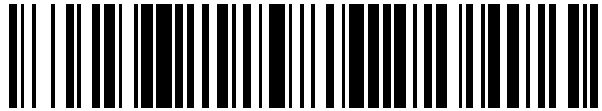


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 484 045**

51 Int. Cl.:

C02F 1/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2010 E 10796359 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014 EP 2512994**

54 Título: **Determinación de la dureza de agua no tratada en una instalación de tratamiento de agua a través de la conductividad del agua blanda o combinada**

30 Prioridad:

18.12.2009 DE 102009055007

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

08.08.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SÖCKNICK, RALF

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Nuria

ES 2 484 045 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

Determinación de la dureza de agua no tratada en una instalación de tratamiento de agua a través de la conductividad del agua blanda o combinada.

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una instalación de tratamiento de agua, con
- un dispositivo de ablandamiento, que comprende en particular una resina de intercambio iónico,
 - un sensor de conductividad,
 - una unidad de control electrónica, y
- 10 una unidad 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 $V(t)_{sub2notratada}$, en el que la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada o la conductividad $LF_{combinada}$ del agua combinada se determina experimentalmente.

Un procedimiento de este tipo se ha dado a conocer por el documento DE 10 2007 013 203 A1.

- 15 Se utiliza el ablandamiento de agua sobre todo allí donde a través de los sistemas de abastecimiento habituales (por ejemplo la red de agua potable) sólo está disponible agua relativamente dura, pero por motivos técnicos o por motivos de comodidad se desea un agua más blanda.

- 20 En el ablandamiento de agua se utilizan dispositivos de ablandamiento que funcionan en su mayor parte según el procedimiento de intercambio iónico. A este respecto, los formadores de dureza contenidos en el agua (iones de calcio y magnesio) se intercambian en una resina de intercambio iónico por iones de sodio. Al agotarse la resina de intercambio iónico, ésta debe regenerarse, por ejemplo mediante enjuague con una salmuera.

- 25 Por motivos técnicos o económicos, con frecuencia es necesario o deseable disponer no de un agua totalmente ablandada, sino de agua con una dureza del agua media, aunque estrictamente definida. Así, un agua totalmente ablandada puede llevar a problemas de corrosión, cuando ya no es posible la formación de una capa protectora en la instalación de tuberías aguas abajo. Además, con un ablandamiento total, la capacidad del ablandador se agota rápidamente y debe regenerarse antes de tiempo. Esto está relacionado con un alto consumo de sal y, por tanto, con elevados costes. Para realizar un ablandamiento parcial es necesario un dispositivo (unidad de combinación) para mezclar agua ablandada (también denominada agua pura o agua blanda) y agua no tratada. Por regla general se desea ajustar y controlar la dureza del agua en el agua combinada, que es la mezcla de agua ablandada y agua no tratada.

- 30 El documento DE 10 2007 059 058 B3 describe una instalación de ablandamiento de aguas, en la que la conductividad del agua no tratada se mide por medio de un sensor de conductividad. La dureza total del agua no tratada, que se emplea para controlar la regeneración o la unidad de combinación, se deriva mediante las curvas características de calibración F1 o F2 a partir de la conductividad del agua no tratada medida.

- 35 Los sensores de conductividad son económicos y sencillos de aplicar, pero presentan la desventaja de que como sondas de medición utilizan electrodos, que al utilizarse en agua dura pueden calcificarse. Mediante la formación de una capa de cal sobre las superficies de los electrodos puede producirse un funcionamiento incorrecto de los sensores de conductividad.

- 40 El documento DE 100 11 692 A1 describe un electrodoméstico, en particular un lavavajillas, en el que se conduce agua no tratada con una válvula de combinación en parte por un ablandador y en parte directamente a una entrada de un espacio de lavado. En la entrada está dispuesto un sensor de conductividad para la determinación de la dureza.

- 45 El documento DE 10 2007 013 203 A1 muestra un dispositivo para el acondicionamiento del agua, en el que en el lado de entrada y en el lado de salida están dispuestas sondas de conductancia para medir la calidad del agua no tratada y la calidad de un agua combinada. En función del grado de agotamiento se ajusta la proporción de combinación. Alternativamente la proporción de combinación también puede ajustarse directamente a una conductancia en la sonda del lado de salida.

- 50 El documento EP 1 002 495 A1 describe un procedimiento para el ablandamiento de agua y la determinación de un momento de regeneración en un lavavajillas controlado por programa. El agua no tratada y el agua blanda se mezclan en función de la dureza del agua no tratada y de la dureza del agua blanda; para ello pueden utilizarse sensores del grado de dureza. Cuando aumenta la dureza del agua blanda, se produce la regeneración.

Objetivo de la invención

El objetivo de la presente invención es hacer posible un control fiable económico y duradero de una instalación de tratamiento de agua, en particular de la regeneración y la combinación.

Breve descripción de la invención

5 Este objetivo se soluciona mediante un procedimiento del tipo mencionado al principio, que está caracterizado porque a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada o $LF_{\text{combinada}}$ del agua combinada, determinadas experimentalmente, se deriva la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada y/o la dureza total del agua no tratada,

10 en el que al derivar la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada y/o la dureza total del agua no tratada a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada o $LF_{\text{combinada}}$ del agua combinada, determinadas experimentalmente, se produce por medio de una o varias funciones una corrección de la diferente conductividad de un ión de calcio o magnesio por un lado y de dos iones de sodio por otro lado,

y porque la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada y/o la dureza total del agua no tratada derivadas se utilizan para ajustar la dureza del flujo de agua combinada $V(t)_{\text{combinada}}$ mediante un ajuste correspondiente de la proporción de mezclado de los dos subflujos $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y $V(t)_{\text{sub2no tratada}}$ a un valor teórico (SW) predefinido.

15 Según la presente invención, para la determinación de la dureza del agua no tratada, que normalmente se obtiene a su vez a través de la conductividad del agua no tratada, se utiliza un sensor de conductividad. Sin embargo, este sensor de conductividad no tiene que disponerse en la zona portadora de agua no tratada de la instalación de tratamiento de agua, sino que puede disponerse en la zona portadora de agua blanda o combinada de la instalación de tratamiento de agua. De este modo, el sensor de conductividad está protegido frente a la calcificación y el funcionamiento del sensor de conductividad económico está garantizado de manera duradera.

20 La conductividad detectada por un sensor de conductividad representa un parámetro de suma, que detecta los iones disueltos en el agua. La conductividad, en el caso de agua no ablandada (agua no tratada) es aproximadamente proporcional a la dureza del agua, es decir al contenido en iones de calcio y magnesio.

