

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 874**

51 Int. Cl.:

**F23N 1/02** (2006.01)

**F23N 5/18** (2006.01)

**F23D 14/60** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2016 E 16191924 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3301362**

54 Título: **Regulación de flujos turbulentos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.11.2020**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**LOCHSCHMIED, RAINER;  
SCHMANAU, MIKE y  
SCHMIEDERER, BERND**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 792 874 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

Regulación de flujos turbulentos

## 5 Antecedentes

La presente descripción se ocupa de la regulación de los flujos de un fluido en un dispositivo de combustión. En particular, la presente descripción se ocupa de la regulación de los flujos de fluidos tales como el aire en presencia de turbulencias.

10 Debido a los cambios en la temperatura del aire y/o en la presión del aire ocurren fluctuaciones en la relación de aire  $\lambda$ . Por lo tanto, los dispositivos de combustión están configurados con un excedente de aire. Esta medida sirve para evitar la combustión insalubre. La desventaja de configurar los dispositivos de combustión con un excedente de aire es la reducción de la eficiencia del sistema.

15 Además, para medir el caudal de aire pueden entrar en consideración los sensores de velocidad de rotación y los interruptores de presión de aire. La desventaja de los sensores de velocidad de rotación es que no son sensibles a las fluctuaciones de temperatura y presión del aire. La desventaja de los interruptores de presión de aire es que la supervisión de la presión de aire solo se logra a cierta presión. A pesar de esto, la presión del aire se puede supervisar a varias presiones mediante el uso de varios interruptores. Sin embargo, hasta ahora apenas ha sido posible un reajuste en todo el rango de funcionamiento del dispositivo de combustión. Una solución para el ajuste en un punto también ha requerido previamente dos unidades.

20 La aparición de turbulencias complica aún más el problema porque la señal de un sensor de flujo está muy influenciada por su posición instalada en medio de un flujo turbulento. Además, la turbulencia hace que la señal de medición sea muy ruidosa.

25 La patente europea EP1236957B1 se emitió el 2 de noviembre de 2006 y trata de la adaptación de un aparato de calefacción que funciona por quemador a un sistema de escape de aire/gas. EP1236957B1 describe un sensor de presión/sensor de masa de aire 28, que está dispuesto en el alimentador de aire 14 o en la salida de escape de gases de un aparato de calefacción. Un regulador 30 regula un ventilador 26 partiendo de la señal del sensor 28. Para ajustar el flujo de volumen de aire actual a un flujo de volumen de aire requerido se almacena una curva característica de funcionamiento 40. Para mejorar el comportamiento de regulación en caso de grandes diferencias de temperatura y con respecto a las características de funcionamiento de emergencia, se proporciona un sensor de temperatura 35.

30 La patente europea EP2556303B1 se emitió el 24 de febrero de 2016 y trata de un compuesto neumático con compensación de masas. EP2556303B1 describe un tubo de Venturi 5, que genera un vacío, con un caudalímetro másico 6 en un conducto adicional 7. Un controlador o regulador 9 regula la velocidad de rotación de un ventilador 1 en función de la señal del sensor 6.

35 La patente alemana DE102004055715B4 se emitió el 22 de marzo de 2007 y se ocupa del ajuste de la relación de aire de un dispositivo de combustión. Según DE102004055715B4, un flujo másico de aire  $m_L$  se ajustará a un valor aumentado para que se produzca una combustión higiénica. Se conocen otros métodos para controlar un dispositivo de quemado en EP1243857, DE102010010952 y US2009/111065.

El objeto de la presente divulgación es mejorar la regulación de los flujos en los dispositivos de combustión, especialmente en presencia de turbulencias.

## 50 Resumen

La presente divulgación enseña un procedimiento mejorado para regular un dispositivo de quemado según la reivindicación 1.

55 Un dispositivo de regulación se conecta ahora con al menos un primer actuador controlado y con al menos un segundo actuador controlado. Con ambos actuadores se establece la circulación de aire deseada. Para lograr la circulación de aire deseada a través del conducto principal, el dispositivo de regulación ajusta primero el actuador controlado, en función de los valores almacenados y/o determinados en el dispositivo de regulación, para el combustible de acuerdo con la circulación deseada en el conducto principal (suministro y/o descarga). El dispositivo de regulación determina ahora el flujo en el conducto principal en función de la señal del caudalímetro másico en el conducto lateral. A continuación, forma la diferencia con el valor requerido. El dispositivo de regulación regula el segundo actuador regulado sobre la base de la diferencia formada.

65 El problema mencionado de la regulación en presencia de turbulencia se aborda en base a las principales reivindicaciones de la presente divulgación. Formas de realización particulares se tratan en las reivindicaciones dependientes.

Es un objetivo relacionado que el ajuste del flujo de aire deseado o del combustible es el resultado de una regulación de temperatura de nivel superior. En este caso, la temperatura de un medio y/o una mercancía en el consumidor de calor se mantiene en un valor requerido con la ayuda de una regulación de temperatura.

5 Otro objetivo relacionado es que el ajuste de la cantidad de uno o más actuadores para ajustar el flujo de aire se determina, a través de una relación funcional almacenada respectivamente, a partir de una circulación de aire determinada. En este caso uno de los actuadores para ajustar el flujo de aire se regulará con la ayuda del sensor de flujo en el conducto lateral de tal manera que se alcanza el valor predeterminado del flujo de aire.

10 Otro objetivo relacionado es que el ajuste de la cantidad del combustible y el flujo de aire, cuyo valor se determina con la ayuda del sensor de flujo en el conducto lateral, se asignan entre sí. Esto puede hacerse mediante una asignación fija y/o mediante una asignación como resultado de una regulación  $\lambda$ .

15 Otro objetivo relacionado es que el rendimiento del quemador se determina a través de la circulación de aire, que se determina a través del caudalímetro másico en el conducto lateral. Con ayuda del caudalímetro másico, se compensan las influencias como la temperatura del aire y/o la presión barométrica en el aire. Si la relación de aire  $\lambda$  se mantiene constante con la ayuda de una regulación, el rendimiento del quemador permanece (casi) igual con independencia del tipo de combustible.

20 Es un objeto relacionado de la presente divulgación proporcionar un procedimiento y/o un dispositivo para regular los flujos en los dispositivos de combustión, en el que el procedimiento y/o el dispositivo están diseñados para la regulación a prueba de fallos de un flujo en un dispositivo de combustión.

25 Es otro objeto de la presente divulgación proporcionar un procedimiento y/o un dispositivo para regular los flujos en dispositivos de combustión, en el que el procedimiento y/o el dispositivo están diseñados para detectar fallos en el dispositivo de combustión, en particular para detectar fallos en los actuadores del dispositivo de combustión.

30 Es otro objeto de la presente descripción proporcionar un procedimiento y/o un dispositivo para regular flujos en dispositivos de combustión, en el que al menos un actuador se controla y/o regula usando una señal modulada por ancho de pulso.

Es otro objeto de la presente descripción proporcionar un procedimiento y/o un dispositivo para regular los flujos en dispositivos de combustión, en el que al menos un actuador se controla y/o regula usando un convertidor.

35 Es otro objeto relacionado de la presente divulgación proporcionar un procedimiento y/o un dispositivo para medir flujos en los dispositivos de combustión, en el que el ruido generado por la turbulencia en la señal del caudalímetro másico se filtra por medio de un circuito (electrónico y/o digital). Ventajosamente el filtrado se realiza mediante un filtro de valor medio móvil y/o usando un filtro con una respuesta de impulso finita y/o usando un filtro con una respuesta de impulso infinita y/o usando un filtro Chebyshev.

40 Breve descripción de las figuras

45 A partir de la siguiente descripción detallada se harán evidentes a los expertos en la materia los distintos detalles específicos. Las formas de realización individuales no son restrictivas. Los dibujos que acompañan a la descripción se pueden describir de la siguiente manera:

FIGURA 1 muestra esquemáticamente un sistema con un dispositivo de combustión, en el que se mide el flujo de un fluido en un alimentador de aire, que no forma parte de la invención.

50 FIGURA 2 muestra el conducto lateral esquemáticamente y en detalle.

FIGURA 3 muestra esquemáticamente un sistema con un dispositivo de combustión y con una aleta de aire dispuesto en el lado de presión, que no forma parte de la invención.

55 FIGURA 4 muestra esquemáticamente un sistema con un dispositivo de combustión y con un dispositivo de mezcla antes del ventilador, que no forma parte de la invención.

FIGURA 5 muestra esquemáticamente un conducto lateral con un conducto de derivación según la invención.

60 FIGURA 6 muestra esquemáticamente un circuito de regulación para el sistema.

Descripción detallada

65 La Figura 1 muestra un sistema que contiene un quemador 1, un consumidor de calor 2, un ventilador 3 con velocidad ajustable y una aleta ajustable por motor 4. La aleta ajustable por motor 4 está dispuesta después de la entrada de aire 27. El consumidor de calor 2 (intercambiador de calor) puede ser, por ejemplo, una caldera de agua

caliente. La circulación (flujo de partículas y/o flujo de masa) 5 del aire fluido puede ajustarse según, la figura 1, tanto por la aleta ajustable por motor 4 como también por especificación de la velocidad de rotación 22 del ventilador.

5 En ausencia de aleta 4, solo se puede ajustar el caudal de aire 5 por la velocidad de rotación del ventilador 3. Para ajustar la velocidad de rotación del ventilador 3, por ejemplo, entra en consideración la modulación por ancho de pulso. Según otra forma de realización, el motor del ventilador está conectado a un convertidor. Por lo tanto, la velocidad de rotación del ventilador se ajusta sobre la frecuencia del convertidor.

10 Según otra forma de realización, el ventilador funciona a una velocidad de rotación fija e invariable. El caudal de aire 5 se determina entonces por la posición de la aleta 4. Además, son posibles otros actuadores que cambian el caudal de aire 5. Estos pueden ser, por ejemplo, un ajuste de la boquilla del quemador y/o una aleta ajustable en el conducto de escape.

15 La circulación 6 (por ejemplo, el flujo de partículas y/o flujo másico) del combustible fluido a través del conducto de suministro de combustible 38 se ajusta mediante una aleta de combustible 9. Según una forma de realización, la aleta de combustible 9 es una válvula (ajustable por motor).

