)_{sub2notratada}$,

un primer sensor (11) de conductividad en la zona de agua no tratada,

un segundo sensor (12) de conductividad en la zona del agua ablandada, y

una unidad (18) de control electrónica,

presentando el procedimiento las etapas siguientes:

- determinar la conductividad eléctrica $LF_{notratada}$ del agua no tratada por medio del primer sensor (11) de conductividad;
- determinar una dureza total $G_{LF,notratada}$ del agua no tratada a partir de la conductividad eléctrica $LF_{notratada}$ del agua no tratada con una primera curva característica de calibración ($K_{notratada}$) depositada en la unidad (18) de control electrónica,
- determinar la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada por medio del segundo sensor (12) de conductividad,
- determinar una dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua ablandada a partir de la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada con una segunda curva característica de calibración ($K_{blanda}$) depositada en la unidad (18) de control electrónica según

$$G_{LF,blanda} = G_{LF,notratada} - \frac{G_{LF,notratada}}{LF_{blanda,0} - LF_{notratada}} \cdot (LF_{blanda} - LF_{notratada}),$$

siendo $LF_{blanda,0}$ la conductividad en la zona del agua ablandada con un ablandamiento completo,

- controlar automáticamente la regeneración o señalizar automáticamente el agotamiento del material (5) de intercambio iónico y/o controlar automáticamente la unidad (9) de combinación en función de la dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua ablandada así determinada, ajustándose durante el control de la unidad de combinación los subflujos $V(t)_{sub1blanda}$, $V(t)_{sub2notratada}$ en función de las durezas totales $G_{LF,notratada}$, $G_{LF,blanda}$ del agua no tratada y del agua ablandada, de modo que la dureza del agua en el flujo de agua combinada $V(t)_{combinada}$ alcance un valor teórico (SW) predeterminado, aplicándose para la primera curva característica de calibración ($K_{notratada}$): $G_{LF,notratada} = LF_{notratada}/UFK$, y utilizándose un factor de conversión UFK de 35-44 $\mu$S/cm por ºdH, en particular 38-41 $\mu$S/cm por ºdH.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para determinar la conductividad $LF_{blanda,0}$ del agua completamente ablandada se mide la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada tras una regeneración o tras un cambio del material (5) de intercambio iónico en un momento en el que está a disposición toda la capacidad del material (5) de intercambio iónico, y porque esta conductividad $LF_{blanda}$ medida se define como conductividad $LF_{blanda,0}$ del agua completamente ablandada.

3.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para determinar la conductividad $LF_{blanda,0}$ del agua completamente ablandada en un periodo de tiempo predeterminado se mide una pluralidad de valores para la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada, almacenándose los valores en una memoria (19) de la unidad (18) de control electrónica, y definiéndose como conductividad $LF_{blanda,0}$ del agua completamente ablandada el máximo de los valores almacenados.

4.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque**,

se produce una determinación directa o indirecta de los dos subflujos $V(t)_{sub1blanda}$ y $V(t)_{sub2notratada}$ por medio de al menos dos caudalímetros (13, 14),

y **porque** el control de la unidad de combinación se produce de tal manera que

$$SW\,(V(t)_{sub2notratada} + V(t)_{sub1blanda}) = G_{LF,\,blanda}\,V(t)_{sub1blanda} + G_{LF,\,notratada}V(t)_{sub2notratada}$$

5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se inicia la regeneración del material (5) de intercambio iónico o se señaliza el agotamiento del material (5) de intercambio iónico cuando la dureza total del agua ablandada $G_{LF,blanda}$ supera un valor límite (GW).

6.- Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el valor límite (GW) se encuentra entre 0ºdH y 2ºdH.

7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se inicia la regeneración del material (5) de intercambio iónico o se señaliza el agotamiento del material (5) de intercambio iónico cuando disminuye la conductividad $LF_{blanda}$ del agua ablandada con una conductividad $LF_{notratada}$ que permanece constante del agua no tratada.

8.- Instalación de ablandamiento del agua para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende

un dispositivo de ablandamiento con un material de intercambio iónico, en particular una resina de intercambio iónico,

una unidad (9) de combinación que puede regularse automáticamente para mezclar un flujo de agua combinada $V(t)_{combinada}$ a partir de un primer subflujo ablandado $V(t)_{sub1blanda}$ y un segundo subflujo portador de agua no tratada $V(t)_{sub2notratada}$,

un primer sensor (11) de conductividad en la zona de agua no tratada para determinar la conductividad eléctrica $LF_{notratada}$ del agua no tratada,

un segundo sensor (12) de conductividad en la zona del agua ablandada para determinar la conductividad eléctrica $LF_{blanda}$ del agua ablandada, y

una unidad (18) de control electrónica con una memoria (19), en la que se almacena lo siguiente:

una primera curva característica ($K_{notratada}$) para determinar la dureza total $G_{LF,notratada}$ del agua no tratada a partir de la conductividad eléctrica $LF_{notratada}$ del agua no tratada, y