25 En el ablandamiento de agua se intercambian los formadores de dureza contenidos en el agua (iones de calcio y magnesio) en una resina de intercambio iónico por iones de sodio. A este respecto se sustituye un ión de calcio o magnesio por dos iones de sodio, y la conductividad en el agua ablandada cambia de manera correspondiente.

30 El agua ablandada (agua blanda) está libre de iones de calcio y magnesio. Aún así, la conductividad medida en el agua ablandada se comporta de manera proporcional al contenido en formadores de dureza en el agua no tratada original. En el agua ablandada sólo se han intercambiado los formadores de dureza estequiométricamente por iones de sodio; sin embargo, la composición y concentración de los iones restantes queda invariable. Por tanto, a partir de la conductividad medida del agua ablandada puede deducirse la conductividad del agua no tratada y así la dureza del agua no tratada. La presente invención se aprovecha de esto.

35 Para ello, en el marco de la invención, a partir del valor medido de la conductividad en el agua ablandada por medio de una función adecuada o varias funciones adecuadas (a menudo depositadas en el control como curvas características) se deriva la conductividad del agua no tratada y/o la dureza total del agua no tratada. La función o las funciones corrigen la diferente conductividad de un ión de calcio o magnesio por un lado y de dos iones de sodio por otro lado. Cuando se determina experimentalmente la conductividad en el agua combinada en lugar de en el agua completamente ablandada, tiene que ponderarse la corrección de manera correspondiente a los porcentajes de los dos subflujos $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y $V(t)_{\text{sub2no tratada}}$.

40 Se indica que, según la invención, la derivación de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada y de la dureza total del agua no tratada se produce normalmente sin una determinación anterior de la dureza del agua combinada. La dureza del agua combinada puede calcularse mediante la dureza del agua no tratada derivada y los porcentajes relativos de los subflujos.

45 Mediante la determinación experimental de la conductividad en el agua ablandada o parcialmente ablandada es posible mantener las superficies de los electrodos de medición libres de cal de manera duradera. Así, los sensores de conductividad no requieren mantenimiento y proporcionan siempre valores de medición correctos.

Variantes preferidas de la invención***Variantes con determinación de la conductividad del agua blanda***

50 En el marco de la invención, el sensor de conductividad puede disponerse en la zona de agua blanda. En este caso, para la determinación de las propiedades del agua no tratada como la conductividad del agua no tratada o la dureza del agua no tratada no tiene que realizarse una ponderación según los subflujos; el procedimiento es entonces especialmente sencillo. Para la determinación de la dureza del agua no tratada, puede derivarse inicialmente la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada, y a continuación puede convertirse la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada con funciones de calibración conocidas en una

dureza del agua no tratada. Alternativamente también es posible determinar la dureza del agua no tratada directamente a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada.

En una variante ventajosa del procedimiento según la invención, a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada determinada experimentalmente, se deriva por medio de una función de conversión UF la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada, con $LF_{\text{no tratada}} = UF(LF_{\text{blanda}})$. La función de conversión puede estar depositada por ejemplo como curva característica, función polinómica o como tabla de valores en la unidad de control electrónica. A partir de la conductividad del agua no tratada puede determinarse fácilmente por medio de funciones de calibración conocidas la dureza total en el agua no tratada; la aplicación de diferentes funciones de calibración para diferentes aspectos de control es posible de manera sencilla.

Se prefiere especialmente un perfeccionamiento de esta variante, según el cual la función de conversión UF se selecciona como un factor de conversión constante UFK, con $LF_{\text{no tratada}} = UFK \cdot LF_{\text{blanda}}$, donde $0,90 \leq UFK \leq 0,99$, y preferiblemente $0,93 \leq UFK \leq 0,97$. En el ablandamiento, es decir en el cambio estequiométrico de los formadores de dureza iones de calcio y magnesio por iones de sodio, aumenta ligeramente la conductividad. El análisis de diferentes aguas ha demostrado que el aumento porcentual de la conductividad debido al ablandamiento, independientemente de la calidad del agua, asciende de manera casi constante al 5%, de manera correspondiente a un UFK de aproximadamente 0,95, lo que representa un valor preferido. Con este perfeccionamiento pueden simplificarse considerablemente las operaciones de cálculo para la determinación de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada.

Según otro perfeccionamiento de la variante anterior está previsto derivar una dureza total I del agua no tratada, que se utiliza para controlar una operación de regeneración del dispositivo de ablandamiento, por medio de una primera función de calibración K1 a partir de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada derivada, y derivar una dureza total II del agua no tratada, que se utiliza para controlar la unidad de combinación, por medio de una segunda función de calibración K2 a partir de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada derivada.

Las dos funciones de calibración K1 y K2 tienen en cuenta que la conductividad detectada representa un parámetro de suma, que detecta todos los iones disueltos en el agua, y que la conductividad sólo es aproximadamente proporcional a la dureza del agua, es decir al contenido en iones de calcio y magnesio.

La primera función de calibración K1 (generalmente depositada en la unidad de control como curva de calibración o curva característica de calibración) está definida preferiblemente de tal manera que la dureza del agua determinada a partir de la misma corresponde, al menos con una buena aproximación, a la dureza del agua máxima que aparece con esta conductividad. De este modo se evita que una operación de regeneración se inicie demasiado tarde, de modo que se evita de manera fiable una aparición de dureza. La primera función de calibración K1 utiliza normalmente una calibración de 28-35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por $^{\circ}\text{dH}$, en particular 30-33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por $^{\circ}\text{dH}$ (con $^{\circ}\text{dH}$: grados alemanes de dureza).

La dureza del agua determinada a partir de la segunda función de calibración K2 (también generalmente depositada en la unidad de control como curva de calibración o curva característica de calibración) se obtiene preferiblemente como valor medio de todas las durezas del agua que se producen con esta conductividad. Con esta segunda función de calibración es posible obtener una mayor coincidencia entre la dureza del agua no tratada determinada a partir de la conductividad y la dureza del agua real en el agua no tratada. Así, el ajuste o control de la dureza del agua en el agua combinada también se hace más preciso. La segunda función de calibración K2 utiliza normalmente una calibración de 35-44 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por $^{\circ}\text{dH}$, en particular 38-41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por $^{\circ}\text{dH}$.

Mediante el uso de las dos funciones de calibración se garantiza una combinación precisa, evitándose al mismo tiempo de manera fiable apariciones de dureza.