20 Como combustible se pueden considerar, por ejemplo, gases combustibles como el gas natural y/o el gas propano y/o el hidrógeno. Como combustible, también se puede usar un combustible líquido como el gasóleo de calefacción. En este caso, la aleta 9 se reemplaza por un regulador de presión de aceite ajustable por motor en el retorno de la boquilla de aceite. La función de desconexión de seguridad y/o la función de cierre se implementan mediante las válvulas de seguridad redundantes 7-8. Según una forma de realización especial, las válvulas de seguridad 7-8 y/o la aleta de combustible 9 se implementan como una unidad integrada o como unidades integradas.

25 Según otra forma de realización, el quemador 1 es un motor de combustión. En particular, una opción adecuada es un motor de combustión de una planta de cogeneración.

30 El combustible se añade al flujo de aire 5 en y/o antes del quemador 1. La mezcla se quema en la cámara de combustión del consumidor de calor 2. El calor se transporta en el consumidor de calor 2. Por ejemplo, el agua calentada se desvía a los elementos calefactores a través de una bomba y/o en los hornos industriales se calienta un material (directamente). El flujo de gases de escape 10 se conduce (al medio ambiente) a través de una ruta de gases de escape 30, por ejemplo, una chimenea.

35 Un dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 coordina todos los actuadores de tal manera que el caudal 6 de combustible correcto se ajusta a través de la posición de la aleta 9 para el caudal 5 de aire correspondiente para cada punto de potencia. Esto da como resultado la relación de aire deseada  $\lambda$ . Según una forma de realización especial, el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 está diseñado como un microcontrolador.

40 Para este propósito, el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 ajusta el ventilador 3 mediante la señal 22 y la aleta de aire 4 mediante la señal 23 a los valores almacenados en el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 (en forma de curva característica). Preferentemente el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 comprende una memoria (no volátil). Esos valores se almacenan en la memoria. El ajuste de la aleta de combustible 9 se fija mediante la señal 26. En funcionamiento, las válvulas de cierre de seguridad 7, 8 se abren a través de las señales 24, 25. Las válvulas de cierre de seguridad 7, 8 se mantienen abiertas durante el funcionamiento.

50 Si se detectan fallos en la aleta 4, 9 y/o en el ventilador 3 (por ejemplo, en la interfaz (electrónica) o en el dispositivo de control de la aleta y/o del ventilador), esto se puede subsanar mediante una retroalimentación orientada a la seguridad de la posición de la aleta 4 a través de la línea de señal 23 (bidireccional) para la aleta 4 y/o a través de la línea de señal 26 (bidireccional) para la aleta 9. Se puede realizar un informe de posición orientado a la seguridad, por ejemplo, utilizando detectores de posición redundantes. Si se requiere una retroalimentación orientada a la seguridad sobre la velocidad de rotación, esto puede llevarse a cabo a través de la línea de señal (bidireccional) 22 utilizando sensores de velocidad de rotación (orientados a la seguridad). Para este fin, se pueden usar, por ejemplo, sensores de velocidad de rotación redundantes y/o se puede comparar la velocidad de rotación medida con la velocidad de rotación requerida. Las señales de activación y retroalimentación se pueden transmitir a través de diferentes líneas de señal y/o a través de un bus bidireccional, por ejemplo, un bus CAN.

60 Antes del quemador se instala un conducto lateral 28. A través del conducto lateral 28 fluye una pequeña cantidad de aire saliente 15 hacia el exterior. Lo ideal es que el aire 15 fluya en este caso hacia el espacio desde el cual el ventilador 3 aspira el aire. Según otra forma de realización, el aire saliente 15 fluye hacia la cámara de combustión del consumidor de calor 2. Según otra forma de realización diferente, el aire fluye de vuelta al conducto de aire 11. En este caso, un elemento de resistencia al flujo (un obturador) está dispuesto en el conducto de aire 11 entre la toma y el retorno (al menos localmente). El conducto lateral 28 forma un divisor de flujo junto con el quemador 1 y la ruta de gas de escape 30 del consumidor de calor 2. Para una ruta de flujo definida a través del quemador 1 y la ruta de gases de escape 30, para un valor del flujo de aire 5 (claramente reversible), fluye a través del conducto lateral 28, un valor establecido de un flujo de aire 15. La ruta de flujo a través del quemador 1 y la ruta de gas de escape 30

solo deben fijarse para cada punto de potencia. Por lo tanto, puede variar en función de la capacidad (y, por lo tanto, sobre el caudal de aire).

5 El experto en la materia reconoce que el conducto lateral 28, en relación con el conducto de aire 11, puede ser tanto un conducto de salida como un conducto de entrada, dependiendo de las condiciones de presión.

10 Un elemento de resistencia al flujo (en forma de obturador) 14 está instalado en el conducto lateral 28. Con el elemento de resistencia al flujo 14, se define la cantidad de aire saliente 15 del divisor de flujo. El experto en la materia reconoce que la función del obturador 14 como resistencia al flujo definida también puede realizarse mediante un tubito de longitud (y diámetro) definido. El experto en la materia reconoce también que la función del obturador 14 también se puede realizar utilizando un elemento de flujo laminar y/o por medio de otra resistencia de flujo definida.

15 Según una forma especial de realización, la superficie de paso del elemento de resistencia al flujo 14 se puede ajustar por un motor. Para evitar y/o eliminar las obstrucciones causadas por partículas en suspensión se puede ajustar la superficie de paso del elemento de resistencia al flujo 14. En particular, el elemento de resistencia al flujo 14 se puede abrir y/o cerrar. La superficie de paso del elemento de resistencia al flujo se debe ajustar preferentemente varias veces para evitar y/o eliminar obstrucciones.

20 La cantidad de flujo 15 en el conducto lateral 28 depende de la superficie de paso del elemento de resistencia al flujo 14. Por lo tanto, el valor del flujo 5 se almacena, a través de los valores característicos almacenados en la memoria (no volátil), para los valores medidos del flujo 15 para cada superficie de paso utilizada del elemento de resistencia al flujo 14. Esto permite que el valor del flujo 5 pueda determinarse a partir de los valores medidos del flujo 15.

25 Con esta disposición, la circulación (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto lateral 28 es una medida del flujo de aire 5 a través del quemador. En este caso, las influencias debidas a cambios en la densidad del aire se compensan, por ejemplo, mediante cambios en la presión absoluta y/o la temperatura del aire por medio del caudalímetro másico13. Normalmente el flujo 15 es mucho menor que el flujo de aire 5. Por lo tanto, el flujo de aire 5 (prácticamente) no está influenciado por el conducto lateral 28. Según una forma de realización especial, el flujo 15 (de partículas y/o masa) a través del conducto lateral 28 es menor en al menos un factor de 100, preferiblemente en al menos un factor 1.000, más preferiblemente en al menos un factor 10.000 que el flujo (de partículas y/o masa) 5 a través del conducto de aire 11.

35 En la Figura 2 se muestra ampliada una sección en el área del conducto lateral 28. Con ayuda de un caudalímetro másico13, se detecta el valor del flujo de aire 15 en el conducto lateral 28. La señal del sensor se transmite a través de la línea de señal 21 al dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. En el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16, la señal se representa como un valor del flujo de aire 15 a través del conducto lateral 28 y/o del flujo de aire 5 a través del conducto de aire 11. Según otra forma de realización, un dispositivo de procesamiento de señal está presente donde se encuentra el caudalímetro másico13. El dispositivo de procesamiento de señal tiene una interfaz adecuada para transmitir una señal procesada (para un valor del flujo de aire) al dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16.

45 Sensores tales como el caudalímetro másico13 permiten la medición a altas velocidades de flujo, especialmente en relación con los dispositivos de combustión en funcionamiento. Los valores típicos de tales velocidades de flujo se encuentran en rangos entre 0,1 m/s y 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, o incluso 100 m/s. Los caudalímetros másicos que son adecuados para la presente descripción son, por ejemplo, sensores OMRON® D6F-W o el tipo SENSOR TECHNICS® WBA. El rango utilizable de estos sensores generalmente comienza a velocidades entre 0,01 m/s y 0,1 m/s y termina a velocidades como por ejemplo 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, o incluso 100 m/s. En otras palabras, los límites inferiores como 0,1 m/s se pueden combinar con límites superiores como 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, o incluso 100 m/s.

50 Independientemente de si el procesamiento de la señal tiene lugar en el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 o en la ubicación del caudalímetro másico13, el dispositivo de procesamiento de señal puede contener un filtro. El filtro promedia las fluctuaciones de la señal que están causadas por la turbulencia. Para este propósito, el experto en la materia selecciona un filtro adecuado, como por ejemplo un filtro de valor medio móvil, un filtro de respuesta finita al impulso, un filtro de respuesta infinita al impulso, un filtro Chebyshev, etc. Según una forma de realización especial, el filtro se implementa como un circuito electrónico (programable).

60 Es ventajosa la combinación de la sonda de estancamiento 12, el elemento de resistencia al flujo 14 y el filtro. El filtro permite compensar las partes de frecuencia de las fluctuaciones de la señal del caudalímetro másico13, que difícilmente se puede compensar a través de la sonda de estancamiento 12 y/o el elemento de resistencia al flujo 14. Preferentemente la sonda de estancamiento 12 integra fluctuaciones de presión del flujo másico 5 en el conducto de alimentación 11 de más de 10 Hz, más preferiblemente de más de 50 Hz. Preferentemente el elemento de resistencia al flujo 14 amortigua las fluctuaciones de presión del flujo másico 5 en el conducto de alimentación 11 por un factor de 5, más preferiblemente por más que un factor de 10 o incluso por más que un factor de 40. De forma complementaria, el filtro integra fluctuaciones en el rango superior a 1 Hz, preferentemente superior a 10 Hz.