una segunda curva característica ($K_{blanda}$) según

$$G_{LF,blanda} = G_{LF,notratada} - \frac{G_{LF,notratada}}{LF_{blanda,0} - LF_{notratada}} \bullet (LF_{blanda} - LF_{notratada})$$

para determinar la dureza total $G_{LF,blanda}$ del agua ablandada, siendo $LF_{blanda,0}$ la conductividad en la zona del agua ablandada con un ablandamiento completo,

estando configurada la unidad de control para, en función de la dureza total $G_{LF,blanda}$ determinada del agua ablandada, controlar la válvula de combinación y/o iniciar la regeneración del material de intercambio iónico, y aplicándose para la primera curva característica de calibración ($K_{notratada}$): $G_{LF,notratada} = LF_{notratada}/UFK$, y utilizándose un factor de conversión UFK de 35-44 µS/cm por ºdH, en particular 38-41 µS/cm por ºdH.

9.- Instalación de ablandamiento del agua según la reivindicación 8, **caracterizada porque** están previstos al menos dos caudalímetros (13, 14) para la determinación directa o indirecta de los dos subflujos $V(t)_{sub1blanda}$ y $V(t)_{sub2notratada}$.

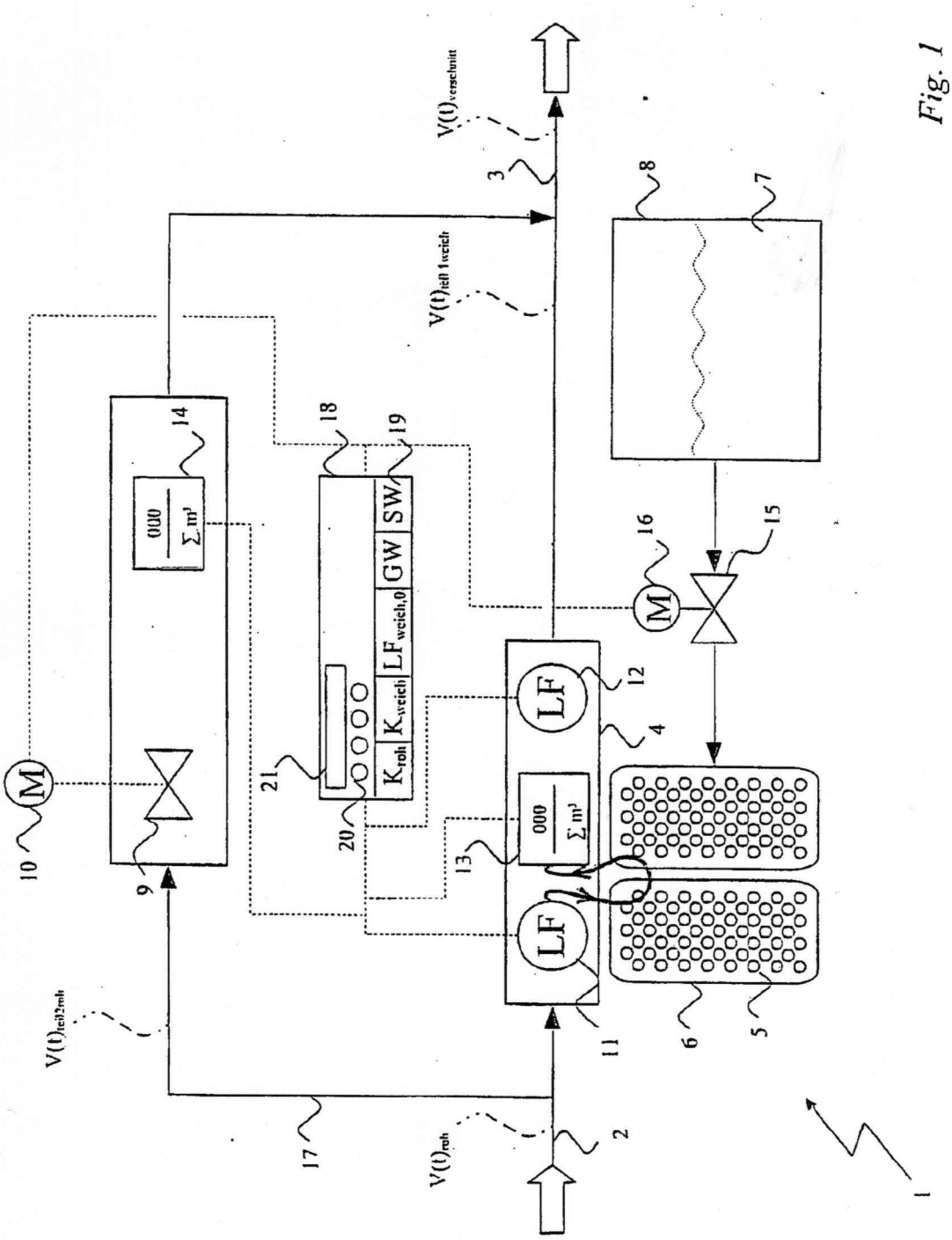
V(t)verschnitt
V(t)teil 1weich
V(t)teil2roh
V(t)roh
M
LF
000
Σ m³
K roh
K weich
LF weich,0
GW
SW
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