K1 y K2 son preferiblemente diferentes, siendo en particular la dureza total I derivada a partir de la primera función de calibración K1 al menos por segmentos mayor que la dureza total II derivada a partir de la segunda función de calibración K2. La dureza del agua no tratada, que se utiliza para el control de la operación de regeneración y de la unidad de combinación, puede determinarse a partir de la conductividad medida sólo de manera aproximada. Para la operación de regeneración y la unidad de combinación se aplican diferentes requisitos, que están establecidos en las normas DIN EN 14743 y DIN 19636-100. Mediante el uso de diferentes funciones de calibración se obtienen dos valores aproximados para la dureza total del agua no tratada. Con uno de los valores aproximados puede controlarse la operación de regeneración de tal manera que se evita una aparición de dureza y al mismo tiempo se respeta la capacidad de intercambio mínima predefinida en la norma DIN EN 14763 de 4 mol (400 g CaCO_3) por kilo de sal de regeneración empleada, mientras que el segundo valor aproximado controla la unidad de combinación con tal precisión que se cumplen los límites de tolerancia establecidos en la norma DIN 19636-100 para el agua combinada.

También es ventajosa una variante del procedimiento según la invención, que está caracterizada porque se deriva una dureza total I del agua no tratada, que se utiliza para controlar una operación de regeneración del dispositivo de ablandamiento, directamente por medio de una primera función de calibración total GK1 a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada determinada experimentalmente, y porque se deriva una dureza total II del agua no

5 tratada, que se utiliza para controlar la unidad de combinación, directamente por medio de una segunda función de calibración total GK2 a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada determinada experimentalmente. De manera similar a como se describió anteriormente, mediante el uso de las dos funciones de calibración total GK1 y GK2 puede garantizarse una combinación precisa, pudiendo evitarse al mismo tiempo de manera fiable apariciones de dureza. La determinación directa de la dureza del agua no tratada (sin una determinación entre tanto de la conductividad del agua no tratada) es especialmente rápida. Una función de calibración total puede corresponder en particular a una combinación de función de conversión y función de calibración, o también asignar valores determinados directamente de manera empírica. GK1 y GK2 son preferiblemente diferentes, en particular siendo la dureza total I derivada a partir de la primera función de calibración total GK1 al menos por segmentos mayor que la dureza total II derivada a partir de la segunda función de calibración total GK2.

Variantes con determinación de la conductividad del agua combinada

15 En el marco de la invención puede determinarse la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada también a partir de la conductividad $LF_{combinada}$ del agua combinada, por regla general teniendo en cuenta la proporción de los subflujos $V(t)_{sub1blanda}$ y $V(t)_{sub2notratada}$. En este caso puede producirse una verdadera conversión de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada contenida en el agua combinada con una ponderación según los subflujos. Alternativamente, para la determinación de la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada también puede aplicarse, de manera simplificada, un multiplicador a la conductividad $LF_{combinada}$ del agua combinada, que depende de los subflujos y aumenta a medida que aumenta el porcentaje de agua no tratada; normalmente el multiplicador con un porcentaje de agua no tratada del 0% asciende a aproximadamente 0,95 (u otro valor correspondiente a las proporciones locales en el intervalo de 0,90 a 0,99, preferiblemente en el intervalo de 0,93 a 0,97), con un porcentaje de agua no tratada del 100% el multiplicador asciende a 1 y los valores intermedios del multiplicador se interpolan de manera lineal. Además, en el marco de la invención, también son posibles otras aproximaciones. A partir de la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada calculada (de manera aproximada) puede determinarse (calcularse) entonces por medio de funciones de calibración conocidas, de manera sencilla, la dureza del agua no tratada. También es posible determinar la dureza del agua no tratada directamente a partir de la conductividad $LF_{combinada}$ del agua combinada, por regla general teniendo en cuenta la proporción de los subflujos $V(t)_{sub1blanda}$ y $V(t)_{sub2notratada}$.

En una variante preferida del procedimiento según la invención está previsto que la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada se derive a partir de la conductividad $LF_{combinada}$ del agua combinada determinada experimentalmente con la fórmula:

$$LF_{combinada} = \frac{V(t)_{sub1blanda}}{V(t)_{combinada}} \cdot UF^{-1}(LF_{notrat}) + \frac{V(t)_{sub2notratada}}{V(t)_{combinada}} \cdot LF_{notrat}$$

30 resolviendo la fórmula en particular en función de $LF_{notratada}$, designando UF una función de conversión, con la que a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada se obtiene la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada, con $LF_{notratada} = UF(LF_{blanda})$, y designando UF^{-1} la función inversa de UF. Mediante la fórmula, la determinación de la conductividad del agua no tratada $LF_{notratada}$ puede producirse de manera muy precisa teniendo en cuenta los subflujos (relativos). Con la función inversa UF^{-1} de la función de conversión, puede sustituirse en la fórmula la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada según $UF^{-1}(LF_{notratada})=LF_{blanda}$. Siempre que sea necesario, la determinación de $LF_{notratada}$ también puede producirse de manera numérica, en particular cuando la resolución de la fórmula en función de $LF_{notratada}$ es difícil. Los subflujos (relativos) pueden determinarse directa o indirectamente mediante medidores de flujo, o estimarse mediante la posición de regulación de la unidad de combinación.

40 Un perfeccionamiento especialmente preferido de la variante de procedimiento anterior prevé que la función de conversión UF se elija como un factor de conversión constante UFK, con $LF_{notratada} = UFK \cdot LF_{blanda}$, donde $0,90 \leq UFK \leq 0,99$, y preferiblemente $0,93 \leq UFK \leq 0,97$, de modo que se aplica:

$$LF_{notrat} = \frac{LF_{combinada}}{\left(\frac{V(t)_{sub1blanda}}{UFK \cdot V(t)_{combinada}} + \frac{V(t)_{sub2notratada}}{V(t)_{combinada}} \right)}$$

45 Con un factor de conversión constante se facilita la determinación de $LF_{notratada}$, en particular la fórmula anterior puede resolverse fácilmente en función de $LF_{notratada}$.

Un perfeccionamiento igualmente preferido está caracterizado porque se deriva una dureza total I del agua no tratada, que se utiliza para controlar una operación de regeneración del dispositivo de ablandamiento, por medio de una primera función de calibración K1 a partir de la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada derivada, y porque se deriva una dureza total II del agua no tratada, que se utiliza para controlar la unidad de combinación, por medio

de una segunda función de calibración K2 a partir de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada derivada. Mediante el uso de las dos funciones de calibración K1 y K2, como ya se describió anteriormente, puede garantizarse una combinación precisa, evitándose al mismo tiempo de manera fiable apariciones de dureza. K1 y K2 son preferiblemente diferentes, en particular siendo la dureza total I derivada a partir de la primera función de calibración K1 al menos por segmentos mayor que la dureza total II derivada a partir de la segunda función de calibración K2.

