

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 325**

51 Int. Cl.:

C02F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2013 PCT/EP2013/076908**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15090366**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2013 E 13830214 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 3083503**

54 Título: **Control de mezclado con determinación de la dureza del agua no tratada a través de la conductividad del agua blanda y mezclada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.11.2018

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

ES 2 690 325 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

Control de mezclado con determinación de la dureza del agua no tratada a través de la conductividad del agua blanda y mezclada

5 La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de ablandamiento de agua con un equipo de mezclado automático, en donde se divide una corriente de agua sin tratar entrante $V_{\text{sin tratar}}$ en

- 10 - una primera subcorriente V_{sub1} , que se ablanda, y
- una segunda subcorriente V_{sub2} , que no se ablanda,

15 y en donde se unen las dos subcorrientes V_{sub1} , V_{sub2} en una corriente de agua mezclada V_{mezclada} , en donde se ajustan los porcentajes de las dos subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} por el equipo de mezclado automático de tal modo que se obtiene una dureza deseada SW en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} , calculándose los porcentajes que han de ajustarse de las dos subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} a partir de la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ y de la dureza del agua ablandada H_{blanda} , y en donde se deduce la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ a partir de la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$.

20 Un procedimiento de este tipo se ha dado a conocer por los documentos DE 10 2009 055 007 A1, DE 10 2010 001 373 A1 o DE 10 2011 003 326 A1. El ablandamiento de agua se utiliza dondequiera que, a través de los sistemas de abastecimiento habituales (por ejemplo la red de agua potable), solamente haya disponible agua relativamente dura, pero donde, por motivos técnicos o por motivos de comodidad, sea deseable un agua más blanda. En el ablandamiento de agua se utilizan dispositivos de ablandamiento que por lo general funcionan según el procedimiento de intercambio iónico. Los endurecedores (iones de calcio y magnesio) contenidos en el agua se intercambian así en una resina de intercambio iónico por iones de sodio. Al agotarse la resina de intercambio iónico esta tiene que regenerarse, por ejemplo mediante barrido con una salmuera.

25 Por motivos técnicos o económicos, a menudo es necesario o deseable no tener disponible agua totalmente ablandada, sino agua con una dureza de agua media, aunque estrechamente definida. Así pues, un agua totalmente ablandada puede provocar problemas de corrosión, si ya no es posible una formación de capa protectora en la instalación de tuberías aguas abajo. Además, en el caso de un ablandamiento total, la capacidad del ablandador se agota rápidamente, y tiene que regenerarse prematuramente. Esto lleva asociados un elevado consumo de sal y por tanto elevados costes.

35 Para efectuar un ablandamiento parcial es necesario un dispositivo (equipo de mezclado) para mezclar agua ablandada (también denominada agua pura o agua blanda) y agua sin tratar. Por regla general, es deseable ajustar la dureza del agua en el agua mezclada, es decir, la mezcla de agua ablandada y agua sin tratar, a un valor teórico predefinido.

40 Una determinación directa de la dureza de un agua mezclada, con la que podría configurarse una regulación con realimentación de los porcentajes de una subcorriente que conduce agua blanda y una subcorriente que conduce agua sin tratar, es posible básicamente con un denominado electrodo selectivo de iones en el área del agua mezclada. El electrodo selectivo de iones requiere, sin embargo, mucho mantenimiento y es propenso a averías.

45 Por tanto, la regulación de la dureza de la corriente de agua mezclada se realiza, en el estado de la técnica, por lo general mezclando una subcorriente que conduce agua sin tratar con una dureza de agua sin tratar conocida al menos aproximadamente y una subcorriente que conduce agua blanda con una dureza de agua blanda igualmente conocida al menos aproximadamente, para dar lugar a una corriente de agua mezclada, en unos porcentajes tales que se obtenga la dureza de agua mezclada deseada, cf. DE 10 2007 059 058 B3. En esta publicación, para la determinación de la dureza del agua sin tratar, se determina a este respecto la conductividad del agua sin tratar con un sensor de conductividad en el agua sin tratar, y se convierte la conductividad del agua sin tratar, con una curva característica de calibración, en la dureza del agua sin tratar. Con este modo de proceder resulta desventajoso que los electrodos del sensor de conductividad en el agua sin tratar puedan calcificarse fácilmente, lo que hace imprecisa la determinación de la conductividad o conlleva un alto esfuerzo de mantenimiento.

55 El documento DE 10 2009 055 007 A1 propone, para evitar la calcificación del sensor de conductividad, disponerlo en el agua blanda o mezclada. De acuerdo con esta publicación, la conductividad de un agua sin tratar asciende, como una buena aproximación, a aproximadamente el 95 % de la conductividad de un agua blanda obtenida a partir del mismo. De este modo puede concluirse, a partir de la conductividad del agua blanda, directamente la conductividad del agua sin tratar. En caso de que el sensor de conductividad esté dispuesto en el agua mezclada, el factor de conversión varía conforme a los porcentajes de agua blanda y sin tratar en el agua mezclada. Por medio de la conductividad del agua sin tratar puede determinarse entonces, a su vez, la dureza del agua sin tratar.

65 Si bien con este modo de proceder se evita una calcificación del sensor de conductividad, el procedimiento, debido a la asunción de una determinada relación entre conductividad del agua blanda y conductividad del agua sin tratar, solo puede determinar, sin embargo, de manera aproximada, la conductividad del agua sin tratar. En caso de

oscilaciones pequeñas en la composición del agua sin tratar, el procedimiento puede conseguir, en la práctica, una buena precisión de mezclado; en caso de oscilaciones mayores en la composición del agua sin tratar se producen, sin embargo, imprecisiones notables.

5 Objetivo de la invención

El objetivo de la presente invención es, durante el funcionamiento de un equipo de mezclado automático con el que se mezcla una corriente de agua mezclada a partir de una subcorriente que conduce agua blanda y una subcorriente que conduce agua sin tratar, ajustar la dureza del agua mezclada con una alta fiabilidad y una precisión mejorada.

10

Breve descripción de la invención

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. En el marco de la presente invención, la conductividad del agua sin tratar no solo puede estimarse, sino calcularse exactamente (en el marco de la precisión de medición de los sensores de conductividad usados y dado el caso de los caudalímetros). En particular no es necesario suponer la calidad del agua sin tratar o la variación de la conductividad del agua sin tratar por un ablandamiento.