Fig. 1

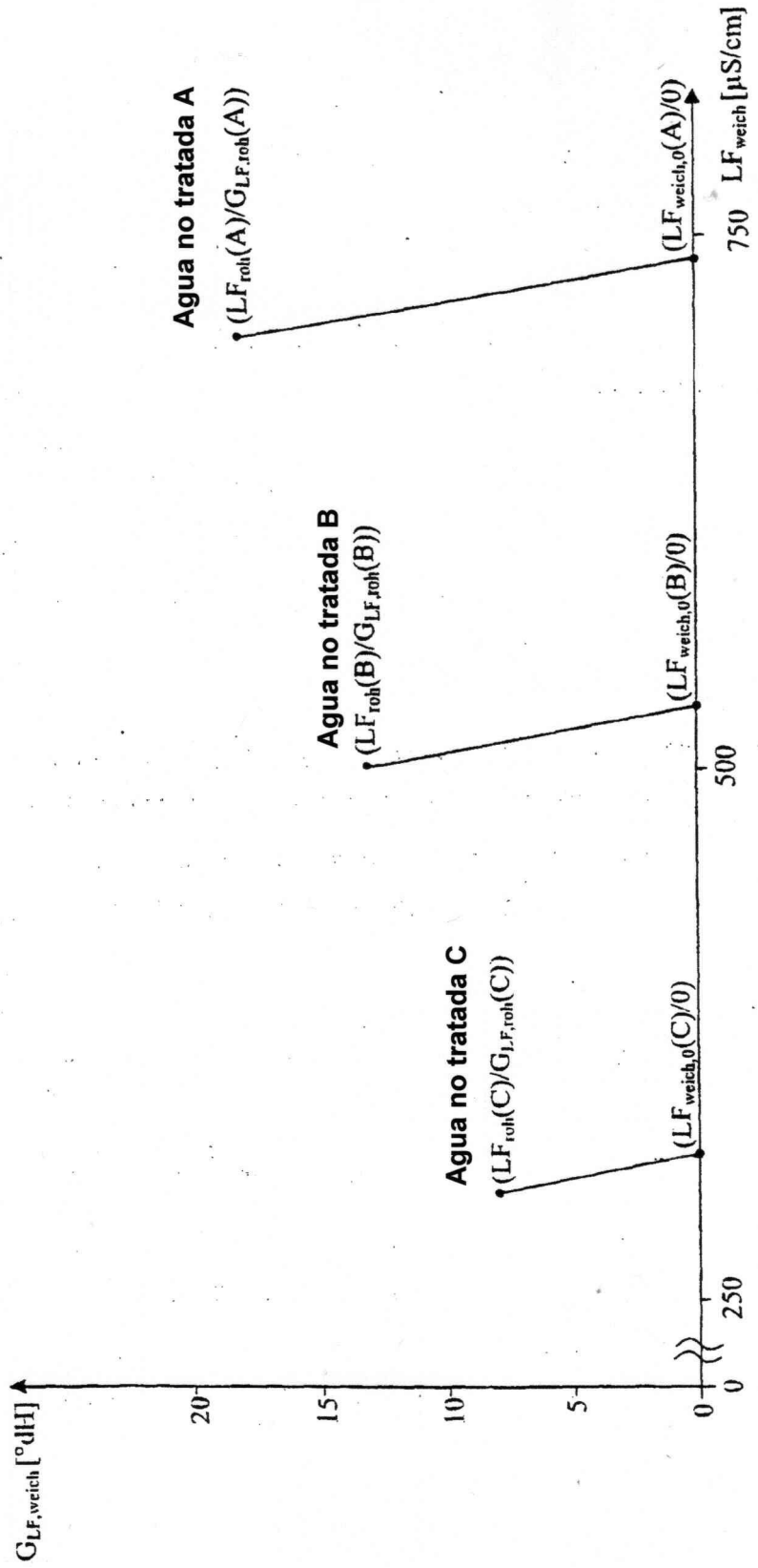
$G_{LF,weich}$ [°dH]
20
15
10
5
0
0
250
500
750
$LF_{weich}$ [µS/cm]
Agua no tratada A
$(LF_{roh}(A)/G_{LF,roh}(A))$
$(LF_{weich,0}(A)/0)$
Agua no tratada B
$(LF_{roh}(B)/G_{LF,roh}(B))$
$(LF_{weich,0}(B)/0)$
Agua no tratada C
$(LF_{roh}(C)/G_{LF,roh}(C))$
$(LF_{weich,0}(C)/0)$

Fig. 2