Según otra forma de realización especial, las líneas de señal 21-26 individuales o todas están diseñadas como cables de red informática (de ocho hilos) con (o sin) transmisión de energía integrada en el cable. Ventajosamente, las unidades conectadas a las líneas de señal 21-26 no solo se comunican a través de las líneas de señal 21-26, sino que también reciben energía para su funcionamiento a través de las líneas de señal 21-26 adecuadas. Idealmente, se pueden transmitir potencias de hasta 25,5 vatios a través de las líneas de señal 21-26. Está previsto que algunas unidades individuales o todas las unidades conectadas a las líneas de señal 21-26 tengan almacenamientos de energía internos tales como acumuladores y/o (super) condensadores. Esto asegura, en particular, el suministro de energía a las unidades conectadas en el caso de que las potencias de esas unidades excedan las potencias que pueden transmitirse a través de las líneas de señal 21-26. Alternativamente, las señales también se pueden transmitir a través de un bus bidireccional de dos hilos, por ejemplo, un bus CAN.

La forma de medir un flujo en un conducto lateral 28 ilustrada en la figura 2 es particularmente ventajosa para dispositivos de combustión. El flujo de aire 5 en el conducto de aire 11 entre el ventilador 3 y el quemador 1 es (a menudo) turbulento. Las fluctuaciones de flujo resultantes de la turbulencia se encuentran en el mismo orden de magnitud que el valor medio del flujo de aire 5. Esto dificulta (considerablemente) la medición directa del valor del flujo de aire 5. Las fluctuaciones de flujo que se producen en el conducto lateral 28 resultan ser significativamente más pequeñas que las fluctuaciones de flujo generadas por el ventilador 3 en el conducto de aire 11. Por lo tanto, con la disposición mostrada en la Figura 2, se obtiene una relación señal-ruido considerablemente mejorada de la señal del caudalímetro másico 13. El conducto lateral 28 está construido de tal manera que (prácticamente) no se obtiene ningún perfil de flujo macroscópico relevante del flujo de aire 15. En el conducto lateral 28, el flujo de aire 15 preferentemente pasa de forma laminar sobre el caudalímetro másico 13. La persona experta en la materia usa, entre otras cosas, el número de Reynolds  $Re_D$  para clasificar el flujo másico 15 de un fluido en el conducto lateral 28 con diámetro D en laminar o turbulento. Según una forma de realización, los flujos con números de Reynolds  $Re_D < 4000$ , más preferiblemente  $Re_D < 2300$ , más preferiblemente  $Re_D < 1000$  se consideran laminares.

Preferentemente, la superficie de paso del elemento de resistencia al flujo 14 está dimensionada para permitir que surja un perfil de flujo definido, preferentemente laminar, (de un flujo másico 15) en el conducto lateral 28. Un perfil de flujo definido en el conducto lateral 28 se caracteriza por una distribución de velocidad definida de un flujo másico 15 en función del radio del conducto lateral 28. Por lo tanto, el flujo másico 15 no pasa de forma caótica. Un perfil de flujo definido es único para cada cantidad de flujo 15 en el conducto lateral 28. Con un perfil de flujo definido, el valor de flujo medido localmente en el flujo másico es representativo de la cantidad de flujo en el conducto lateral 28. Por lo tanto, es representativo de la cantidad de flujo 5 en el conducto de alimentación 11. Un perfil de flujo definido (de flujo másico 15) en el conducto lateral 28 preferentemente no es turbulento. En particular, un perfil de flujo definido (de un flujo másico 15) en el conducto lateral 28 puede tener una distribución de velocidad (parabólica) en función del radio del conducto lateral 28.

Sin embargo, en la disposición según la figura 2 no se trata de una medición indirecta de la presión. A diferencia de la medición de presión, se registran cambios en el flujo másico como consecuencia de un cambio de temperatura. El dispositivo descrito aquí también puede compensar los cambios de temperatura con la ayuda del dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. El caudalímetro másico 13 se puede montar (de una manera fácil para el experto en la materia) prácticamente en cualquier sistema en el lado de presión.

Para reducir aún más la influencia de las turbulencias, el flujo de aire 15 puede conducirse a través de una sonda de estancamiento 12 al conducto lateral 28. La sonda de estancamiento 12 está dispuesta en el conducto de aire 11. La sonda de estancamiento 12 está diseñada en forma de tubo con cualquier sección transversal (por ejemplo, redonda, angular, triangular, trapezoidal, preferiblemente redonda). El extremo del tubo 12 en la dirección del flujo de aire principal 5 está cerrado. El extremo del tubo, que sobresale del tubo con el flujo principal 5, forma el comienzo del conducto lateral 28. Ese extremo desemboca en el conducto lateral 28. Lateralmente en el lado de la sonda de estancamiento 12, hay varias aberturas (por ejemplo, ranuras y/u orificios) 31 en la dirección de la que proviene el flujo de aire 5. A través de las aberturas 31, puede entrar un fluido tal como, por ejemplo, aire del conducto de aire 11, en la sonda de estancamiento 12. Por lo tanto, la sonda de estancamiento 12 está en conexión fluida con el conducto de aire 11 a través de las aberturas 31. La superficie total de las aberturas 31 (la sección transversal de las aberturas 31 a través de las cuales puede fluir el flujo) es significativamente mayor que la superficie de paso del elemento de resistencia al flujo 14. Por lo tanto, la superficie de paso del elemento de resistencia al flujo 14 determina (en la práctica) el valor del flujo de aire 15 a través del conducto lateral 28. Según una forma de realización especial la sección transversal total de las aberturas 31 a través de la cual pueden pasar el flujo es mayor que el área de paso del elemento de resistencia al flujo 14 al menos en un factor 2, preferentemente en al menos un factor 10, en particular preferentemente en al menos un factor 20.

El experto en la materia elige, para la superficie total de las aberturas 31, una superficie pequeña en comparación con la sección transversal de la sonda de estancamiento 12. Esto significa que las fluctuaciones del flujo principal turbulento 5 no tienen (en la práctica) ningún efecto. En el tubo de la sonda de estancamiento se genera una presión de estancamiento estable. Según una forma de realización especial, la sección transversal total, a través de la cual pueden fluir el fluido, de las aberturas 31 es inferior que la sección transversal de la sonda de estancamiento 12 al menos en un factor 2, preferiblemente al menos en un factor 5, en particular preferiblemente al menos en un factor 10.

Otra ventaja de la disposición es que es muy poco probable que las partículas y/o las gotitas en suspensión entren en el conducto lateral 28. Debido a las velocidades considerablemente más bajas del aire en el conducto lateral 28 y debido a la presión de estancamiento en la sonda de estancamiento 12, las partículas y/o las gotitas en suspensión se arremolinan aún más en el flujo principal turbulenta 5. Las partículas sólidas más grandes y/o las gotitas difícilmente pueden entrar en la sonda de estancamiento 12 debido a la presión de estancamiento y a las aberturas 31. Se arremolinan pasando más allá de la sonda de estancamiento 12. Para este propósito, las aberturas individuales de la entrada 31 tienen preferentemente diámetros inferiores a 5 mm, más preferentemente inferiores a 3 mm, en particular preferentemente inferiores a 1,5 mm.

El experto en la materia pone las aberturas 31 a lo largo de la sonda de estancamiento 12 de tal manera que el valor medio de la presión de estancamiento se forma, en la sonda de estancamiento 12, sobre un perfil de flujo macroscópico del flujo de aire 5. El experto en la materia selecciona una sonda de estancamiento 12 de una longitud definida para suavizar un perfil de flujo macroscópico del flujo de aire 5 en el interior del tubo. Ajusta las condiciones de flujo respectivas para los conductos de aire 11 de diseños diferentes, sobre la sonda de estancamiento 12 de una longitud adaptada al conducto de aire 11. Esto se aplica, en particular, a los conductos de aire con diferentes diámetros.

En comparación con la figura 1, la figura 3 muestra, como una forma de realización modificada, un sistema con una aleta de aire 4 ajustable por motor. La aleta de aire 4 está situada aguas abajo del ventilador 3. La aleta de aire 4 también se encuentra aguas abajo del conducto lateral 28. El sistema según la figura 3 permite determinar la posición de la aleta de aire 4 y/o la velocidad de rotación del ventilador para cada punto de potencia. Así, de cada valor de flujo 5 y de la posición (confirmada) de la aleta de aire 4 y/o la velocidad de rotación (confirmada) del ventilador 3 resulta (claramente reversible) un valor de flujo 15 en el conducto lateral 28. En comparación con la figura 1 y la figura 3, la figura 4 muestra, como una forma de realización modificada, un sistema con un dispositivo de mezcla 17 antes del ventilador 3. En contraposición con los sistemas de la figura 1 y de la figura 3, el combustible no se mezcla con el aire en el quemador 1. En cambio, el combustible se mezcla con el flujo de aire 5 por medio de un dispositivo de mezcla 17 antes del ventilador 3. En consecuencia, la mezcla de combustible y aire se encuentra en el ventilador 3 (y en el conducto 11). La mezcla de aire y combustible se quema posteriormente en el quemador 1 en la cámara de combustión del consumidor de calor 2.

A diferencia de la figura 1 y la figura 3, el aire 15 fluye en el lado de succión a través del caudalímetro másico 13. El ventilador 3 genera un vacío en esta localización. En otras palabras, el conducto lateral 28 es un conducto de flujo de entrada. El conducto lateral 28 está dispuesto ventajosamente antes del dispositivo de mezcla 17. Por lo tanto, cualquier posible vacío generado por el dispositivo de mezcla 17 no afecta a la circulación 15 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto lateral 28.

Los cambios en la cantidad de gas como resultado de los ajustes en la aleta de combustible 9 ajustable por motor no afectan a la circulación 15 a través del conducto lateral 28. El dispositivo de mezcla 17 (en la práctica) ya no tiene ningún efecto en la zona del conducto lateral 28. Si el vacío en la alimentación del ventilador 3 no es suficiente, se puede generar una resistencia al flujo definida con un elemento de resistencia al flujo 18 en la entrada 27 de la alimentación del ventilador. Junto con el elemento de resistencia al flujo 14 en el conducto lateral 28 se realiza un divisor de flujo.

En la figura 4, el flujo de fluido 5 solo puede ajustarse a través del ventilador 3 con la ayuda de la línea de señal 22. El experto en la materia reconoce que además se puede instalar una aleta (con ajuste motorizado). Dicha aleta está dispuesta en el lado de presión o en el lado de succión del ventilador 3. Según otra forma de realización, la aleta puede instalarse en lugar del elemento de resistencia al flujo 18. Entonces está prácticamente diseñado como un elemento de resistencia al flujo ajustable por motor (con retroalimentación).