15

En el marco de la invención se utilizan dos sensores de conductividad, concretamente un sensor de conductividad en el área del agua blanda en la primera subcorriente, tras el ablandamiento, y un sensor de conductividad en el área del agua mezclada. En estas posiciones, los sensores de conductividad no están sometidos prácticamente a ninguna dureza de agua notable o a una dureza de agua reducida en comparación con el agua sin tratar, de modo que estos sensores de conductividad no se calcifican o, en todo caso, se calcifican muy lentamente. La conductividad del agua mezclada se obtiene a partir de las conductividades en el agua blanda y en el agua sin tratar y los porcentajes de agua blanda y agua sin tratar en el agua mezclada. Dos de las conductividades se miden directamente de acuerdo con la invención, y los porcentajes de agua blanda (primera subcorriente) y agua sin tratar (segunda subcorriente) en el agua mezclada pueden determinarse con relativa facilidad, por ejemplo por medio de dos caudalímetros. Entonces, la única incógnita en la interdependencia de conductividad del agua blanda, del agua mezclada y del agua sin tratar, es decir, la conductividad del agua sin tratar puede calcularse, sin embargo, fácilmente.

20

25

30

Para este cálculo no se necesita suponer nada acerca de la composición del agua sin tratar. En particular no se necesita suponer nada acerca de cómo varía la conductividad de un agua sin tratar por el ablandamiento, es decir por la sustitución estequiométrica de los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} en cada caso por dos iones Na^+ . No es necesaria tal suposición porque se obtiene una información correspondiente, pero exacta, mediante el segundo sensor de conductividad.

35

Por medio de la conductividad del agua sin tratar puede determinarse entonces, a su vez, la dureza del agua sin tratar. Para ello, normalmente está almacenada en un equipo de control electrónico una curva característica de calibración o una función de calibración. Con ayuda de la dureza del agua sin tratar y de la dureza del agua blanda pueden determinarse entonces, a su vez, porcentajes para la primera subcorriente ablandada y la segunda subcorriente que conduce agua sin tratar, con las cuales se consigue una dureza teórica SW predefinida, por regla general almacenada en el equipo de control electrónico, en el agua mezclada. Estos porcentajes se ajustan entonces automáticamente, por ejemplo a través de una regulación con realimentación con dos caudalímetros que determinan las dos subcorrientes de manera directa o indirecta.

40

45

La información sobre los porcentajes de las subcorrientes $A_{sub1}=V_{sub1}/V_{mezclada}$ y $A_{sub2}=V_{sub2}/V_{mezclada}$ en la corriente de agua mezclada, en donde $A_{sub1}+A_{sub2}=1$, es idéntica a la información sobre una relación de mezclado $VVH=V_{sub1}/V_{sub2}$ en la corriente de agua mezclada, en donde $A_{sub1}=VVH/(1+VVH)$ y $A_{sub2}=1/(VVH+1)$.

50

La dureza de agua blanda asciende normalmente a de 0 °dH a 1 °dH, en función del tipo de dispositivo de ablandamiento usado (normalmente una resina de intercambio iónico cargada con iones de Na^+) en la instalación de ablandamiento de agua. Por lo general se supone una dureza del agua blanda fija, típica del dispositivo de ablandamiento usado, que se ha determinado por ejemplo en fábrica para la instalación de ablandamiento de agua (y se ha programado en el equipo de control electrónico), o que se supone simplemente, como una buena aproximación, que es de 0 °dH. Sin embargo, también es posible determinar la dureza del agua blanda dependiendo de un grado de agotamiento del dispositivo de ablandamiento.

55

Variantes de la invención

60

En el procedimiento de acuerdo con la invención se calcula $LF_{sin\ tratar}$ con la fórmula

$$LF_{sin\ tratar} = \frac{LF_{mezclada} - A_{sub1} \cdot LF_{blanda}}{A_{sub2}}$$

Con esta fórmula puede calcularse fácilmente la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$. Obsérvese, a su vez, que los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} también pueden expresarse a través de la relación de mezclado WH (véase más arriba), lo que no cambia, sin embargo, la asociación de la fórmula de esta variante.

5 Es especialmente preferente una variante de la invención en la que los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} se determinan por medio de dos caudalímetros. De este modo es posible una determinación y un ajuste muy exactos de las subcorrientes, regulándose la posición de regulación del equipo de mezclado automático, mediante la cual se ajustan los porcentajes, mediante el procedimiento de realimentación. Mediante dos caudalímetros pueden determinarse las tres corrientes en la instalación de ablandamiento de agua (primera subcorriente, segunda subcorriente, corriente de agua sin tratar total/corriente de agua mezclada), dado el caso a través de un cálculo de suma o resta.

15 Un perfeccionamiento ventajoso de esta variante prevé que, para la determinación de los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} , un primer caudalímetro esté dispuesto en la primera subcorriente V_{sub1} y un segundo caudalímetro esté dispuesto en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} . Mediante la disposición de los dos caudalímetros en el agua blanda y en el agua mezclada puede prevenirse una calcificación de los caudalímetros. A partir de V_{sub1} y V_{mezclada} pueden determinarse, a través de $A_{\text{sub1}} + V_{\text{sub2}} = V_{\text{mezclada}}$ y $A_{\text{sub1}} = V_{\text{sub1}} / V_{\text{mezclada}}$ y $A_{\text{sub2}} = V_{\text{sub2}} / V_{\text{mezclada}}$, los porcentajes A_{sub1} y A_{sub2} . $LF_{\text{sin tratar}}$ se deduce, entonces, como

$$LF_{\text{sin tratar}} = \frac{V_{\text{mezclada}} \cdot LF_{\text{mezclada}} - V_{\text{sub1}} \cdot LF_{\text{blanda}}}{V_{\text{sub2}}}$$

20 Alternativamente, también puede estar previsto, por ejemplo, un caudalímetro respectivamente en la primera subcorriente y en la segunda subcorriente, o también un caudalímetro en la segunda subcorriente y un caudalímetro en la corriente de agua mezclada, o un caudalímetro en la corriente de agua sin tratar entrante y un caudalímetro en una de las subcorrientes.