También se prefiere una variante de procedimiento que prevé derivar una dureza total I del agua no tratada, que se utiliza para controlar una operación de regeneración del dispositivo de ablandamiento, directamente por medio de una primera función de calibración total ponderada GGK1 a partir de la conductividad $LF_{\text{combinada}}$ del agua combinada determinada experimentalmente y los dos subflujos $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y $V(t)_{\text{sub2no tratada}}$, y derivar una dureza total II del agua no tratada, que se utiliza para controlar la unidad de combinación, directamente por medio de una segunda función de calibración total ponderada GGK2 a partir de la conductividad $LF_{\text{combinada}}$ del agua combinada determinada experimentalmente y los dos subflujos $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y $V(t)_{\text{sub2no tratada}}$. De manera similar a como se describió anteriormente, mediante el uso de las dos funciones de calibración total ponderadas GGK1 y GGK2 puede garantizarse una combinación precisa, evitándose al mismo tiempo de manera fiable apariciones de dureza. La determinación directa de la dureza del agua no tratada (sin una determinación entre tanto de la conductividad del agua no tratada) es especialmente rápida. GGK1 y GGK2 son preferiblemente diferentes, en particular siendo la dureza total I derivada a partir de la primera función de calibración total ponderada GGK1 al menos por segmentos mayor que la dureza total II derivada a partir de la segunda función de calibración total ponderada GGK2. La función de calibración total ponderada puede corresponder en particular a una combinación de la fórmula anterior para la determinación de $LF_{\text{no tratada}}$ (que utiliza la función de conversión o su función inversa) y de una función de calibración, o también asignar valores determinados directamente de manera empírica.

Instalaciones de tratamiento de agua según la invención

En el marco de la presente invención entra también una instalación de tratamiento de agua, con:

- un dispositivo de ablandamiento, que comprende en particular una resina de intercambio iónico,
- un sensor de conductividad,
- una unidad de control electrónica, y
- una unidad de combinación que puede regularse automáticamente para mezclar un flujo de agua combinada $V(t)_{\text{combinada}}$ a partir de un primer subflujo ablandado $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y un segundo subflujo portador de agua no tratada $V(t)_{\text{sub2no tratada}}$, en la que el sensor de conductividad está dispuesto en la zona del agua ablandada o del agua combinada, que se caracteriza porque la unidad de control está configurada para la realización de un procedimiento según la invención, descrito anteriormente. La instalación de tratamiento de agua según la invención está construida de manera sencilla con respecto al aparato. El sensor de conductividad no puede calcificarse y no requiere mantenimiento. Se prescinde de una descalcificación regular. La unidad de control puede almacenar todas las funciones necesarias para la realización del procedimiento operativo, por ejemplo una función de conversión UF o una función de calibración.

En una forma de realización preferida de la instalación de tratamiento de agua según la invención, la unidad de control electrónica presenta una memoria con varias funciones de calibración (K1, K2) almacenadas y/o con varias funciones de calibración total (GK1, GK2) almacenadas y/o con varias funciones de calibración total ponderadas (GGK1, GGK2) almacenadas para el cálculo de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada y/o de la dureza total del agua no tratada a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada o de la conductividad $LF_{\text{combinada}}$ del agua combinada. El almacenamiento de varias funciones indicadas anteriormente permite que el control de la regeneración y el control de la combinación se base en diferentes durezas del agua no tratada y así aumentar al mismo tiempo la seguridad de una regeneración a tiempo y la precisión de la combinación.

También se prefiere una forma de realización en la que están presentes al menos dos aparatos de medición de flujo para la determinación experimental directa o indirecta de los subflujos $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y $V(t)_{\text{sub2no tratada}}$. De este modo el control de la combinación y de la regeneración puede producirse de manera especialmente precisa; en particular, con la disposición del sensor de conductividad en el agua combinada puede realizarse una ponderación exacta de los subflujos. Alternativamente es posible estimar, conociendo la posición de regulación de la unidad de combinación, los porcentajes relativos de los subflujos. Una instalación de tratamiento de agua según la invención, descrita anteriormente, puede utilizarse en un procedimiento según la invención, descrito anteriormente.

A partir de la descripción y del dibujo se desprenden ventajas adicionales de la invención. Las formas de realización mostradas y descritas no deben entenderse como enumeración excluyente sino que tienen más bien un carácter de ejemplo para la explicación de la invención.

Descripción detallada de la invención y el dibujo

La invención se representa en el dibujo y se explica en más detalle mediante ejemplos de realización. Los dibujos

muestran:

La figura 1, la construcción esquemática de una instalación de tratamiento de agua según la invención;

La figura 2, una representación en diagrama de la conductividad del agua no tratada ($LF_{\text{notratada}}$) medida en función de la conductividad medida tras un ablandamiento (LF_{blandada}) en diferentes aguas potables;

5 La figura 3, una representación en diagrama de la conductividad del agua no tratada ($LF_{\text{notratada}}$) medida en función de la dureza total del agua no tratada determinada de manera valorimétrica con diferentes aguas potables.

10 La figura 1 muestra a modo de ejemplo una instalación 1 de tratamiento de agua según la invención que, a través de una admisión 2, está conectada a un sistema de abastecimiento de agua local, por ejemplo la red de agua potable. El flujo de agua no tratada (total) $V(t)_{\text{notratada}}$ que fluye por la admisión 2 pasa, en primer lugar, por un medidor 3 de flujo y, a continuación, se divide en dos subflujos.

Una primera parte del flujo de agua no tratada (total) $V(t)_{\text{notratada}}$ fluye hacia un dispositivo 4 de ablandamiento, que presenta en particular un cabezal 5 de control así como dos tanques 6a, 6b con resina 7 de intercambio iónico. Una segunda parte fluye al interior de un conducto 8 de derivación.

15 El agua no tratada que fluye al interior del dispositivo 4 de ablandamiento fluye a través de los dos tanques 6a, 6b con resina 7 de intercambio iónico, ablandándose completamente ($V(t)_{\text{sub1blandada}}$). A este respecto los formadores de dureza iones de calcio y magnesio se intercambian estequiométricamente por iones de sodio. El agua ablandada fluye a continuación a través de un sensor 9 de conductividad, con el que se determina la conductividad en el subflujo ablandado.

20 La segunda parte del agua no tratada $V(t)_{\text{sub2notratada}}$ en el conducto 8 de derivación pasa por una unidad de combinación que puede accionarse de manera automática, en este caso una válvula 11 de combinación que puede regularse con un motor 10 de ajuste.

El primer subflujo $V(t)_{\text{sub1blandada}}$ y el segundo subflujo $V(t)_{\text{sub2notratada}}$ se unen finalmente para dar un flujo de agua combinada $V(t)_{\text{combinada}}$, que fluye hacia una descarga 12. La descarga 12 está conectada a una instalación de agua posterior, por ejemplo los conductos de agua potable de un edificio.

25 Los resultados de medición del sensor 9 de conductividad y del medidor 3 de flujo se transmiten a una unidad 13 de control electrónica.