El caudalímetro másico 13 se puede instalar (fácilmente para el experto en la materia) en el lado de succión en prácticamente cualquier sistema. Los sistemas descritos en la figura 3 y la figura 4 también compensan los cambios en la densidad del aire, como se representa en la figura 1. Se determina en cada caso el flujo de partículas y/o flujo másico 5 del fluido a través del quemador 1.

La medición de la circulación 15 en el conducto lateral 28 tiene lugar con un caudalímetro másico 13. El caudalímetro másico 13 está dispuesto en el conducto de entrada / conducto de salida 28. El caudalímetro másico 13 funciona ventajosamente según el principio del funcionamiento de un anemómetro. En este caso, un calentador en funcionamiento (eléctrico) calienta el fluido. La resistencia de calentamiento se puede utilizar simultáneamente como resistencia de medición de la temperatura. La temperatura de referencia del fluido se mide en un elemento de medición dispuesto antes de la resistencia de calentamiento. El elemento de medición de la temperatura de referencia también puede diseñarse como una resistencia, por ejemplo, en forma de un elemento PT-1000.

Lo ideal es que la resistencia de calentamiento y la resistencia de temperatura de referencia estén dispuestos en un chip. El experto en la materia sabe que en este caso la calefacción debe estar térmicamente suficientemente desacoplada del elemento de medición de la temperatura de referencia. El anemómetro puede funcionar de dos formas posibles. Según una primera forma de realización, la resistencia de calentamiento se calienta con una

potencia de calentamiento, tensión de calentamiento y/o corriente de calentamiento constantes y conocidos. La diferencia de temperatura entre el calentador y el elemento de medición de la temperatura de referencia es una medida de la circulación (flujo de partículas y/o flujo másico) en el conducto lateral 28. Por lo tanto, también es una medida de la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) del flujo principal (a través del conducto 11).

5 Según una segunda forma de realización, el calentador se calienta en un lazo cerrado de regulación de temperatura. Esto da como resultado una temperatura constante del calentador. La temperatura del calentador (a excepción de las fluctuaciones debidas a la regulación) es igual a la temperatura del valor requerido del lazo de regulación. El valor requerido de temperatura del calentador se determina añadiendo una diferencia de temperatura constante a la temperatura medida del elemento de medición de la temperatura de referencia. Por lo tanto, la diferencia de temperatura constante corresponde, al exceso de temperatura del calentador en relación con el elemento de medición de la temperatura de referencia. La potencia introducida en el calentador es una medida para la circulación (flujo de partículas y/o flujo másico) en el conducto lateral 28. Por lo tanto, también es una medida de la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) del flujo principal.

15 Bajo ciertas circunstancias, el rango de medición del sensor de flujo puede corresponder a un pequeño flujo 15 en el conducto lateral 28. En consecuencia, si la presión del ventilador es suficientemente alta, la superficie de paso del elemento de resistencia al flujo 14, que determina la circulación 15, debe diseñarse pequeña. Con superficies de paso tan pequeñas, existe el riesgo de que el elemento de resistencia al flujo 14 sea obstruido por partículas en suspensión. La figura 5 muestra cómo en tales casos se puede construir un divisor de presión con el conducto de derivación 29.

25 Detrás del primer elemento de resistencia al flujo 14, con una superficie de paso mayor, se encuentra un segundo elemento de resistencia al flujo 19. Por lo tanto, la presión se divide entre los dos elementos de resistencia al flujo 14 y 19. Las superficies de paso de los elementos de resistencia al flujo 14 y 19 determinan la división de presión. Otro elemento de resistencia al flujo 20 está dispuesto antes del caudalímetro másico 13 en el conducto de derivación 29. El experto en la materia selecciona una superficie de paso suficientemente grande del elemento de resistencia al flujo 20. El experto en la materia también selecciona una superficie de paso del elemento de resistencia al flujo 20 que está adaptada al caudalímetro másico 13. Con el divisor de subflujo construido de esta manera, se puede deducir (claramente reversible) la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11.

35 Para una realización a prueba de fallos del proceso de medición, el caudalímetro másico 13 se puede implementar de forma redundante (dos veces) con comparación de resultados. El diseño dual incluye inicialmente al caudalímetro másico 13 en sí mismo, así como al dispositivo de procesamiento de señales. La comparación de resultados puede llevarse a cabo en hardware y/o en software seguro en la ubicación de los sensores y/o en el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. Según otra forma de realización, el conducto lateral 28 se implementa de forma redundante (dos veces). Preferentemente, cada conducto lateral redundante 28 presente incluye un elemento de resistencia al flujo 14. Esto permite detectar fallos debidos a los elementos de resistencia al flujo 14 obstruidos. El desvío para el segundo conducto lateral se encuentra en este caso preferentemente entre el elemento de resistencia al flujo 14 y la sonda de estancamiento 12. Se puede suponer que la sonda de estancamiento 12 es a prueba de fallos debido a las (comparativamente) grandes aberturas 31.

45 Se pueden detectar otros fallos, como la formación de depósitos en el caudalímetro másico 13, arañazos y/u otros daños que afectan a la señal de medición. El diseño redundante (doble) del dispositivo de procesamiento de señales, también permite reconocer fallos en el dispositivo de procesamiento de señales. Según una forma realización, los valores medidos de los caudalímetros másico 13 redundantes presentes, preferentemente con un promedio adicional en cada caso, se comparan entre sí por sustracción. La diferencia entonces se encuentra dentro de una banda de valor umbral

$$50 \quad -\epsilon_1 \leq \Delta \leq \epsilon_2$$

con los límites  $\epsilon_1$  y  $\epsilon_2$ . Con ayuda de una curva característica de los valores límite respectivos  $\epsilon_1$  y  $\epsilon_2$  por encima del valor requerido de la circulación 5, la diferencia  $\Delta$  para cada valor requerido de la circulación 5 se puede comparar y evaluar.

55 Con la disposición descrita, la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11 puede regularse mediante la señal del sensor 21 a través del ventilador 3. Para alcanzar el valor requerido de la circulación 5, todos los accionadores de aire 4, con la excepción de la velocidad de rotación del ventilador 3, se configuran en una posición requerida introducida como valor fijo. Las posiciones requeridas para la circulación solicitada 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11 se almacenan en el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. Por medio de un circuito de regulación cerrado, la velocidad de rotación del ventilador 3 se ajusta hasta el momento en que el valor medido por el sensor 21 alcanza el valor almacenado en la memoria para la circulación solicitada.

65 La figura 6 muestra el círculo de regulación. El valor requerido relacionado 32 para la circulación 15 en el conducto lateral 28 para la circulación solicitada 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) por el conducto lateral 11 se almacena

5 en la memoria del dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. Una comparación entre el valor requerido 32 y la señal 21 del caudalímetro másico<sup>13</sup> da como resultado una desviación 33 requerida/real a través de un (dispositivo para) formar la diferencia 35. Por medio de un regulador 37, que se puede diseñar, por ejemplo, como un regulador PI (autoadaptable) o como un regulador PID (autoadaptable), la señal de control 22 se puede preestablecer para el ventilador 3. En respuesta a la señal de ajuste 22, el ventilador 3 genera la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11. La señal 21 se genera, con la ayuda del dispositivo de medición 34 mencionado anteriormente, que comprende el conducto lateral 28, al menos un elemento de resistencia al flujo 14, el caudalímetro másico<sup>13</sup> y opcionalmente la sonda de estancamiento 12. La señal 21 es una medida (claramente reversible) para la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11. El circuito de regulación que se describe aquí compensa los cambios en la densidad del aire. Tales cambios se producen, por ejemplo, como resultado de las fluctuaciones de temperatura y/o de los cambios en la presión absoluta.

15 El experto en la materia sabe que el regulador 29 también puede realizarse como un regulador con lógica fuzzy y/o como una red neuronal. El experto en la materia sabe además que la señal de ajuste 22 para el ventilador 3 puede, por ejemplo, ser una señal modulada por ancho de pulso. Según una forma de realización alternativa, la señal de ajuste 22 para el ventilador 3 es una corriente alterna generada por un convertidor (de matrices). La frecuencia de la corriente alterna corresponde (es proporcional a) la velocidad del ventilador 3.

20 Si el sistema debe diseñarse a prueba de fallos, las posiciones requeridas de los actuadores 4 se deben determinar a prueba de fallos. Esto se hace, por ejemplo, usando dos sensores de posición (sensor de ángulo, sensor final de carrera, barreras fotoeléctricas, etc.).

25 El filtro (electrónico) opcional 36 suaviza la señal de medición. Según una forma de realización, el filtro 36 puede ser de un diseño adaptativo. Para este propósito, la señal de medición se promedia durante un tiempo de integración máximo y prolongado (por ejemplo, de dos a cinco segundos) como valor de comparación utilizando un filtro de valor medio móvil. Si un valor medido se desvía del valor medio de los valores medidos o, alternativamente, del valor requerido 32 fuera de un rango predeterminado, se supone un salto en el valor requerido. El valor medido ahora se usa directamente como el valor actual. Por lo tanto, el círculo de regulación reacciona inmediatamente con la frecuencia de muestreo del circuito de regulación.

30 Si los valores medidos vuelven a estar dentro del rango definido, el tiempo de integración se incrementa gradualmente con (cada) muestreo del circuito de regulación. El valor integrado de esta manera se usa como valor actual. Esto continúa hasta que se alcanza el tiempo máximo de integración. El circuito de regulación se considera ahora estacionario. El valor así promediado ahora se usa como el valor actual. El procedimiento descrito permite una señal de medición estacionaria exacta con la máxima dinámica.

40 Según una forma de realización, en un dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 diseñado como microcontrolador, la asignación de los ajustes 23 de al menos un actuador de aire 4 y del valor requerido 32 por el caudalímetro másico<sup>13</sup> se almacena en función de la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11. En una realización particularmente preferente, la función se almacena en forma tabular. Los valores intermedios entre los puntos definidos por la tabla se interpolan linealmente. Como alternativa, los valores intermedios entre los puntos definidos por la tabla son interpolados por un polinomio sobre varios valores adyacentes y/o sobre splines (cúbicos). El experto en la materia se da cuenta que también se pueden implementar otras formas de interpolación.