25 En una segunda variante de procedimiento ventajosa de la invención, los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} se determinan a través de una posición de regulación del equipo de mezclado automático, presentando en particular el equipo de mezclado automático un sensor para determinar la posición de regulación. A partir de la posición de regulación conocida (concretamente ajustada de manera controlada y/o comprobada mediante sensor) del equipo de mezclado automático con relaciones de flujo dependientes de la posición de regulación, pero conocidas, pueden determinarse los porcentajes que se ajustan también sin caudalímetros. Esto es especialmente sencillo en cuanto a los aparatos y correspondientemente económico. Los porcentajes de las subcorrientes pueden estar depositados entonces para diferentes posiciones de regulación en una tabla en el equipo de control electrónico, o calcularse mediante una función de conversión programada.

35 Es especialmente preferente una variante de procedimiento en la que la conductividad LF_{blanda} medida por el sensor de conductividad en la primera subcorriente ablandada V_{sub1} y la conductividad LF_{mezclada} medida por el sensor de conductividad en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} se promedian a lo largo de un periodo de promediado T o entre un número N de mediciones individuales, y los valores promediados de LF_{blanda} y LF_{mezclada} se usan para calcular $LF_{\text{sin tratar}}$. Las conductividades del agua blanda y el agua mezclada se diferencian, a menudo, solo ligeramente (generalmente en aproximadamente un 1-5%), de modo que ya pequeños errores de medición, situados en el rango del ruido estadístico, pueden afectar al cálculo de la conductividad del agua sin tratar. Mediante un promediado puede hacerse, entonces, claramente más fiable el cálculo de la conductividad del agua sin tratar.

45 Es especialmente preferente un perfeccionamiento de esta variante en el que, durante el periodo de promediado T o entre el número N de mediciones individuales, los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} no se cambian por equipo de mezclado automático. El cálculo del promedio y un reajuste de la posición de regulación del equipo de mezclado se producen, entonces, normalmente siempre en cada caso una vez transcurrido el periodo de promediado T o tras el número N predefinido de mediciones individuales de LF_{blanda} y LF_{mezclada} . Esta variante es muy sencilla de implementar, y mantiene reducido el desgaste en el equipo de mezclado.

50 En un perfeccionamiento alternativo está previsto que también los porcentajes de las dos subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} se promedian a lo largo del periodo de promediado T o entre un número N de determinaciones individuales, y los valores promediados de A_{sub1} y A_{sub2} se usan para calcular $LF_{\text{sin tratar}}$. En esta variante pueden usarse en particular "promedios móviles" de los valores para un reajuste permanente, es decir se sustituye en cada caso la medición más antigua en la cantidad de valores que han de promediarse por la medición más nueva recién producida. De este modo puede implementarse una determinación especialmente exacta de $LF_{\text{sin tratar}}$ o un mezclado especialmente exacto.

60 De acuerdo con un perfeccionamiento es preferente, además, que el periodo de promediado T abarque al menos 2 minutos, preferentemente al menos 10 minutos o que el número N de mediciones individuales o determinaciones individuales ascienda a al menos 100, preferentemente a al menos 1000. Estas magnitudes han resultado ventajosas en la práctica y permiten por regla general una buena compensación de errores de medición estadísticos de los sensores de conductividad. Sobre todo, en caso de que puedan producirse mediciones de conductividad de forma muy seguida (siendo la duración de una medición individual del orden de 10 ms o menos), también pueden

considerarse periodos de promediado T cortos en comparación, del orden de 10 segundos o menos, en particular 1 segundo o menos. Es especialmente preferente, además, un perfeccionamiento en el que una parte de los valores que entran dentro de un periodo de promediado T o que pertenecen a un número N de mediciones individuales o determinaciones individuales se ignoran para la determinación del valor promediado de LF_{blanda} y/o LF_{mezclada} y/o los porcentajes A_{sub1} , A_{sub2} . De este modo puede mejorarse la calidad del cálculo del promedio. Valores no fiables y/o extremos se ignoran y no falsean, por lo tanto, los valores promediados. A este respecto, está previsto que los valores ignorados se sitúen fuera de un intervalo de valores predefinidos, o que los valores ignorados pertenezcan a un porcentaje relativo predefinido de valores máximos y mínimos en el periodo de promediado T o dentro de las N mediciones individuales o determinaciones individuales. Este modo de proceder ha demostrado ser especialmente ventajoso en la práctica y proporciona valores promediados no falseados por errores de medición extremos. Por ejemplo, en general todas las mediciones individuales de conductividad, en las que la die conductividad no se sitúa entre 200 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pueden ignorarse como mediciones erróneas evidentes (es decir no incluirse en el cálculo del promedio). Asimismo es posible ignorar, por ejemplo, el 10 % más alto y el 10 % más bajo de las mediciones individuales de conductividad en el periodo de promediado T o entre las N mediciones individuales de conductividad consideradas.

En una variante especialmente preferida del procedimiento de acuerdo con la invención está previsto que, a intervalos regulares, preferentemente al menos cada 10 minutos, de manera especialmente preferente al menos cada 2 minutos, de manera automática

- se calcula de nuevo la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ a partir de valores actuales de LF_{blanda} , LF_{mezclada} , A_{sub1} y A_{sub2} ,
- se deduce de nuevo, a partir de la misma, la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$,
- se calculan de nuevo, con ello, los porcentajes que han de ajustarse de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} ,
- y se reajusta de manera correspondiente la posición de regulación del equipo de mezclado automático. De este modo puede reaccionarse de inmediato a eventuales cambios de la calidad del agua sin tratar y mantenerse alta la precisión del mezclado. Obsérvese que, a la inversa, es preferente elegir los intervalos regulares de al menos 1 minuto o más, para limitar el desgaste en el equipo de mezclado.

Es especialmente ventajosa una variante de procedimiento en la que la dureza de la primera subcorriente ablandada H_{blanda} se establece en $H_{\text{blanda}}=0^\circ\text{dH}$. Esto simplifica el cálculo de la dureza del agua sin tratar y, en la mayoría de los casos de aplicación, es suficientemente preciso. En la regeneración puntual y regular del dispositivo de ablandamiento o intercambiador iónico utilizado en la instalación de ablandamiento de agua y en caso de un caudal no demasiado grande a través del dispositivo de ablandamiento puede pasarse por alto, por lo general, un salto de dureza.