30 Como particularidad, según la invención, la unidad 13 de control presenta una memoria 18 para (en este caso) varias funciones (preferiblemente depositadas como curvas características), con las que a partir de los resultados de medición del sensor 9 de conductividad en el flujo de agua ablandada $V(t)_{\text{sub1notratada}}$ se determina la dureza del agua momentánea $WH_{\text{notratada}}^{\text{mom}}$ del agua no tratada. Las funciones tienen en cuenta que en el subflujo ablandado $V(t)_{\text{sub1blandada}}$ los iones de calcio y magnesio se intercambian estequiométricamente, es decir en cada caso un formador de dureza por dos iones de sodio, con lo que la conductividad ha cambiado de manera específica. En el ejemplo de realización, en la unidad 13 de control o en la memoria 18 está depositada una función de conversión UF, con la que se convierte la conductividad LF_{blandada} del agua ablandada medida en una conductividad $LF_{\text{notratada}}$ del agua no tratada correspondiente. Además están depositadas dos funciones de calibración K1 y K2, por medio de las cuales puede convertirse la conductividad $LF_{\text{notratada}}$ del agua no tratada en una dureza del agua no tratada para los fines del control de la regeneración (mediante la función de calibración K1) y en una dureza del agua no tratada para los fines del control de la combinación (mediante la función de calibración 2).

40 En la unidad de control está depositado también un valor teórico (SW) deseado de la dureza del agua del agua combinada. A partir del valor teórico (SW) de la dureza del agua combinada y de la dureza del agua momentánea $WH_{\text{notratada}}^{\text{mom}}$ en el agua no tratada, la unidad 13 de control calcula una proporción teórica momentánea de los subflujos $V(t)_{\text{sub1blandada}}$ y $V(t)_{\text{sub2notratada}}$ mediante la cual se obtiene la dureza del agua deseada en el agua combinada. Los porcentajes de ambos subflujos $V(t)_{\text{sub1blandada}}$ y $V(t)_{\text{sub2notratada}}$ se establecen mediante el ajuste de la unidad de combinación. En el ejemplo de realización mostrado, los porcentajes relativos de los subflujos se estiman a partir de la posición de regulación (conocida) de la válvula 11 de combinación; alternativamente también puede estar previsto un medidor de flujo adicional por ejemplo en el conducto 8 de derivación, de modo que el segundo subflujo $V(t)_{\text{sub2notratada}}$ puede determinarse directamente y el primer subflujo $V(t)_{\text{sub1blandada}}$ indirectamente como diferencia de $V(t)_{\text{notratada}}$ (total) y $V(t)_{\text{sub2notratada}}$.

50 La unidad 13 de control electrónica monitoriza también el estado de agotamiento de la resina 7 de intercambio iónico en ambos tanques 6a, 6b. A este respecto, en las tomas de agua se pondera la cantidad de agua tomada en cada caso con la dureza del agua no tratada momentánea correspondiente y se resta de la capacidad restante actual. En caso de agotamiento de un tanque, la unidad 13 de control electrónica toma el tanque agotado de la red y lo somete a una regeneración. Para ello, mediante la unidad 13 de control electrónica se activa automáticamente una válvula 14 de regeneración con un motor 15 de ajuste, con lo cual una disolución 16 de agente de regeneración (preferiblemente salmuera) fluye desde una reserva 17 a través del tanque agotado.

La figura 2 muestra una representación en diagrama de la conductividad $LF_{\text{notratada}}$ del agua no tratada medida en

función de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada correspondiente medida en diferentes aguas potables.

Para la creación del diagrama de la figura 2 se analizaron aguas potables de diferentes redes de abastecimiento y su conductividad se determinó experimentalmente. A continuación se ablandaron completamente las aguas potables con una instalación 1 de tratamiento de agua según la invención y la conductividad del agua ablandada se determinó de nuevo experimentalmente.

La figura 2 muestra que la conductividad LF_{blanda} en el agua ablandada aumenta ligeramente debido al ablandamiento y que la proporción $F1$ de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ en el agua no tratada con respecto a la conductividad LF_{blanda} en el agua ablandada para todas las muestras de agua asciende a $F1 = LF_{\text{no tratada}}/LF_{\text{blanda}} = 0,95$. A partir de aquí se obtiene, con una buena aproximación, una función de conversión UF con un crecimiento lineal del valor $F1$, es decir la función de conversión UF tiene un factor de conversión constante $UFK=F1$, según $LF_{\text{no tratada}}=UFK*LF_{\text{blanda}}$. Todos los valores experimentales se encuentran dentro de un intervalo estrecho, que se delimita por las dos rectas representadas de manera discontinua. A este respecto, la recta representada de manera discontinua inferior presenta una pendiente de 0,90, mientras que la pendiente representada de manera discontinua superior asciende a 0,99.

Por tanto, el ligero crecimiento de la conductividad en el agua ablandada se debe a que se intercambian portadores de carga bivalentes (iones de calcio o magnesio) en cada caso por dos portadores de carga monovalentes.

La relación casi lineal entre la conductividad del agua no tratada y del agua ablandada posibilita según la invención la determinación de la conductividad del agua no tratada a partir de la conductividad del agua ablandada determinada experimentalmente por medio de una función de conversión UF que puede representarse como curva característica sencilla con una buena aproximación. A este respecto, los sensores de conductividad, que se emplean en el agua ablandada, no pueden ver afectada su función por deposiciones calcáreas, de modo que es posible un funcionamiento sin mantenimiento.

La figura 3 muestra una representación en diagrama de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ medida en el agua no tratada en función de la dureza total determinada de manera valorimétrica en el agua no tratada en diferentes aguas potables.

Para la representación en la figura 3 se analizaron aproximadamente 300 aguas potables diferentes en la República Federal de Alemania y se determinó su conductividad así como la dureza total. La medición de la conductividad se produjo por medio de conductímetros, mientras que la dureza total se calculó de manera valorimétrica.

La derivación de la dureza total a partir de la conductividad puede realizarse, a diferencia del método de determinación valorimétrico, de manera rápida y sencilla y por ello está muy extendida para el control en instalaciones de ablandamiento de agua. Sin embargo, en la figura 3 se reconoce que en general a partir de la conductividad eléctrica de un agua no puede deducirse un valor de dureza exacto, sino sólo un intervalo en el que realmente se encontrará la dureza del agua.

Para la operación de regeneración y la unidad de combinación se aplican diferentes requisitos, que están establecidos en las normas DIN EN 14743 y DIN 19636-100. Mediante el uso de diferentes funciones de calibración $K1$ y $K2$ (en este caso, curvas características de calibración) se obtienen dos valores aproximados diferentes para la dureza total del agua no tratada como función de la conductividad $LF_{\text{no tratada}}$ del agua no tratada. Con uno de los valores aproximados puede controlarse la operación de regeneración de tal manera que se evita una aparición de dureza y al mismo tiempo se respeta la capacidad de intercambio mínima predefinida en la norma DIN EN 14763 de 4 mol (400 g $CaCO_3$) por kilo de sal de regeneración empleada, mientras que el segundo valor aproximado controla la unidad de combinación con tal precisión que se cumplen los límites de tolerancia establecidos en la norma DIN 19636-100 para el agua combinada.