45 Según una forma de realización, el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 tiene un dispositivo de lectura para la identificación por radiofrecuencia (dispositivo de lectura RFID). El dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 está diseñado para usar el dispositivo de lectura para leer los parámetros de funcionamiento tales como las fórmulas (de polinomios definidos por secciones) y/o como las tablas mencionadas anteriormente de un denominado transpondedor RFID. Los parámetros de funcionamiento se almacenan posteriormente en la memoria (no volátil) del dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. Si es necesario, pueden ser leídos y/o utilizados por un microprocesador.

50 En la siguiente tabla junto al valor requerido para el caudalímetro másico 13 en el conducto lateral 28 se muestran los valores para la aleta motorizada 4. Además, en la siguiente tabla se muestran los valores para otra aleta o válvula (ajustable por motor) que actúa sobre la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11. Dependiendo de la forma de realización, también se pueden añadir más actuadores en forma de columnas. Según una forma de realización especial, ninguna de las aletas está presente. Esto significa que se suprimen las columnas correspondientes.

60

65

Circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11	Aleta o válvula 4 (ajustable por motor)	Aleta o válvula adicional (ajustable por motor)	Valor requerido 32 para la circulación 15 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto lateral 28
Valor 1	Ángulo 1	Ángulo 1	Valor del flujo 1
Valor 2	Ángulo 2	Ángulo 2	Valor del flujo 2
...	...	...	...
Valor n	Ángulo n	Ángulo n	Valor del flujo n

Si hay que establecer un valor determinado de la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11, entonces se buscan en la tabla los dos valores entre los cuales se encuentra el valor deseado de la circulación 5. Posteriormente se determina la posición entre los dos valores. Si el valor deseado de la circulación 5 se encuentra en una cantidad  $s\%$  entre los valores  $k$  y  $k + 1$  ( $1 \leq k < n$ ), entonces el ángulo de la aleta o la válvula 4 (ajustable por motor) también se aproxima a una distancia de  $s\%$  entre los ángulos  $k$  y  $k + 1$ . Lo mismo se aplica al ángulo (posición) de la aleta adicional o la válvula adicional (ajustable por motor). El valor de la circulación 5 puede especificarse como una cifra absoluta y/o relativa a un valor, preferiblemente relativo a la circulación 5 en el valor de rendimiento más alto. El valor de la circulación se almacena entonces, por ejemplo, como un porcentaje de la circulación 5 en el valor de rendimiento más alto.

Según otra forma de realización, en lugar de almacenarse en la tabla mencionada anteriormente, los ajustes de al menos un actuador de aire 4 se almacenan como un polinomio en función de la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11. Según aún otra forma de realización, los ajustes de al menos un actuador de aire 4 se almacenan como funciones definidas en sección dependiendo de la circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11. Según otra forma de realización, se almacenan los ajustes de al menos un actuador de aire 4 como una(s) curva(s) de apertura (válvula).

Para excluir un valor asumido incorrectamente del caudal de aire, por ejemplo, debido a componentes defectuosos y/o a líneas de suministro defectuosas, etc., el diseño puede ser hecho a prueba de fallos. Esto significa que al menos un actuador 4 de la tabla mencionada anteriormente puede supervisar su ajuste. Esto también significa que la circulación 15 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto lateral 28 se detecta de manera segura. Si se establece una circulación predeterminada 5 a través del conducto 11, se determina y se mueve la combinación correcta de los ajustes de al menos un actuador 4 y la circulación 15 a través del conducto lateral 28. Esto también sucede si la curva característica de actuadores individuales no es lineal. Con una secuencia de puntos de la curva característica con una separación suficientemente cercana entre sí, se obtiene una escala (casi) lineal para el caudal 5. Esto es una gran ventaja para el funcionamiento del dispositivo de combustión.

En la tabla que se muestra arriba, también se puede incluir el ajuste del actuador 9, con el que se establece el rendimiento de combustible 6. Este ajuste puede ser tanto la posición de una aleta y/o el ajuste o abertura de una válvula de combustible y/o un valor de flujo medido a partir del rendimiento de combustible 6.

Esto significa que siempre se asignará el caudal de combustible correcto 6 para una relación de aire preajustada para cada caudal de aire 5. El caudal de aire 5 se convierte así en sinónimo del valor de rendimiento, ya que el caudal de combustible 6 y el caudal de aire 5 están firmemente conectados entre sí. A la inversa, para ajustar el rendimiento, se pueden definir el caudal de combustible 6 o el ajuste del actuador de combustible 9. En la tabla, el caudal de aire asignado 5 se puede determinar en base a la curva característica y/o en base a la interpolación lineal entre los valores de la tabla. Las posiciones de los actuadores de aire 4 así como el valor requerido del flujo másico 32 de aire pueden interpolarse usando la tabla como se describe anteriormente y/o determinarse mediante otra asignación matemática.

Según una forma de realización, los valores de la circulación 5 se especifican como absolutos en el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. Según otra forma de realización, los valores para la circulación 5 se especifican en el dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16 en relación con un valor específico de la circulación. Los valores para la circulación se especifican preferiblemente en el dispositivo de regulación y/o control y/o supervisión 16 en relación con el caudal máximo 5 (de aire) para el máximo rendimiento.

En otra forma de realización especialmente preferente, el caudal de combustible 6 no se asigna directamente al caudal de aire 5. En esta forma de realización, en una segunda asignación funcional, el ajuste de la aleta de combustible o de la válvula de combustible 9 se asigna al caudal de combustible 6. Al igual que con el aire, esto se puede hacer usando una tabla como se muestra a continuación.

Flujo de combustible 6	Aleta de combustible o válvula de combustible 9 (ajustable por motor)
Valor 1	Ángulo 1
Valor 2	Ángulo 2
...	...
Valor n	Ángulo n

Aquí también es posible la interpolación (lineal) entre los valores individuales. La asignación, por supuesto, también se puede hacer utilizando polinomios que se definen al menos en secciones.

- 5 El caudal de combustible 6 almacenado en la tabla es un valor absoluto o relativo para una relación de aire  $\lambda_0$ . El caudal de combustible 6 almacenado en la tabla también es un valor absoluto o relativo para el combustible presente en la alimentación de combustible durante un proceso de ajuste. La relación de aire  $\lambda_0$  generalmente se especifica durante el proceso de ajuste. La asignación funcional se lleva a cabo durante el proceso de ajuste mencionado. En este caso, el caudal de combustible 6 del combustible proporcionado se asigna al caudal de aire 5 definido en la
- 10 escala linealizada en una relación de aire fija  $\lambda_0$ . La posición del accionador de combustible 9 se reproduce así en una escala lineal del caudal de combustible 6.

15 El caudal de aire 5 conocido en una escala lineal con el símbolo de fórmula  $\dot{V}_L$  y el caudal de combustible 6 conocido en una escala lineal con el símbolo de fórmula  $\dot{V}_G$  se relacionan a través de la ecuación  $\dot{V}_L = \lambda \cdot L_{min} \cdot \dot{V}_G$ .  $L_{min}$  es el mínimo requerimiento de aire del combustible, es decir, la relación de caudal de aire 5, que es necesaria en condiciones de estequiometría, en proporción con el caudal de combustible 6.  $L_{min}$  es una cantidad que depende de la composición del combustible o del tipo de combustible.

20 Durante el ajuste, la composición del combustible tiene el mínimo requerimiento de aire  $L_{min0}$ . Esto significa que durante el proceso de ajuste existe la relación

$$\dot{V}_{L0} = \lambda_0 \cdot L_{min0} \cdot \dot{V}_{G0}$$

25 entre el caudal de aire durante el proceso de ajuste  $\dot{V}_{L0}$ , la relación de aire durante el proceso de ajuste  $\lambda_0$ , el mínimo requerimiento de aire durante el proceso de ajuste  $L_{min0}$  y el caudal de combustible durante el proceso de ajuste  $\dot{V}_{G0}$ . En el punto de máximo rendimiento la relación es

$$\dot{V}_{L0max} = \lambda_0 \cdot L_{min0} \cdot \dot{V}_{G0max}$$

30 con el caudal de aire en el punto de máximo rendimiento  $\dot{V}_{L0max}$  y con el caudal de combustible  $\dot{V}_{G0max}$  en el punto de máximo rendimiento. En cada caso en relación con el caudal de aire 5 o el caudal de combustible 6 al rendimiento máximo, como se determina durante el proceso de ajuste, surge para cada estado de funcionamiento la relación

$$35 \quad \frac{\dot{V}_L}{\dot{V}_{L0max}} = \frac{\lambda}{\lambda_0} \cdot \frac{L_{min}}{L_{min0}} \cdot \frac{\dot{V}_G}{\dot{V}_{G0max}}$$

para el caudal de aire 5 en función del caudal de combustible 6. Con el valor relativo respectivo del caudal de aire 5  $\frac{\dot{V}_L}{\dot{V}_{L0max}} = \dot{V}_{RL}$  y el valor relativo del caudal de combustible 6  $\frac{\dot{V}_G}{\dot{V}_{G0max}} = \dot{V}_{RG}$  la relación se convierte en:

$$40 \quad \dot{V}_{RL} = \frac{\lambda}{\lambda_0} \cdot \frac{L_{min}}{L_{min0}} \cdot \dot{V}_{RG}$$

Si tiene condiciones como el ajuste en relación con la relación de aire  $\lambda$  y la composición del gas, entonces  $\dot{V}_{RL} = \dot{V}_{RG}$ . Por lo tanto, el caudal de aire relativo es igual al caudal de combustible relativo, como también se determinó durante el proceso de ajuste en relación con los valores máximos.

- 45 Si, por ejemplo, la composición del gas cambia, el mínimo requerimiento de aire  $L_{min}$  también cambia, de modo que  $\frac{L_{min}}{L_{min0}} = F \neq 1$ . Entonces el caudal de combustible 6 debe incrementarse por el factor 1/F si la relación de aire  $\lambda$  debe permanecer en el mismo valor. En otras palabras, si la composición del combustible cambia, en la cual el mínimo requerimiento de aire  $L_{min}$  aumenta en un factor F, el caudal de combustible 6 debe reducirse por el factor F en relación con las condiciones de ajuste para una relación de aire constante  $\lambda$ . Alternativamente, el caudal de aire 5
- 50 puede aumentarse por el factor F.