Es especialmente ventajosa también una variante en la que está previsto que una dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$, que se usa para controlar una operación de regeneración de un dispositivo de ablandamiento de la instalación de ablandamiento de agua, se deduzca por medio de una primera función de calibración K1 a partir de la conductividad $LF_{\text{sin tratar}}$ calculada del agua sin tratar, y que la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$, que se usa para controlar el equipo de mezclado automático, se deduzca por medio de una segunda función de calibración K2 a partir de la conductividad $LF_{\text{sin tratar}}$ calculada del agua sin tratar. Si $H_{\text{sin tratar}}$ para conductividades relevantes del agua sin tratar es, debido a las diferentes curvas característica de calibración K1 y K2, mayor que $H_{\text{sin tratar}}$, el control de la regeneración puede diseñarse de forma segura frente a irrupciones de dureza, y al mismo tiempo el control de mezclado puede diseñarse de forma realista.

Dentro del marco de la presente invención también se encuentra una instalación de ablandamiento de agua de acuerdo con la reivindicación 11 con un equipo de mezclado automático, con un sensor de conductividad en un área de agua blanda y un sensor de conductividad en un área de agua mezclada, configurada para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención anterior o una de sus variantes. La instalación de ablandamiento de agua dispone de un equipo de control electrónico, que está programado de manera correspondiente a las etapas de procedimiento previstas.

Otras ventajas de la invención se desprenden de la descripción y del dibujo. Asimismo pueden encontrar aplicación las características anteriormente mencionadas y otras que se explicarán más adelante de acuerdo con la invención en cada caso individualmente o conjuntamente en cualquier combinación. Las formas de realización mostradas y descritas no han de entenderse como enumeración concluyente, sino que tienen más bien un carácter ejemplar para ilustrar la invención.

Descripción detallada de la invención y dibujo

La invención está representada en el dibujo y se explica más detalladamente con ayuda de ejemplos de realización. Muestran:

la figura 1 la estructura esquemática de una forma de realización de una instalación de ablandamiento de agua de acuerdo con la invención, con dos sensores de conductividad y dos caudalímetros;

la figura 2 la estructura esquemática de otra forma de realización de una instalación de ablandamiento de agua de acuerdo con la invención, con dos sensores de conductividad y un caudalímetro así como un sensor para determinar la posición de regulación del equipo de mezclado automático;

5 la figura 3 un diagrama de flujo esquemático del procedimiento de acuerdo con la invención.

La figura 1 muestra a modo de ejemplo una instalación de ablandamiento de agua 1 de acuerdo con la invención para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención.

10 La instalación de ablandamiento de agua 1 está conectada, a través de una entrada 2 a un sistema de abastecimiento de agua local, por ejemplo la red de agua potable. La corriente de agua sin tratar $V_{\text{sin tratar}}$ total que fluye por la entrada 2 se divide en un punto de ramificación 20 en dos subcorrientes.

15 Una primera subcorriente V_{sub1} de la corriente de agua sin tratar total $V_{\text{sin tratar}}$ fluye hacia un dispositivo de ablandamiento 4, que presenta en particular un cabezal de control 5 así como dos depósitos 6a, 6b con resina de intercambio iónico 7. Una segunda subcorriente V_{sub2} fluye por un conducto de derivación 8.

20 El agua sin tratar, que fluye hacia el dispositivo de ablandamiento 4, de la primera subcorriente V_{sub1} a traviesa al menos uno de los dos depósitos 6a, 6b con resina de intercambio iónico 7, ablandándose el agua por completo. A este respecto se intercambian los iones de calcio y magnesio endurecedores estequiométricamente por iones de sodio. El agua ablandada fluye a continuación por un sensor de conductividad 9a, con el que se determina la conductividad LF_{blanda} en la primera subcorriente ablandada V_{sub1} , así como por un contador de caudal 3a.

25 La segunda subcorriente V_{sub2} en el conducto de derivación 8 pasa por un equipo de mezclado 19 de activación automática, que en este caso comprende una válvula de mezclado 11 regulable con un servomotor 10.

30 La primera subcorriente V_{sub1} y la segunda subcorriente V_{sub2} se unen finalmente en un punto de unión 21 en una corriente de agua mezclada V_{mezclada} , que fluye hacia una salida 12. La salida 12 está conectada a una instalación de agua posterior, por ejemplo a las tuberías de agua dulce de un edificio. La corriente de agua mezclada V_{mezclada} se mide con un caudalímetro 3b. Además, la conductividad LF_{mezclada} del agua mezclada se mide con el sensor de conductividad 9b.

35 Los resultados de medición de los sensores de conductividad 9a, 9b y de los caudalímetros 3a, 3b se transmiten a un equipo de control 13 electrónico. El equipo de control 13 electrónico puede accionar, a su vez, el servomotor 10 de la válvula de mezclado 11, y ajustar así la segunda subcorriente V_{sub2} ; con ello puede cambiarse la relación de la segunda subcorriente V_{sub2} con respecto a la primera subcorriente V_{sub1} , cuya sección transversal de flujo no cambia en este caso. El equipo de control 13 electrónico puede considerarse como perteneciente al equipo de mezclado 19 automático.

40 En el equipo de control 13 electrónico está depositado un valor teórico SW para una dureza del agua mezclada. Para proporcionar la dureza del agua deseada H_{mezclada} en el agua mezclada en la salida 12, se procede tal y como sigue.

45 El equipo de control 13 lee, en primer lugar, una conductividad del agua blanda LF_{blanda} actual en el sensor de conductividad 9a y una conductividad del agua mezclada LF_{mezclada} actual en el sensor de conductividad 9b. Al mismo tiempo se determinan la subcorriente V_{sub1} actual con el caudalímetro 3a y la corriente de agua mezclada V_{mezclada} actual.

50 La conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ se calcula, entonces, con la fórmula

$$LF_{\text{sin tratar}} = \frac{LF_{\text{mezclada}} - A_{\text{sub1}} \cdot LF_{\text{blanda}}}{A_{\text{sub2}}}$$

55 en donde $A_{\text{sub1}}=V_{\text{sub1}}/V_{\text{mezclada}}$ y $A_{\text{sub2}}=V_{\text{sub2}}/V_{\text{mezclada}}$. Con la asociación $V_{\text{sub1}}=V_{\text{sub2}}/V_{\text{mezclada}}$ puede eliminarse la variable V_{sub2} , y se obtiene la fórmula

$$LF_{\text{sin tratar}} = \frac{V_{\text{mezclada}} \cdot LF_{\text{mezclada}} - V_{\text{sub1}} \cdot LF_{\text{blanda}}}{V_{\text{mezclada}} - V_{\text{sub1}}}$$

60 Esta fórmula está depositada en una memoria 18 del equipo de control 13, al igual que toda la demás información necesaria para las funciones de control y regulación de la instalación de ablandamiento de agua 1.