$K1$ tiene en este caso en la figura 3 una pendiente de aproximadamente $31 \mu S/cm^{\circ}dH$ y discurre como recta de origen, mientras que $K2$ tiene una pendiente de aproximadamente $39 \mu S/cm^{\circ}dH$ e igualmente discurre como recta de origen.

La conductividad del agua no tratada se deriva según la figura 2 por medio de la función de conversión UF (en este caso lineal) a partir de la conductividad del agua ablandada determinada experimentalmente. Entonces, a partir de la conductividad del agua no tratada se derivan según la figura 3 por medio de las funciones de calibración $K1$ o $K2$ las durezas totales I o II del agua no tratada. Las durezas totales I o II del agua no tratada también pueden derivarse mediante combinación de la función de conversión UF y las funciones de calibración $K1$ o $K2$ directamente a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada medida.

Cuando se determina experimentalmente la conductividad LF en el agua combinada en lugar de en el agua completamente ablandada, la función de conversión UF tiene que ponderarse según los porcentajes de los dos subflujos.

Se indica que la función de conversión UF y las funciones de calibración $K1$ y $K2$ en el ejemplo mostrado discurren como rectas, lo que facilita la descripción matemática de las funciones. Sin embargo, en principio, según la invención también son concebibles funciones no lineales para la determinación de las durezas totales I y II, que por ejemplo se aproximan como polinomios.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para hacer funcionar una instalación (1) de tratamiento de agua, con:

- un dispositivo (4) de ablandamiento, que comprende en particular una resina (7) de intercambio iónico,
- un sensor (9) de conductividad,
- una unidad (13) de control electrónica, y
- una unidad 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 $V(t)_{sub2notratada}$,

en el que la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada o la conductividad $LF_{combinada}$ del agua combinada se determina experimentalmente,

caracterizado porque

a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada o $LF_{combinada}$ del agua combinada, determinadas experimentalmente, se deriva la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada y/o la dureza total del agua no tratada,

en el que al derivar la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada y/o la dureza total del agua no tratada a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada o $LF_{combinada}$ del agua combinada, determinadas experimentalmente, se produce por medio de una o varias funciones una corrección de la diferente conductividad de un ión de calcio o magnesio por un lado y de dos iones de sodio por otro lado,

y porque la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada y/o la dureza total del agua no tratada derivadas se utilizan para ajustar la dureza del flujo de agua combinada $V(t)_{combinada}$ mediante un ajuste correspondiente de la proporción de mezclado de los dos subflujos $V(t)_{sub1blanda}$ y $V(t)_{sub2notratada}$ a un valor teórico (SW) predefinido.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada determinada experimentalmente, se deriva por medio de una función de conversión UF la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada, con $LF_{notratada} = UF(LF_{blanda})$.

3.- Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la función de conversión UF se selecciona como factor de conversión constante UFK, con $LF_{notratada} = UFK \cdot LF_{blanda}$,

donde $0,90 \leq UFK \leq 0,99$, y preferiblemente $0,93 \leq UFK \leq 0,97$.

4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 ó 3, **caracterizado porque** se deriva una dureza total I del agua no tratada, que se utiliza para controlar una operación de regeneración del dispositivo (4) de ablandamiento, por medio de una primera función de calibración K1 a partir de la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada derivada,

y porque se utiliza una dureza total II del agua no tratada, que se utiliza para controlar la unidad de combinación, por medio de una segunda función de calibración K2 a partir de la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada derivada.

5.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se deriva una dureza total I del agua no tratada, que se utiliza para controlar una operación de regeneración del dispositivo (4) de ablandamiento, directamente por medio de una primera función de calibración total GK1 a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada determinada experimentalmente,

y porque se deriva una dureza total II del agua no tratada, que se utiliza para controlar la unidad de combinación, directamente por medio de una segunda función de calibración total GK2 a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada determinada experimentalmente.

6.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se deriva la conductividad $LF_{notratada}$ del agua no tratada a partir de la conductividad $LF_{combinada}$ del agua combinada determinada experimentalmente con la fórmula:

$$LF_{combinada} = \frac{V(t)_{sub1blanda}}{V(t)_{combinada}} \cdot UF^{-1}(LF_{notratada}) + \frac{V(t)_{sub2notratada}}{V(t)_{combinada}} \cdot LF_{notratada}$$

resolviendo la fórmula en particular en función de $LF_{\text{notratada}}$, designando UF una función de conversión, con la que a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada se obtiene la conductividad $LF_{\text{notratada}}$ del agua no tratada, con $LF_{\text{notratada}} = UF(LF_{\text{blanda}})$, y designando UF^{-1} la función inversa de UF .

5 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la función de conversión UF se selecciona como factor de conversión constante UFK , con $LF_{\text{notratada}} = UFK \cdot LF_{\text{blanda}}$,

donde $0,90 \leq UFK \leq 0,99$, y preferiblemente $0,93 \leq UFK \leq 0,97$, de modo que se aplica

$$LF_{\text{notrat}} = \frac{LF_{\text{combinada}}}{\left(\frac{V(t)_{\text{sub1blanda}}}{UFK \cdot V(t)_{\text{combinada}}} + \frac{V(t)_{\text{sub2notratada}}}{V(t)_{\text{combinada}}} \right)}$$

8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado**

10 **porque** se deriva una dureza total I del agua no tratada, que se utiliza para controlar una operación de regeneración del dispositivo (4) de ablandamiento, por medio de una primera función de calibración $K1$ a partir de la conductividad $LF_{\text{notratada}}$ del agua no tratada derivada,

y porque se deriva una dureza total II del agua no tratada, que se utiliza para controlar la unidad de combinación, por medio de una segunda función de calibración $K2$ a partir de la conductividad $LF_{\text{notratada}}$ del agua no tratada derivada.

15 9.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se deriva una dureza total I del agua no tratada, que se utiliza para controlar una operación de regeneración del dispositivo (4) de ablandamiento, directamente por medio de una primera función de calibración total ponderada $GGK1$ a partir de la conductividad $LF_{\text{combinada}}$ del agua combinada determinada experimentalmente y los dos subflujos $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y $V(t)_{\text{sub2notratada}}$,

20 **y porque** se deriva una dureza total II del agua no tratada, que se utiliza para controlar la unidad de combinación, directamente por medio de una segunda función de calibración total ponderada $GGK2$ a partir de la conductividad $LF_{\text{combinada}}$ del agua combinada determinada experimentalmente y los dos subflujos $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y $V(t)_{\text{sub2notratada}}$.