Si se desea cambiar la relación de aire  $\lambda$  por el factor F, el flujo de combustible 6 también debe reducirse por el factor F o el caudal de aire 5 aumentarse por el factor F.

5 Ambos valores, el caudal de aire 5 y el caudal de combustible 6, están disponibles en cada caso en una escala casi lineal. Por lo tanto, es suficiente conocer el factor F para un punto de rendimiento para calcular el caudal de combustible 6 para cada punto de rendimiento a partir de los valores almacenados durante el ajuste, si el caudal de aire 5 se usa como una variable de rendimiento. Si se usa el caudal de combustible 6 como variable de rendimiento 5, de manera equivalente se puede calcular el caudal de aire correcto 5 para cada punto de rendimiento.

10 Con las asignaciones respectivas de las posiciones para los ajustadores de aire 4 o para el valor requerido 32 en el conducto de salida para el flujo de aire 5 y la asignación del ajuste del actuador de combustible 9 al caudal de combustible 6, las posiciones correspondientes pueden ajustarse para un valor de rendimiento predeterminado. La cantidad transportada del ventilador 3 se puede ajustar en consecuencia.

15 El valor actual para el caudal de combustible 6 se asigna así al valor actual del caudal de aire 5 a través de un factor fijo. Se determina un factor básico durante el ajuste como se mostró anteriormente. Para una representación directa del caudal de aire 5 o del caudal de combustible 6, equivale a  $\lambda_0 \cdot L_{min}$ . Para una representación del caudal de aire 5 o del caudal de combustible 6 relativo a los valores máximos respectivos del proceso de ajuste, se establece preferentemente en uno.

20 Si las condiciones cambian en un factor F en comparación con los ajustes con respecto a la relación de aire  $\lambda$  o la composición del combustible, el caudal de aire 5 o el caudal de combustible 6 se ajusta en un factor de 1/F en comparación con los valores de ajuste almacenados.

25 Si, en otra forma de realización, en caso de cambio de las composiciones del combustible el factor F se determina sobre la regulación  $\lambda$ , entonces este valor también se aplica a todos los puntos de rendimiento. Con la ayuda de las escalas lineales para el caudal de aire 5 y el caudal de combustible 6, el rendimiento se puede cambiar significativamente más rápido de lo que permitiría la regulación  $\lambda$ . Esto significa que la regulación  $\lambda$  y el ajuste de rendimiento están desacoplados entre sí. Esto es muy ventajoso porque como resultado de los tiempos de funcionamiento del sistema o de las constantes de tiempo del sistema, el círculo de regulación  $\lambda$  regula los cambios relacionados con el medioambiente significativamente de forma más lenta de lo que en comparación puede cambiarse el rendimiento. Los cambios relacionados con el medioambiente típicos son la temperatura del aire, la presión del aire, la temperatura del combustible y/o el tipo de combustible. Tales cambios suelen ocurrir tan lentamente que el círculo de regulación  $\lambda$  es suficientemente rápido para esto.

30 La regulación  $\lambda$  puede realizarse con la ayuda de un sensor de  $O_2$  en los gases de escape. El experto en la materia puede calcular fácilmente la relación de aire  $\lambda$  a partir del valor medido derivado de un sensor de  $O_2$  en el gas de escape.

40 Una ventaja particular en el procedimiento presentado es el uso del sensor de flujo 13. A través de un circuito de regulación representado según la figura 6 se corrigen las fluctuaciones de densidad en el aire 5 causadas por cambios de temperatura y/o fluctuaciones en la presión barométrica. Por lo tanto, ya existe un valor compensado para la escala linealizada del caudal de aire 5. El círculo de regulación  $\lambda$  solo tiene que regular las fluctuaciones en la composición del gas.

45 Si se selecciona el caudal de aire 5 como una variable de rendimiento, el caudal de combustible 6 se reajusta a través del circuito de regulación  $\lambda$  cuando cambia la composición del combustible, de modo que el rendimiento del quemador permanece casi constante. Esto se debe a que la unidad de energía para la mayoría de los combustibles más comúnmente utilizados se correlaciona (aproximadamente) de manera lineal con el mínimo requerimiento de  
50 aire  $L_{min}$ .

El circuito de regulación según la figura 6 también compensa los errores en el ventilador y/o los regula. Los fallos en el ventilador 3 son, por ejemplo, un mayor deslizamiento de la rueda del ventilador y/o fallos en la activación (electrónica). Además, se pueden detectar fallos más graves del ventilador 3, que ya no se pueden corregir. Para este propósito, se detecta si la velocidad de activación 22 del ventilador 3 se encuentra fuera de una banda predeterminada para cada circulación 5 a través del conducto 11. Así, los valores límite superior e inferior de la velocidad de rotación y/o las señales de activación 22 del ventilador 3 se almacenan ventajosamente en la tabla mencionada anteriormente para las circulaciones dadas 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11. Los valores se almacenan en particular preferentemente en una memoria (no volátil) del dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. Según otra forma de realización, los valores límite superior e inferior para la velocidad de rotación y/o las señales de activación 22 del ventilador 3 se almacenan en función de funciones (definidas en secciones) tales como, por ejemplo, líneas rectas y/o polinomios.

65 El experto en la materia reconoce que la circulación 5 a través del conducto 11 también se puede regular por otro actuador. Por ejemplo, en la figura 6, la regulación del ventilador 3 puede reemplazarse por una regulación de la aleta 4 (ajustable por motor). En este caso, para cada valor requerido 32 de la circulación 5, todos los actuadores,

incluido el ventilador 3, con excepción del ajuste regulado de la aleta o de la válvula 4 (ajustable por motor), se ajustan en la posición requerida introducida como un valor fijo. La posición requerida respectiva para una circulación 5 dada (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11 se almacena en la memoria (no volátil) del dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia 16. Los ajustes de los actuadores y el valor requerido 32 de la circulación 15 a través del conducto lateral 28 también se almacenan aquí en función de la circulación 5 a través del conducto 11, como ya se mencionó anteriormente. La interpolación se lleva a cabo como se ha descrito anteriormente.

Para la tabla anterior, la regulación de la aleta o de la válvula 4 (ajustable por motor) significa que el ajuste de ese actuador se reemplaza por la velocidad de rotación del ventilador 3. A continuación se muestra una tabla adaptada en consecuencia:

Circulación 5 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto 11	Ventilador 3	Aleta adicional o válvula adicional (ajustable por motor)	Valor requerido 32 para la circulación 15 (flujo de partículas y/o flujo másico) a través del conducto lateral 28
Valor 1	Velocidad 1	Ángulo 1	Valor de flujo 1
Valor 2	Velocidad 2	Ángulo 2	Valor de flujo 2
...	...	...	...
Valor n	Velocidad n	Ángulo n	Valor de flujo n

Si el sistema debe diseñarse a prueba de fallos, las posiciones requeridas de los actuadores deben determinarse a prueba de fallos. Esto se hace, por ejemplo, utilizando dos sensores de posición (sensores de posición angular, sensores de carrera, sensores de velocidad de rotación, sensores de efecto Hall, etc.). En base al regulador 37, la aleta o la válvula 4 (ajustable por el motor) se ajusta hasta que la señal 21 del caudalímetro másico 13 en el conducto lateral 28 alcanza el valor almacenado en la memoria para la circulación requerida. Según una forma de realización especial, la velocidad del ventilador 3 no se puede cambiar. La circulación 5 a través del conducto 11 se ajusta exclusivamente a través de la aleta adicional o la válvula adicional (ajustable por el motor).

En las dos formas de realización anteriores con regulación del caudal de aire 5 a través de la aleta 4 (ajustable por motor), el ajuste de la aleta 9 también se puede incluir directamente con un valor fijo en la tabla. Sin embargo, aquí también se puede formar una segunda asignación para la cantidad de combustible 6. La asignación de la escala linealizada del caudal de combustible 6 a la escala linealizada del caudal de aire 5 está determinada por un factor como se describió anteriormente.

Las partes de un dispositivo de regulación o un procedimiento según la presente divulgación pueden implementarse como hardware, como un módulo de software, que se ejecuta mediante una unidad informática, o mediante una computadora en la nube, o mediante una combinación de las opciones antes mencionadas. El software puede incluir un firmware, un controlador de hardware, que se ejecuta dentro de un sistema operativo o un programa de aplicación. Por lo tanto, la presente divulgación también se refiere a un producto de programa informático que contiene las características de esta divulgación o lleva a cabo los pasos necesarios. Cuando se implementan como software, las funciones descritas se pueden almacenar como uno o más comandos en un medio legible por ordenador. Algunos ejemplos de medios legibles por ordenador incluyen memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria magnética de acceso aleatorio (MRAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria flash, ROM programable electrónicamente (EPROM), ROM programable y borrable electrónicamente (EEPROM), registros de una unidad informática, disco duro, dispositivo de almacenamiento extraíble, memoria óptica o cualquier otro medio adecuado al que pueda accederse a través de un ordenador o de otros dispositivos y aplicaciones de TI.

Según la invención, la presente divulgación enseña un procedimiento según la reivindicación 1.