Si, por ejemplo, la $LF_{\text{blanda}}=660 \mu\text{S/cm}$, $LF_{\text{mezclada}}=645 \mu\text{S/cm}$, $V_{\text{sub1}}=5.000 \text{ cm}^3/\text{min}$ y $V_{\text{mezclada}}=15.000 \text{ cm}^3/\text{min}$, se

obtiene entonces que $LF_{\text{sin tratar}}$ es 638 $\mu\text{S/cm}$.

A partir de esta conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ puede determinarse ahora la dureza del agua sin tratar. Obsérvese que, en esta situación, suponiendo que la conductividad del agua sin tratar es el 95 % de la conductividad del agua blanda, se habría obtenido una conductividad del agua sin tratar de 627 $\mu\text{S/cm}$, lo que corresponde a una desviación de casi un 2 %.

En la forma de realización mostrada, la dureza del agua sin tratar se calcula a partir de la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ dos veces de diferente manera mediante el equipo de control 13. Por un lado se determina con una primera curva característica de calibración K1 una dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$, que se usa para el control de la regeneración del dispositivo de ablandamiento 4. La primera curva característica de calibración K1 se basa, en este caso, en un factor de conversión de, en este caso, 30 $\mu\text{S/cm}$ por $^{\circ}\text{dH}$, lo que está depositado en la memoria 18 del equipo de control 13. En el ejemplo anterior con $LF_{\text{sin tratar}}=638 \mu\text{S/cm}$ se obtiene por tanto una dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ para fines de control de regeneración de 21,3 $^{\circ}\text{dH}$.

Por otro lado, con una segunda curva característica de calibración K2 se determina una dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ a la que se recurre para el control de mezclado. La segunda curva característica de calibración K2 se basa, en este caso en un factor de conversión de 38 $\mu\text{S}/^{\circ}\text{dH}$. Con $LF_{\text{sin tratar}}=638 \mu\text{S/cm}$ se obtiene entonces una dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ para fines de control de mezclado de 16,8 $^{\circ}\text{dH}$.

Por medio de la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ pueden calcularse ahora, por el equipo de control 13, los porcentajes A_{sub1} , A_{sub2} necesarios de las dos subcorrientes V_{sub1} , V_{sub2} en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} , para conseguir un determinado valor teórico SW de la dureza del agua mezclada H_{mezclada} .

La asociación entre la dureza en el agua blanda H_{blanda} , la dureza en el agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ y la dureza H_{mezclada} en el agua mezclada es la siguiente

$$H_{\text{mezclada}} = A_{\text{sub1}} \cdot H_{\text{blanda}} + A_{\text{sub2}} \cdot H_{\text{sin tratar}}$$

Con $A_{\text{sub2}}=1-A_{\text{sub1}}$ y resuelta según A_{sub1} se obtiene

$$A_{\text{sub1}} = \frac{H_{\text{sin tratar}} - H_{\text{mezclada}}}{H_{\text{sin tratar}} - H_{\text{blanda}}}$$

Con $H_{\text{mezclada}}=\text{SW}$ se obtiene entonces un porcentaje teórico $A_{\text{sub1}}(\text{SW})$ para la primera subcorriente V_{sub1} , al que puede regularse ahora la válvula de mezclado. Si el porcentaje actual $A_{\text{sub1}}=V_{\text{sub1}}/V_{\text{mezclada}}$ es menor que $A_{\text{sub1}}(\text{SW})$, se aumenta en el mezclado el porcentaje de agua blanda, entonces, mediante regulación de la válvula de mezclado 11. Si el porcentaje actual $A_{\text{sub1}}=V_{\text{sub1}}/V_{\text{mezclada}}$ es mayor que $A_{\text{sub1}}(\text{SW})$, se disminuye entonces el porcentaje de agua blanda mediante regulación de la válvula de mezclado.

Por regla general puede suponerse, como una buena aproximación, H_{blanda} en la fórmula anterior como 0 $^{\circ}\text{dH}$, con lo cual se simplifica aún más el cálculo.

Si, por ejemplo, con $H_{\text{sin tratar}}$ de 16,8 $^{\circ}\text{dH}$ del ejemplo anterior, la dureza del agua mezclada tuviese que regularse a 5,0 $^{\circ}\text{dH}$, es decir $\text{SW}=5,0 \text{ }^{\circ}\text{dH}$, entonces se obtiene para una dureza de agua blanda supuesta H_{blanda} de 0 $^{\circ}\text{dH}$ un porcentaje teórico para la primera subcorriente $A_{\text{sub1}}(\text{SW})=0,70$ o un 70 %. Este porcentaje se ajusta entonces, por el equipo de control 13 electrónico, por medio del servomotor 10 en la válvula de mezclado 11.

El equipo de control 13 electrónico supervisa también el estado de agotamiento de la resina de intercambio iónico en ambos depósitos 6a, 6b. Al extraer agua, se pondera la cantidad de agua blanda extraída (cf. la primera subcorriente V_{sub1} y el contador de agua 3a) en cada caso con la correspondiente dureza del agua sin tratar actual $H_{\text{sin tratar}}$, calculada para el control de la regeneración, y se sustrae de la capacidad residual actual. Si un depósito 6a, 6b está agotado, el equipo de control 13 electrónico saca el depósito 6a, 6b agotado de la red y lo somete a una regeneración; el otro depósito 6a, 6b puede asumir mientras el suministro de agua blanda. Para la regeneración se acciona automáticamente una válvula de regeneración 14 con un servomotor 15 mediante el equipo de control 13 electrónico, con lo cual fluye una solución de agente regenerador (preferentemente salmuera) 16 desde un recipiente de reserva 17 a través del depósito 6a, 6b agotado.