10.- Instalación (1) de tratamiento de agua, con:

- un dispositivo (4) de ablandamiento, que comprende en particular una resina (7) de intercambio iónico,
- un sensor (9) de conductividad,
- 25 - una unidad (13) de control electrónica, y
- una unidad de combinación que puede regularse automáticamente para mezclar un flujo de agua combinada $V(t)_{\text{combinada}}$ a partir de un primer subflujo ablandado $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y un segundo subflujo portador de agua no tratada $V(t)_{\text{sub2notratada}}$,

en la que el sensor (9) de conductividad está dispuesto en la zona del agua ablandada o del agua combinada,

30 **caracterizada porque**

la unidad (13) de control está configurada para la realización de un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

35 11.- Instalación (1) de tratamiento de agua según la reivindicación 10, **caracterizada porque** la unidad (13) de control electrónica presenta una memoria (18) con varias funciones de calibración ($K1$, $K2$) almacenadas y/o con varias funciones de calibración total ($GK1$, $GK2$) almacenadas y/o con varias funciones de calibración total ponderadas ($GGK1$, $GGK2$) almacenadas para el cálculo de la conductividad $LF_{\text{notratada}}$ del agua no tratada y/o de la dureza total del agua no tratada a partir de la conductividad LF_{blanda} del agua ablandada o de la conductividad $LF_{\text{combinada}}$ del agua combinada.

40 12.- Instalación (1) de tratamiento de agua según la reivindicación 10 u 11, **caracterizada porque** están presentes al menos dos aparatos (3) de medición de flujo para la determinación experimental directa o indirecta de los subflujos $V(t)_{\text{sub1blanda}}$ y $V(t)_{\text{sub2notratada}}$.