En otras palabras, la presente descripción muestra, como una forma de realización preferente, un procedimiento para regular un dispositivo quemador con un caudalímetro másico 13 en un conducto lateral 28 de un conducto de alimentación 11 del dispositivo quemador, un regulador 37, al menos un primer actuador 4, 3 que actúa sobre el conducto de alimentación 11 y al menos uno segundo actuador 3, 4 que actúa sobre el conducto de alimentación 11, en el que al menos un primer actuador 4, 3 y en el que al menos un segundo actuador 3, 4 (respectivamente) están diseñados para recibir señales, el procedimiento comprende los pasos siguientes:

- Solicitar la circulación 5 de un fluido a través del conducto de alimentación 11,
- Asignar la circulación solicitada 5 a través del conducto de suministro 11 a un (a un valor del) ajuste del al menos un primer actuador 4, 3,
- Generar una primera señal 23, 22 para el al menos un primer actuador 4, 3, en el que la primera señal generada 23, 22 es una función del ajuste del al menos un primer actuador 4, 3 asignado para la circulación solicitada 5 a través del conducto de alimentación 11,
- Emitir la primera señal generada 23, 22 a al menos un primer actuador 4, 3,

- Genera una segunda señal 21 por el caudalímetro másico13, en el que la segunda señal 21 es una función de una circulación 15 a través del conducto lateral 28,  
 Procesar la segundos señal 21 generada por el caudalímetro másico13 en un valor actual de la circulación 15 a través del conducto lateral 28,  
 5 Procesar la circulación solicitada 5 a través del canal de alimentación 11 a un valor requerido 32 de la circulación 15 a través del conducto lateral 28,  
 Generar una señal de regulación 22, 23 a través del regulador 37 para el al menos un segundo actuador 3, 4 en función del valor actual de la circulación a través del conducto lateral 28 y en función del valor requerido 32 de la circulación 15 a través del conducto lateral 28,  
 10 Emitir la señal de regulación generada 22, 23 a al menos un segundo actuador 3, 4.

El conducto lateral 28 y el conducto de alimentación 11 del dispositivo quemador están en comunicación fluida entre sí. El al menos un segundo actuador 3, 4 está diseñado preferentemente para recibir una señal de regulación 37. La circulación 15 a través del conducto lateral 28 es preferentemente un flujo másico (de un fluido gaseoso). La circulación 5 a través del conducto de alimentación 11 es preferentemente un flujo másico (de un fluido gaseoso). El al menos un primer actuador 4, 3 y el al menos un segundo actuador 3, 4 actúan preferentemente en serie (en fila) en el conducto de alimentación 11. El al menos un primer actuador 4, 3 y el al menos un segundo actuador 3, 4 están en fila (dispuesto en el canal de alimentación 11).

20 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además el procedimiento mencionado anteriormente, en el que el procesamiento de la circulación solicitada 5 a través del conducto de suministro 11 a un valor requerido 32 de la circulación 15 a través del conducto lateral 28 comprende una asignación reversiblemente única (de la circulación solicitada 5 a través del conducto de alimentación 11 a un valor requerido 32 de la circulación 15 a través del conducto lateral 28).

25 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que se genera una señal de regulación (por el regulador 37) para el al menos un segundo actuador 3, 4 usando un regulador proporcional-integral 37.

30 Según una forma de realización especial, el regulador proporcional integral 37 es un regulador autoadaptativo.

Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que la generación de una señal de regulación (por el regulador 37) para el al menos un segundo actuador 3, 4 se lleva a cabo utilizando un regulador 37 proporcional-integral-derivado.

35 Según una forma de realización especial, el regulador proporcional-integral-derivativo 37 es un regulador auto adaptativo.

40 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que al menos un segundo actuador del dispositivo quemador comprende un ventilador 3 con una velocidad de rotación ajustable, en el que el ventilador 3 con una velocidad de rotación ajustable comprende un accionamiento, y en el que preferentemente el ventilador 3 está dispuesto en el conducto de alimentación 11 del dispositivo quemador.

45 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que la señal de regulación generada 22, 23 en al menos un segundo actuador 3, 4 es una señal modulada por ancho de pulso.

50 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que la señal de regulación generada 22, 23 en al menos un segundo actuador 3, 4 es una señal de convertidor con una frecuencia que corresponde a la velocidad de rotación del ventilador 3.

55 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que al menos un primer actuador del dispositivo quemador comprende una aleta 4 ajustable por motor con un accionamiento, y la aleta 4 ajustable por motor está dispuesta preferentemente en el conducto de alimentación 11 del dispositivo quemador.

60 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que cuando la señal de regulación 22, 23 es generada por el regulador 37, se forma una diferencia entre el valor requerido 32 y el valor actual 21 para el al menos un segundo actuador 3, 4.

Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que el procesamiento de la segunda señal 21 generada por el caudalímetro másico13 comprende un filtrado de la segunda señal 21 generada por el caudalímetro másico13.

65 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que el procesamiento de la segunda señal 21 generada por el caudalímetro

másico13 comprende un filtrado con un umbral 3dB de la segunda señal 21 generada por el caudalímetro másico13, en el que el umbral 3dB del filtrado está configurado de manera que se integrarán las fluctuaciones de la señal 21 de una frecuencia mayor que 1 Hz, preferiblemente mayor que 10 Hz.

5 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que la asignación de la circulación solicitada 5 a través del conducto de alimentación 11 a un (un valor del) ajuste del al menos un primer actuador 4, 3 se realiza en base a una tabla predeterminada, en la que las circulaciones solicitadas 5 a través del conducto de alimentación 11 se asignan a los valores de los ajustes del al menos un primer actuador 4, 3.

10 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que la asignación de la circulación solicitada 5 a través del conducto de alimentación 11 se asigna a (a un valor del) ajuste del al menos un primer actuador 4, 3 en base a una tabla predeterminada con interpolación posterior, en la que en la tabla predeterminada los valores de la circulación 5 solicitada a través del conducto de alimentación 11 se asignan a valores de los ajustes de al menos un primer actuador 4, 3, preferentemente también a los a valores de los ajustes de cada actuador diferentes del al menos un segundo actuador 3, 4.

20 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que la asignación de la circulación solicitada 5 a través del conducto de suministro 11 al (un valor del) ajuste de al menos un primer actuador 4, 3 se efectúa sobre la base de una función (polinomio) predeterminada (definida en sección) en el que los valores de la circulación solicitada 5 a través del conducto de alimentación 11 se asignan a los valores de los ajustes del al menos un primer actuador 4, 3, preferentemente también a los valores de los ajustes de cada actuador diferentes del al menos un segundo actuador 3, 4.

25 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que al generar una señal de regulación 22, 23, (por el regulador 37) para al menos un segundo actuador 3, 4, se forma el importe de una diferencia entre el valor requerido 32 y el valor actual 21 y en el que la cantidad que se forma de la diferencia entre el valor requerido 32 y el valor actual 21 se comparan con un valor umbral predeterminado y en el que preferentemente el valor umbral es una función del valor requerido 32.

35 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que el dispositivo quemador comprende además un conducto de alimentación de combustible 38 con al menos una válvula de cierre de seguridad 7 - 8 para cerrar el conducto de alimentación de combustible 38, en el que la al menos una válvula de cierre de seguridad 7 - 8 está realizada para recibir una señal 24 - 25 para apagar el dispositivo quemador y en respuesta a recibir una señal 24 - 25 para apagar el dispositivo quemador se cierra el conducto de suministro de combustible 38, el procedimiento comprende además los pasos siguientes:

40 Comparar la señal de regulación generada 22 - 23 con un valor umbral superior (predeterminado) y/o con un valor umbral inferior (predeterminado),

45 Generar una señal 24 - 25 para apagar el dispositivo quemador si la señal de regulación generada 22 - 23 se encuentra por encima del valor umbral superior (predeterminado) o por debajo del valor umbral inferior (predeterminado),

50 Salida de la señal generada 24 - 25 para apagar el dispositivo quemador a la al menos una válvula de cierre de seguridad 7 - 8 si la señal de regulación generada 22 - 23 se encuentra por encima del valor de umbral superior (predeterminado) o por debajo del valor de umbral inferior (predeterminado).

55 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que el dispositivo quemador comprende además un conducto de alimentación de combustible 38 con al menos una válvula de cierre de seguridad 7 - 8 para cerrar el conducto de alimentación de combustible 38, en el que la al menos una válvula de cierre de seguridad 7 - 8 está realizada para recibir una señal 24 - 25 para apagar el dispositivo quemador y en respuesta a la recepción de una señal 24 - 25 para apagar el dispositivo quemador, cerrar el conducto de alimentación de combustible 38, el procedimiento comprende además los pasos siguientes:

60 Comparar el valor actual de la circulación 15 a través del caudal lateral 28 con un valor umbral superior (predeterminado) y/o con un valor umbral inferior (predeterminado),

65 Generar una señal 24 - 25 para apagar el dispositivo quemador, si el valor actual de la circulación 15 a través del conducto lateral 28 se encuentra por encima del valor umbral superior (predeterminado) o por debajo del valor umbral inferior (predeterminado),

Salida de la señal generada 24 - 25 para apagar el dispositivo quemador a la al menos una válvula de cierre de seguridad 7 - 8 si el valor actual de la circulación 15 a través del conducto lateral 28 se encuentra por encima del valor de umbral superior (predeterminado) o por debajo del valor de umbral inferior (predeterminado).

5 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que el valor umbral inferior (predeterminado) y/o el valor umbral superior (predeterminado) son una función de la circulación solicitada 5 a través del conducto de suministro 11.

10 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que el regulador 37 contiene una memoria (no volátil) y el valor umbral inferior (predeterminado) y/o el valor umbral superior (predeterminado) se almacenan en la memoria del regulador 37. El regulador 37 está diseñado preferentemente para leer el valor umbral inferior (predeterminado) y/o el valor umbral superior (predeterminado) de la memoria (no volátil).

15 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que dispositivo quemador además comprende un conducto de alimentación de combustible 38 y al menos un actuador de combustible 9 que actúa en el conducto de alimentación de combustible 38 y el actuador de combustible 9 está diseñado para recibir una señal de (combustible) 26, el procedimiento comprende además los pasos siguientes:

Solicitar la circulación 6 de un combustible a través del conducto de alimentación de combustible 38,

25 Asignar la circulación 6 del combustible a través del conducto de alimentación de combustible 38 a un ajuste de al menos un actuador de combustible 9,

30 en el que preferentemente la asignación de la circulación de combustible 6 a través del canal de alimentación de combustible 38 a un ajuste de al menos un actuador de combustible 9 tiene lugar en base a una tabla (idealmente con interpolación posterior) y/o por medio de una función polinómica (definida al menos en secciones), en la que los valores de la circulación solicitada 6 a través del conducto de alimentación de combustible 38 se asignan a los valores de los ajustes de al menos un actuador de combustible 9,

35 Generar una señal de combustible 26 para al menos un actuador de combustible 9, en el que la señal de combustible generada 26 es una función del ajuste de al menos un actuador de combustible 9 asociado con la circulación solicitada 6 a través del conducto de alimentación de combustible 38,

40 Salida de la señal de combustible generada 26 a al menos un actuador de combustible 9 y preferentemente

Ajustar al menos un actuador de combustible 9 de acuerdo con la salida de la señal de combustible 26.