En una variante del procedimiento representado puede estar previsto recurrir, para la determinación de la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$, a valores promediados de LF_{blanda} y LF_{mezclada} . Para ello se efectúan normalmente un gran número de mediciones individuales, por ejemplo $N=8$ mediciones, y en cada caso se calcula el promedio, cf. la siguiente tabla 1 (datos en cada caso en $\mu\text{S/cm}$):

Tabla 1

N _i	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
LF _{blanda}	660	665	690	655	660	640	610	665	656
LF _{mezclada}	645	635	655	640	580	640	650	650	637

El cálculo del promedio evita, sobre todo, reajustes individuales sin sentido, en este caso, por ejemplo, en las mediciones n.º 5 (con evidentemente demasiada poca LF_{mezclada}) y n.º 7 (donde LF_{mezclada} se midió mayor que LF_{blanda}, lo que es físicamente inverosímil). Un reajuste de la posición de regulación del equipo de mezclado 19 se realiza aquí, en cada caso, después de que se hayan efectuado (en este caso) N=8 mediciones individuales y el cálculo del promedio se realiza con estas mediciones individuales, sobre la base de los valores medios obtenidos. Obsérvese que las mediciones individuales pueden distribuirse uniformemente a lo largo del periodo entre dos reajustes, o también pueden realizarse agrupadas, en particular todas poco antes de que transcurra el periodo entre dos reajustes.

Además, es posible rechazar valores individuales de un grupo de valores para el cálculo del promedio, por ejemplo en el ejemplo anterior en cada caso el valor de medición máximo y el mínimo de cada grupo de N=8 mediciones individuales, cf. tabla 2 con las correspondientes anulaciones (datos de nuevo en µS/cm). De este modo puede mejorarse por regla general adicionalmente la calidad del promediado.

Tabla 2

N _i	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
LF _{blanda}	660	665		655	660	640		665	658
LF _{mezclada}	645	635		640		640	650	650	643

En la figura 2 está representada una forma constructiva alternativa de una instalación de ablandamiento de agua 1' de acuerdo con la invención. Se explican solamente las diferencias esenciales en comparación con la forma constructiva anterior.

En esta instalación de ablandamiento de agua 1' solo hay un caudalímetro 3 en la corriente de agua sin tratar V_{sin tratar} que entra todavía sin dividir. La válvula de mezclado 11 está provista en este caso de un sensor 11a adicional, con el que puede leerse la posición de regulación de la válvula de mezclado 11, medida en este caso como longitud desplegada de un pasador de bloque. En el equipo de control 13 está depositada, para ello, por ejemplo la siguiente tabla 3:

Tabla 3

Longitud desplegada	A _{sub1}	A _{sub2}
0 mm	0,25	0,75
1 mm	0,30	0,70
2 mm	0,40	0,60
3 mm	0,55	0,45
4 mm	0,75	0,25
5 mm	1	0

El pasador de bloqueo puede desplegarse en este caso entre 0 mm y 5 mm. Con el pasador de bloqueo totalmente replegado (posición 0 mm) se establece la mayor segunda subcorriente V_{sub2} posible del 75 % en la corriente de agua mezclada V_{mezclada}. La segunda subcorriente V_{sub2} puede bloquearse completamente desplegando por completo el pasador de bloqueo (posición 5 mm); en este caso se pone a disposición en la salida 12 agua blanda.

A partir de la posición del pasador de bloqueo puede determinarse entonces en cualquier momento la división de los porcentajes A_{sub1}, A_{sub2}. Los porcentajes A_{sub1}, A_{sub2} en relación con posiciones expresamente indicadas en la tabla pueden leerse directamente de la tabla 3, y en relación con posiciones del pasador de bloqueo entre los puntos indicados en la tabla se determinan los porcentajes A_{sub1}, A_{sub2} mediante interpolación lineal. Así, por ejemplo, una longitud desplegada de 1,5 mm corresponde a un porcentaje A_{sub1} del 35 %, o un porcentaje A_{sub1} del 60 % corresponde a una longitud desplegada de 3,25 mm.

En esta forma de realización, para el control de mezclado no es necesario ningún caudalímetro. Con el caudalímetro 3 se hace un seguimiento (junto con el porcentaje A_{sub1} actual correspondiente, en caso de una respectiva extracción de agua, a la primera subcorriente V_{sub1} y la dureza del agua sin tratar H_{sin tratar} actual) en este caso únicamente de la cantidad de agua absoluta que se ha tratado desde una última regeneración del dispositivo de ablandamiento 4, para poder activar puntualmente la siguiente regeneración.

La figura 3 ofrece, ilustrado en un diagrama, el desarrollo del procedimiento de acuerdo con la invención, tal como se desarrolla por ejemplo en la instalación de ablandamiento de agua de la figura 1.

La instalación de ablandamiento de agua pone a disposición 100, durante el funcionamiento normal, de manera

5 continua agua mezclada, estando predefinidos los porcentajes A_{Sub1} de agua ablandada (primera subcorriente) y A_{Sub2} de agua no ablandada (segunda subcorriente) en el agua mezclada, a los que se ajusta el equipo de mezclado automático, por ejemplo mediante un cálculo precedente (véase la etapa 112) o una programación convencional para el inicio del procedimiento de acuerdo con la invención. Con estos porcentajes se obtiene al menos aproximadamente un valor teórico SW predefinido como dureza del agua mezclada H_{mezclada} .

10 Normalmente, una vez transcurrido un determinado periodo desde el inicio del procedimiento o desde la última vez que se recalcularon los porcentajes A_{Sub1} , A_{Sub2} (véase la etapa 112), por ejemplo una vez transcurridos 10 minutos, se realiza una medición 102 de la conductividad del agua blanda LF_{blanda} actual, de la conductividad del agua mezclada LF_{mezclada} actual y en este caso también de los porcentajes A_{Sub1} , A_{Sub2} actuales. Alternativamente, también pueden realizarse varias mediciones 104 de estos valores, en particular distribuidas a lo largo de dicho determinado periodo, y a continuación se efectúa un cálculo del promedio 106. Obsérvese que los porcentajes A_{Sub1} , A_{Sub2} también pueden determinarse sin mediciones de caudal a partir de la posición de regulación del equipo de mezclado automático.

15 Con estos valores o valores promediados, evaluando tanto LF_{blanda} como LF_{mezclada} , medidas en el área de agua blanda y en el área de agua mezclada con sensores, se calcula 108 la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ actual. A partir de esta conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ se determina 110 entonces la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ para fines de control de mezclado. Adicionalmente puede realizarse ahora también el cálculo de una dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ para fines de control de la regeneración.