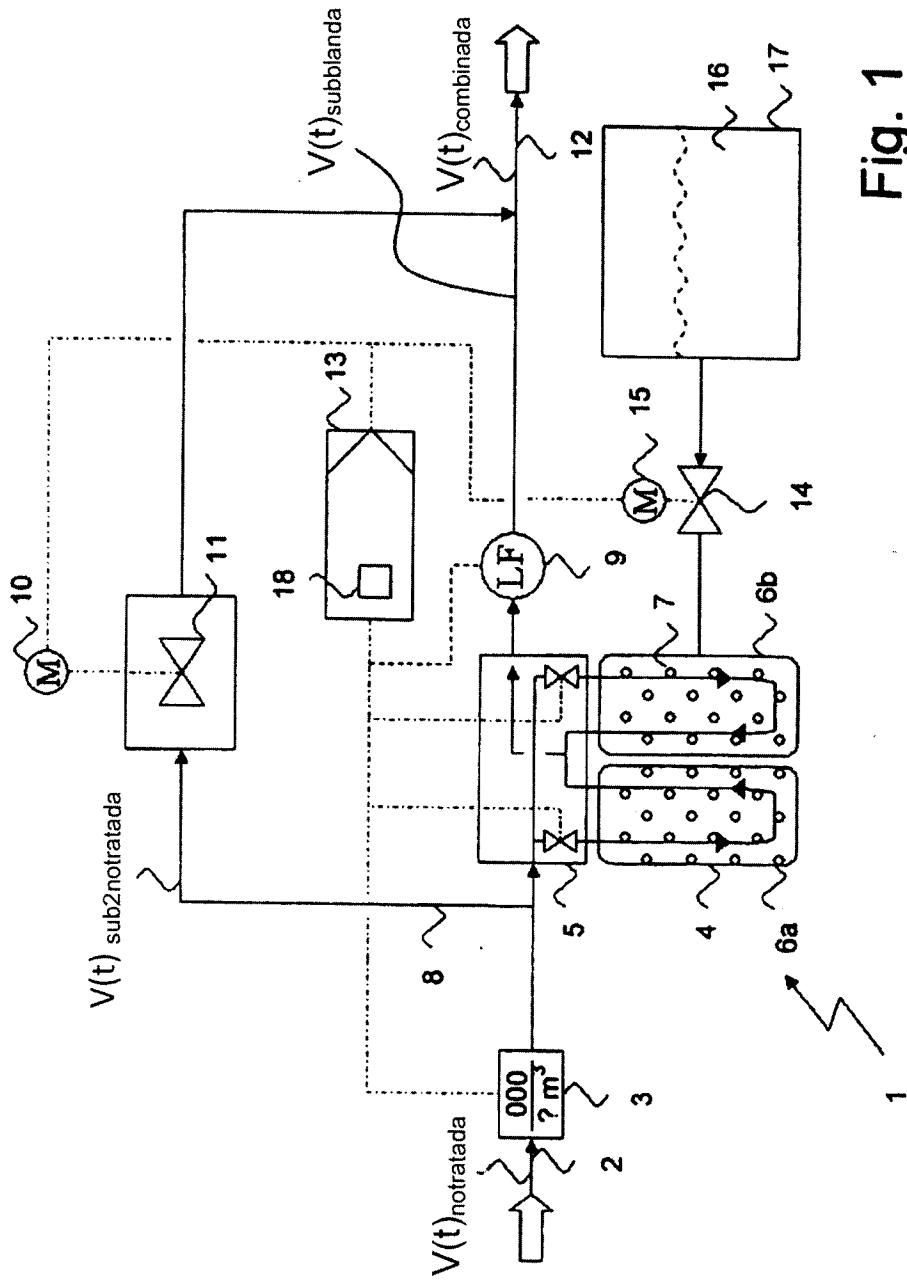


Fig. 1

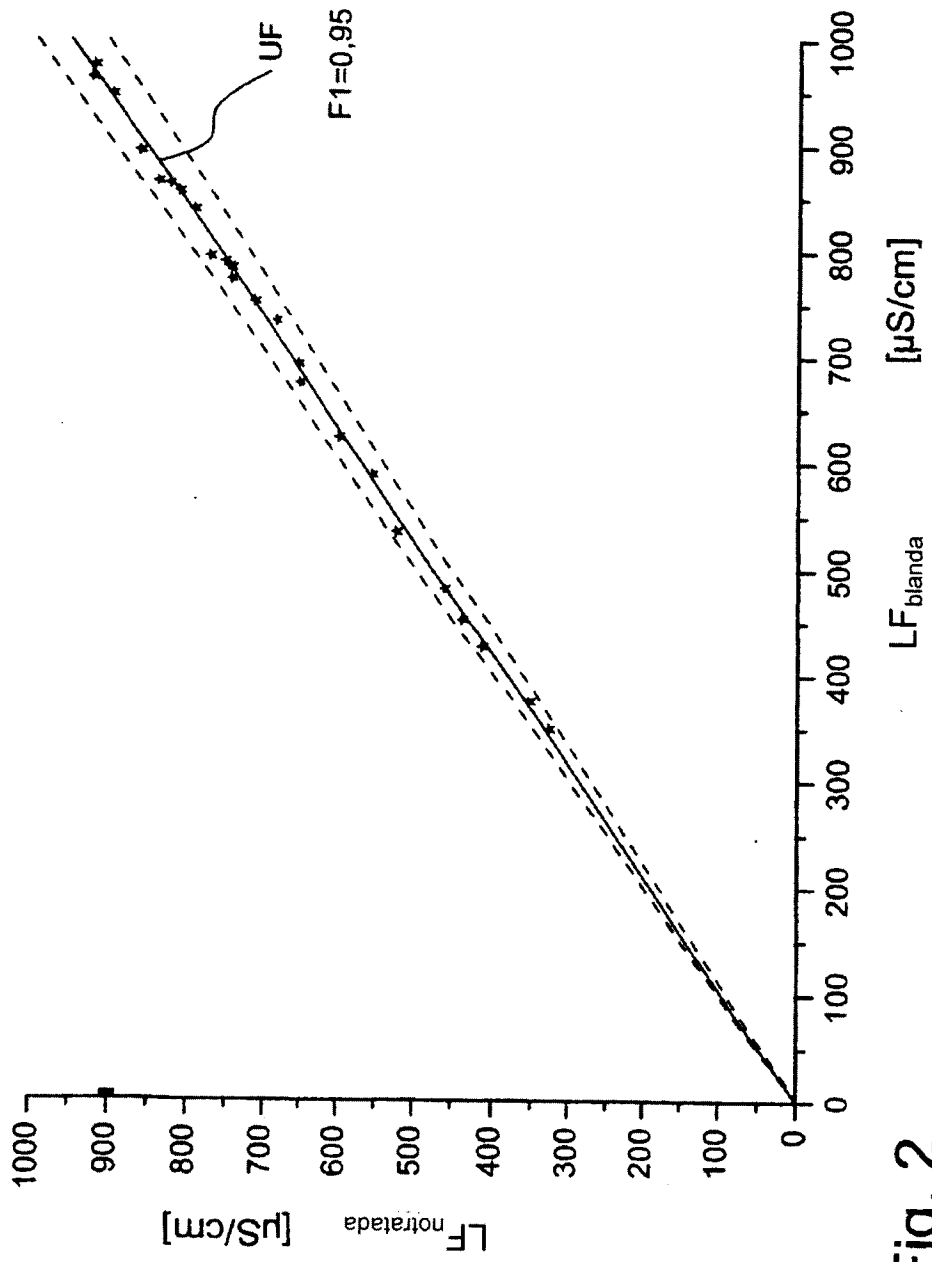


Fig. 2

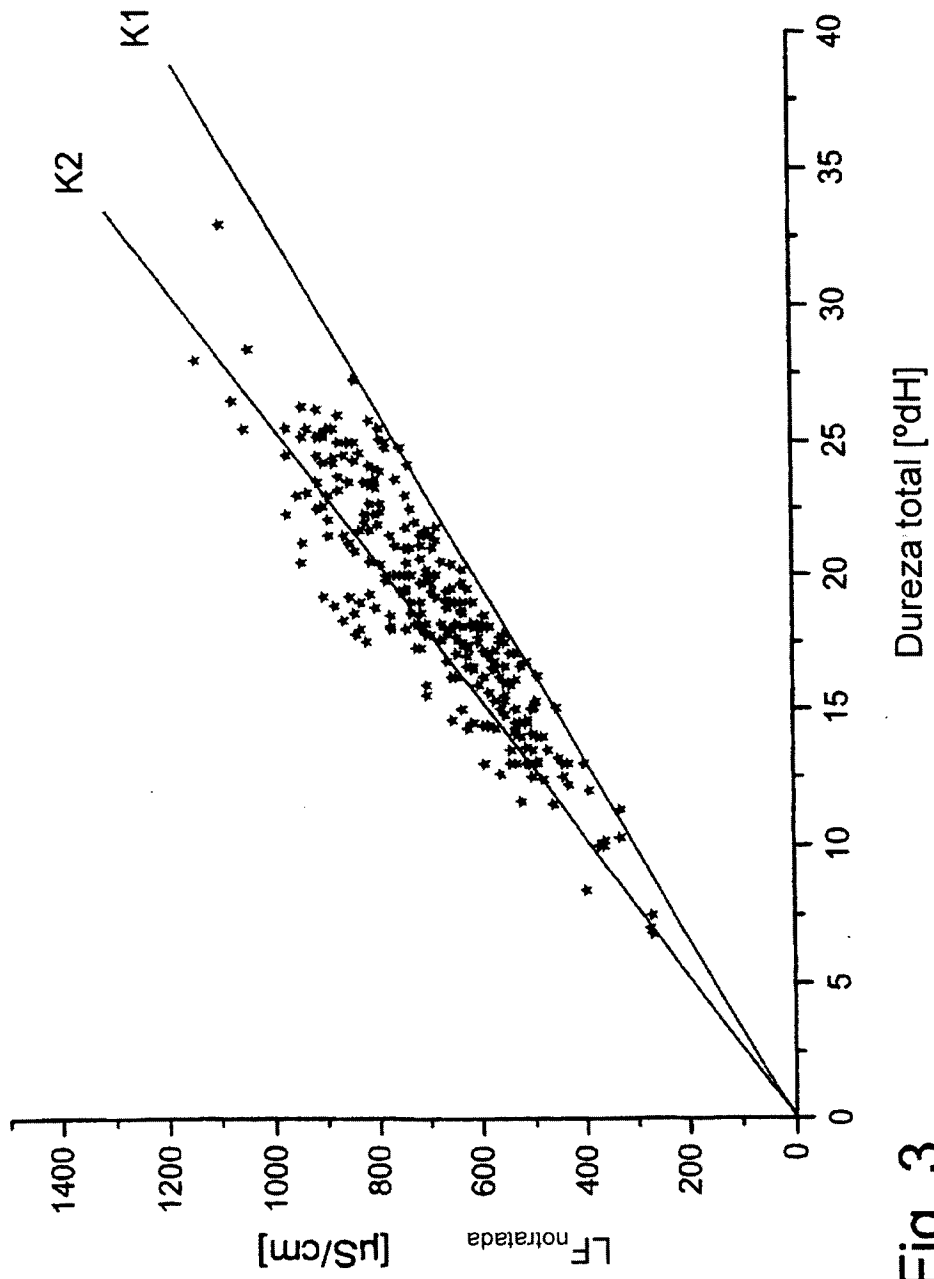


Fig. 3