20 Con la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ se determinan 112 de nuevo los porcentajes teóricos de las subcorrientes en el agua mezclada, para obtener una dureza del agua mezcla H_{mezclada} conforme al valor teórico SW predefinido. Entonces se sigue proporcionando agua mezclada 100, ajustándose o regulándose ahora los porcentajes A_{Sub1} , A_{Sub2} de las subcorrientes a los valores teóricos recién obtenidos. Una vez transcurrido dicho determinado periodo se repiten las mediciones 102, 104, y así sucesivamente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de ablandamiento de agua (1; 1') con un equipo de mezclado (19) automático, en donde se divide una corriente de agua sin tratar entrante $V_{\text{sin tratar}}$ en

- una primera subcorriente V_{sub1} , que se ablanda, y
- una segunda subcorriente V_{sub2} , que no se ablanda,

y se unen las dos subcorrientes V_{sub1} , V_{sub2} en una corriente de agua mezclada V_{mezclada} , en donde se ajustan los porcentajes de las dos subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} por el equipo de mezclado (19) automático de tal modo que se obtiene una dureza deseada SW en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} (100), calculándose (112) los porcentajes que han de ajustarse de las dos subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} a partir de la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ y de la dureza del agua ablandada H_{blanda} , y en donde la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$ se deduce (110) a partir de la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ por medio de una curva característica de calibración o una función de calibración, caracterizado por que

los porcentajes que han de ajustarse de las dos subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} se calculan de acuerdo con

$$A_{\text{sub1}} = \frac{H_{\text{sin tratar}} - H_{\text{mezclada}}}{H_{\text{sin tratar}} - H_{\text{blanda}}},$$

en donde se establece que $H_{\text{mezclada}} = \text{SW}$, y $A_{\text{sub2}} = 1 - A_{\text{sub1}}$;

por que la conductividad del agua ablandada LF_{blanda} se mide con un sensor de conductividad (9a) en la primera subcorriente ablandada V_{sub1} y la conductividad del agua mezclada LF_{mezclada} se mide con un sensor de conductividad (9b) en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} , y se determinan (102, 104, 106) los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} ,

en donde los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} se determinan por medio de dos caudalímetros (3a, 3b) o se determinan a través de una posición de regulación del equipo de mezclado (19) automático, que presenta un sensor (11a) para determinar la posición de regulación,

y por que la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ se calcula (108) a partir de la conductividad medida del agua blanda LF_{blanda} , la conductividad medida del agua mezclada LF_{mezclada} y los porcentajes determinados de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} de acuerdo con

$$LF_{\text{sin tratar}} = \frac{LF_{\text{mezclada}} - A_{\text{sub1}} \cdot LF_{\text{blanda}}}{A_{\text{sub2}}}$$

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que para la determinación de los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} está dispuesto un primer caudalímetro (3a) en la primera subcorriente V_{sub1} y está dispuesto un segundo caudalímetro (3b) en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} .

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la conductividad LF_{blanda} medida por el sensor de conductividad (9a) en la primera subcorriente ablandada V_{sub1} y la conductividad LF_{mezclada} medida por el sensor de conductividad (9b) en la corriente de agua mezclada V_{mezclada} se promedian (106) a lo largo de un periodo de promediado T o entre un número N de mediciones individuales, y los valores promediados de LF_{blanda} y LF_{mezclada} se usan (108) para calcular $LF_{\text{sin tratar}}$.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que, durante el periodo de promediado T o entre el número N de mediciones individuales, los porcentajes de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} no se cambian mediante el equipo de mezclado (19) automático.

5. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que también los porcentajes de las dos subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} se promedian a lo largo del periodo de promediado T o entre un número N de determinaciones individuales, y los valores promediados de A_{sub1} y A_{sub2} se usan para calcular $LF_{\text{sin tratar}}$.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado por que el periodo de promediado T abarca al menos 2 minutos, preferentemente al menos 10 minutos o el número N de mediciones individuales o determinaciones individuales asciende a al menos 100, preferentemente a al menos 1000.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 6, caracterizado por que una parte de los valores que entran dentro de un periodo de promediado T o que pertenecen a un número N de mediciones individuales o determinaciones individuales se ignoran para la determinación del valor promediado de LF_{blanda} y/o LF_{mezclada} y/o los porcentajes A_{sub1} , A_{sub2} , y por que los valores ignorados

- se sitúan fuera de un intervalo de valores predefinido, o
- pertenecen a un porcentaje relativo predefinido de valores máximos o mínimos en el periodo de promediado

T o dentro de las N mediciones individuales o determinaciones individuales.

- 5 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, a intervalos regulares, preferentemente al menos cada 10 minutos, especialmente preferentemente al menos cada 2 minutos, de manera automática
- se calcula (108) de nuevo la conductividad del agua sin tratar $LF_{\text{sin tratar}}$ a partir de valores actuales de LF_{blanda} , LF_{mezclada} , A_{sub1} y A_{sub2} ,
 - se deduce (110) de nuevo, a partir de la misma, la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$,
 - 10 - se calculan (112) de nuevo, con ello, los porcentajes que han de ajustarse de las subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} ,
 - y se reajusta (100) de manera correspondiente la posición de regulación del equipo de mezclado (19) automático.
- 15 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la dureza de la primera subcorriente ablandada H_{blanda} se establece en $H_{\text{blanda}}=0$ °dH.
- 20 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$, que se usa para controlar una operación de regeneración de un dispositivo de ablandamiento (4) de la instalación de ablandamiento de agua (1; 1'), se deduce por medio de una primera función de calibración K1 a partir de la conductividad calculada $LF_{\text{sin tratar}}$ del agua sin tratar, y por que la dureza del agua sin tratar $H_{\text{sin tratar}}$, que se usa para controlar el equipo de mezclado (19) automático, se deduce por medio de una segunda función de calibración K2 a partir de la conductividad calculada $LF_{\text{sin tratar}}$ del agua sin tratar.
- 25 11. Instalación de ablandamiento de agua (1; 1') con un equipo de mezclado (19) automático, con un sensor de conductividad (9a) en un área de agua blanda y un sensor de conductividad (9b) en un área de agua mezclada, además con dos caudalímetros (3a, 3b) para determinar porcentajes de subcorrientes A_{sub1} , A_{sub2} en una corriente de agua mezclada V_{mezclada} o con un sensor (11a) para determinar la posición de regulación del equipo de mezclado (19) automático, y con un equipo de control (13) electrónico con una memoria (18), en la que está depositada toda la información necesaria para las funciones de control y regulación de la instalación de ablandamiento de agua (1),
- 30 configurada para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10.

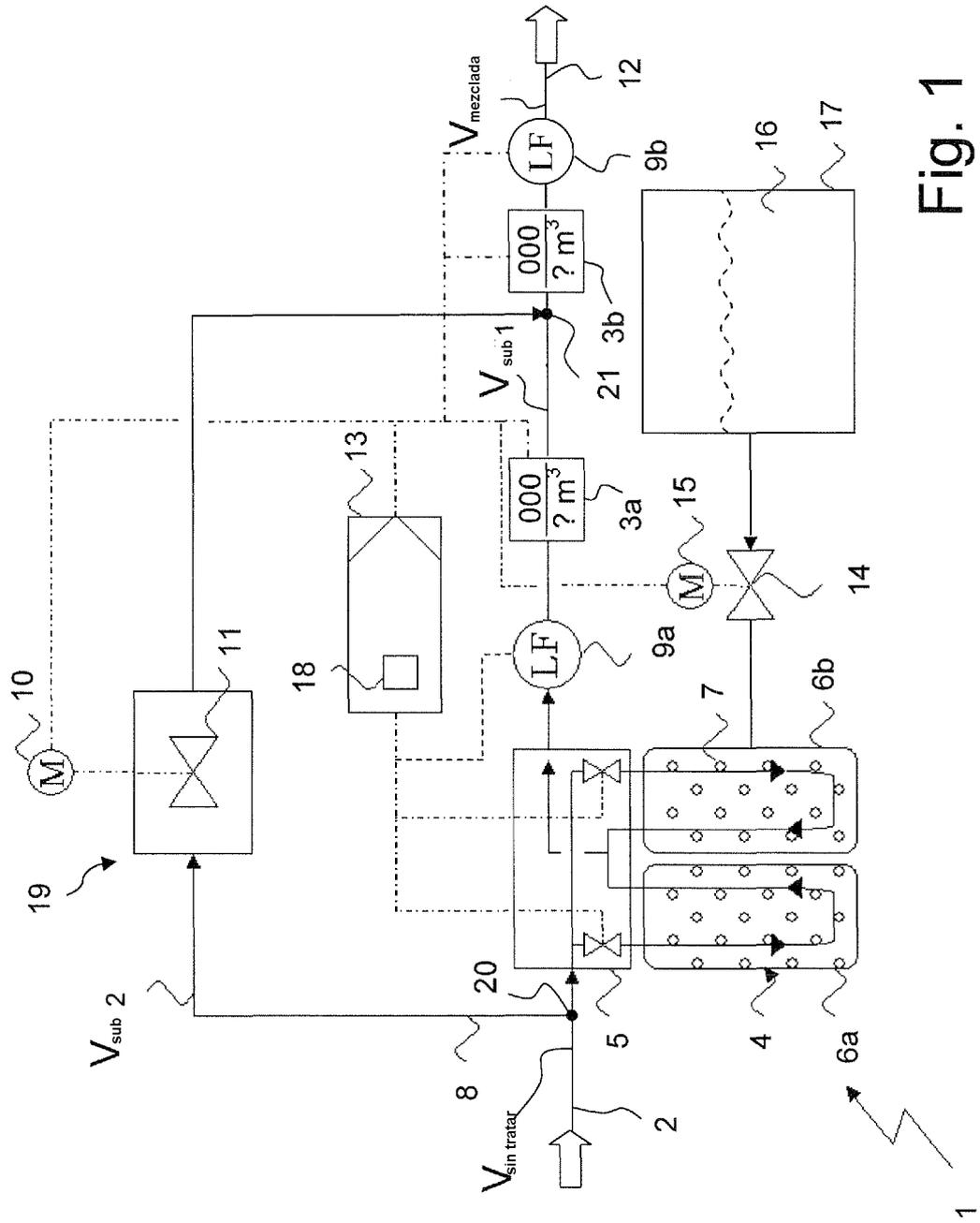


Fig. 1

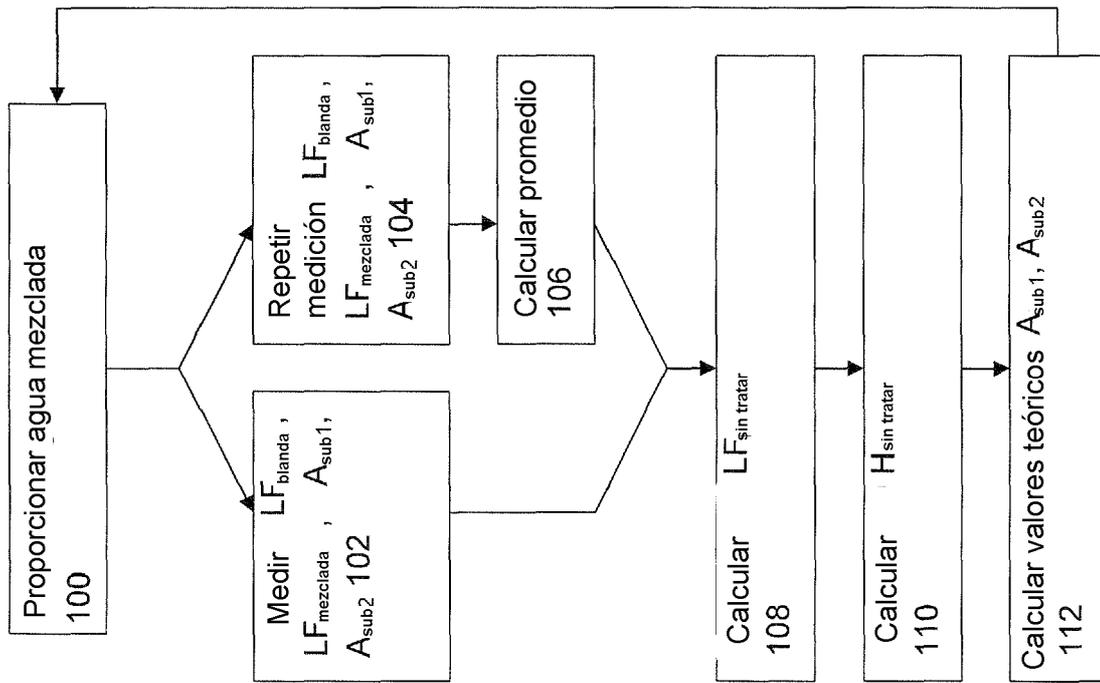


Fig. 3