45 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que el regulador 37 comprende una memoria (no-volátil) y la tabla y/o la función polinómica que están almacenados en la memoria del regulador 37. El regulador 37 esta preferentemente diseñado para leer la tabla y/o la función polinómica de la memoria (no-volátil).

50 Como forma de realización preferente, la presente divulgación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en el que la asignación de la circulación de combustible 6 a través del conducto de alimentación de combustible 38 a los valores del actuador de combustible 9 se lleva a cabo mediante una tabla universal (idealmente con interpolación posterior) y/o mediante una función polinómica universal (definida al menos en secciones), el procedimiento comprende además el paso:

55 Asignar el o los ajuste(s) de cada actuador 4, 3, 9, que es diferente de al menos un segundo actuador 3, 4 del dispositivo de quemado, a una circulación 5 de un fluido a través del conducto de alimentación 11 sobre la base de la tabla universal o de una función polinómica universal (definida al menos en secciones).

60 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, en los que el regulador 37 comprende una memoria (no volátil) y la tabla universal y/o la función polinómica universal se almacenan en la memoria del regulador 37. El regulador 37 está diseñado preferentemente para leer la tabla universal y/o la función polinómica universal de la memoria (no volátil).

65 La presente revelación enseña además uno de los procedimientos mencionados, el procedimiento además comprende el paso:

Asignar una circulación 6 de un combustible a través del conducto de alimentación de combustible 38 a una

circulación 5 de un fluido a través del conducto de alimentación 11 mediante un factor constante entre la circulación 6 de un combustible a través del conducto de alimentación de combustible 38 y la circulación 5 de un fluido a través del conducto de suministro 11.

5 Como forma de realización preferente, la presente divulgación muestra además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, el dispositivo quemador comprende además un conducto de gases de escape 30 con una sonda en el conducto de gases de escape 30 y una regulación que está diseñado para recibir señales de la sonda del conducto de gases de escape 30, el procedimiento comprende además los pasos:

10 Generar una señal por la sonda en el conducto de gases de escape 30,

Transmitir la señal de la sonda en el conducto de gases de escape 30 a la regulación  $\lambda$ ,

15 Determinar (mediante la regulación  $\lambda$ ) un factor variable entre la circulación de un combustible 6 a través del conducto de alimentación de combustible 38 y la circulación 5 de un fluido a través del conducto de alimentación 11 como función de la señal de la sonda en el conducto de gases de escape 30,

(Transmitir el factor variable determinado al regulador 37),

20 Asignar (por el regulador  $\lambda$  y/o por el regulador 37) una circulación 6 de un combustible a través del conducto de alimentación de combustible 38 a una circulación 5 de un fluido a través del conducto de alimentación 11 sobre la base del factor variable determinado.

La regulación  $\lambda$  del dispositivo quemador está integrado preferentemente en el regulador 37.

25 La señal generada por la sonda en el conducto de gases de escape 30 es preferentemente una función de una relación de aire de un flujo de fluido en el conducto de escape y/o una función de un contenido de oxígeno de un flujo de fluido en el conducto de escape.

30 La sonda en el conducto de gas de escape 30 es preferentemente una sonda  $\lambda$  y/o una sonda de  $O_2$  (sonda de oxígeno).

Como forma de realización preferente, la presente revelación enseña además uno de los procedimientos mencionados anteriormente, el procedimiento comprende además el paso de:

35 Determinar el rendimiento del dispositivo quemado en base al valor requerido 32 del regulador 37 y/o en base al valor de la circulación solicitada 5 a través del conducto de alimentación 11.

40 Como forma de realización preferente la presente revelación enseña además un medio de almacenamiento legible por ordenador no volátil que almacena un conjunto de instrucciones para su ejecución por al menos un procesador que, cuando es ejecutado por un procesador, también realiza uno de los procedimientos mencionados.

45 Lo anterior se refiere a una forma de realización individual de la divulgación. Se pueden hacer varios cambios a las formas de realización sin desviarse de la idea subyacente y sin apartarse del alcance de esta divulgación. El objeto de la presente divulgación está definido por sus reivindicaciones. Se pueden hacer varios cambios sin salir del alcance de protección de las siguientes reivindicaciones.

#### Simbolos de referencia

- 50 1 Quemador  
 2 Consumidor de calor (intercambiador de calor)  
 3 Ventilador  
 4 Aleta o válvula (ajustable por motor)  
 5 Circulación (flujo de partículas y/o flujo másico) o flujo a través del conducto 11 (caudal de aire)  
 55 6 Flujo de fluido de un fluido combustible (caudal de combustible)  
 7, 8 Válvula de seguridad  
 9 Aleta o válvula (ajustable por motor)  
 10 Flujo de gas de escape  
 11 Conducto de alimentación (conducto de aire)  
 60 12 Punto de conexión, sonda de estancamiento  
 13 Caudalímetro másico  
 14 Elemento de resistencia al flujo (obturador)  
 15 Circulación o flujo en el canal lateral  
 16 Dispositivo de regulación y/o control y/o vigilancia  
 65 17 Dispositivo de mezcla

- 18 , 19, 20 Elementos de resistencia al flujo (obturadores)
  - 21-26 Líneas de señal
  - 27 Entrada de aire
  - 28 Conducto lateral
  - 5 29 Conducto de derivación
  - 30 Conducto de gases de escape
  - 31 Aberturas de la sonda de estancamiento
  - 32 Valor requerido para la regulación
  - 33 Desviación actual requerida
  - 10 34 Disposición de medición
  - 35 Formación de la diferencia
  - 36 Filtro
  - 37 Reguladores, por ejemplo, un regulador PI(D)
  - 38 Conducto de alimentación de combustible
- 15

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para regular un dispositivo de quemado con un caudalímetro másico (13) en un conducto lateral (28) de un conducto de alimentación (11) del dispositivo de quemado, un regulador (37), al menos un primer actuador (4, 3) que actúa en el conducto de alimentación (11) y al menos un segundo actuador (3, 4) que actúa en el conducto de alimentación (11), en el que al menos un primer actuador (4, 3) y el al menos un segundo actuador (3, 4) están diseñados para recibir señales, el procedimiento comprende los pasos siguientes:
  - Solicitar una circulación (5) de un fluido a través del conducto de alimentación (11),
  - Asignar la circulación solicitada (5) a través del conducto de alimentación (11) a un ajuste de al menos un primer actuador (4, 3),
  - Generar una primera señal (23, 22) para el al menos un primer actuador (4, 3), en el que la primera señal generada (23, 22) es una función del ajuste del al menos un primer actuador (4, 3) asignado a la circulación solicitada (5) a través del conducto de alimentación (11),
  - Salida de la primera señal generada (23, 22) al menos a un primer actuador (4, 3),
  - Generar una segunda señal (21) por el caudalímetro másico (13), en el que la segunda señal (21) es una función de una circulación (15) a través del conducto lateral (28),
  - Procesar la segunda señal (21) generada por el caudalímetro másico (13) hasta un valor actual de la circulación (15) a través del conducto lateral (28),
  - Procesar la circulación solicitada (5) a través del conducto de alimentación (11) a un valor requerido (32) de la circulación (15) a través del conducto lateral (28),
  - Generar una señal de regulación (22, 23) por el regulador (37) para el al menos un segundo actuador (3, 4) como función del valor actual de la circulación a través del conducto lateral (28) y como función del valor requerido (32) de la circulación (15) a través del conducto lateral (28),
  - Salir la señal de regulación generada (22, 23) a al menos un segundo actuador (3, 4), en el que un primer elemento de resistencia al flujo (14) y un segundo elemento de resistencia al flujo (19) están dispuestos en el conducto lateral (28), en el que el primer elemento de resistencia al flujo tiene una superficie de paso mayor que el segundo elemento de resistencia al flujo,
  - el conducto lateral (28) tiene un conducto de derivación (29) con un tercer elemento de resistencia al flujo (20),
  - el caudalímetro másico (13) está dispuesto en el conducto de derivación (29) del conducto lateral (28), en el que el elemento de resistencia al flujo (20) está dispuesto antes del caudalímetro másico (13), y el al menos primer actuador (4, 3) y el al menos segundo actuador (3, 4) están dispuestos en serie.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el procesamiento de la circulación solicitada (5) a través del conducto de alimentación (11) a un valor requerido (32) de la circulación (15) a través del conducto lateral (28) es una asignación reversible no ambigua de la circulación solicitada (5) a través del conducto de alimentación (11) hasta el valor requerido (32) de la circulación (15) a través del conducto lateral (28).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la generación de una señal de regulación para el al menos un segundo actuador (3, 4) se realiza por medio de un regulador proporcional-integral (37) o por medio de un regulador proporcional-integral derivativo (37).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que al menos un segundo actuador del dispositivo de quemado contiene un ventilador (3) con una velocidad de rotación regulable, en el que el ventilador (3) con velocidad de rotación regulable comprende un accionamiento, y en el que el ventilador (3) está dispuesto en el conducto de suministro (11) del dispositivo de quemado.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la señal de regulación generada (22, 23) en al menos un segundo actuador (3, 4) es una señal modulada por ancho de pulso o es una señal convertidora con una frecuencia que corresponde a la velocidad de rotación de al menos un segundo actuador (3, 4) diseñada como un ventilador (3).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el al menos un primer actuador del dispositivo de quemado comprende una aleta ajustable por motor (4) con un accionamiento, y la aleta ajustable por motor (4) está dispuesta en el conducto de suministro (11) del dispositivo de quemado.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el procesamiento de la segunda señal (21) generada por el caudalímetro másico (13) comprende un filtrado de la segunda señal (21) generada por el caudalímetro másico (13).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la asignación de la circulación solicitada (5) a través del conducto de alimentación (11) a un ajuste del al menos un primer actuador (4, 3) se lleva a

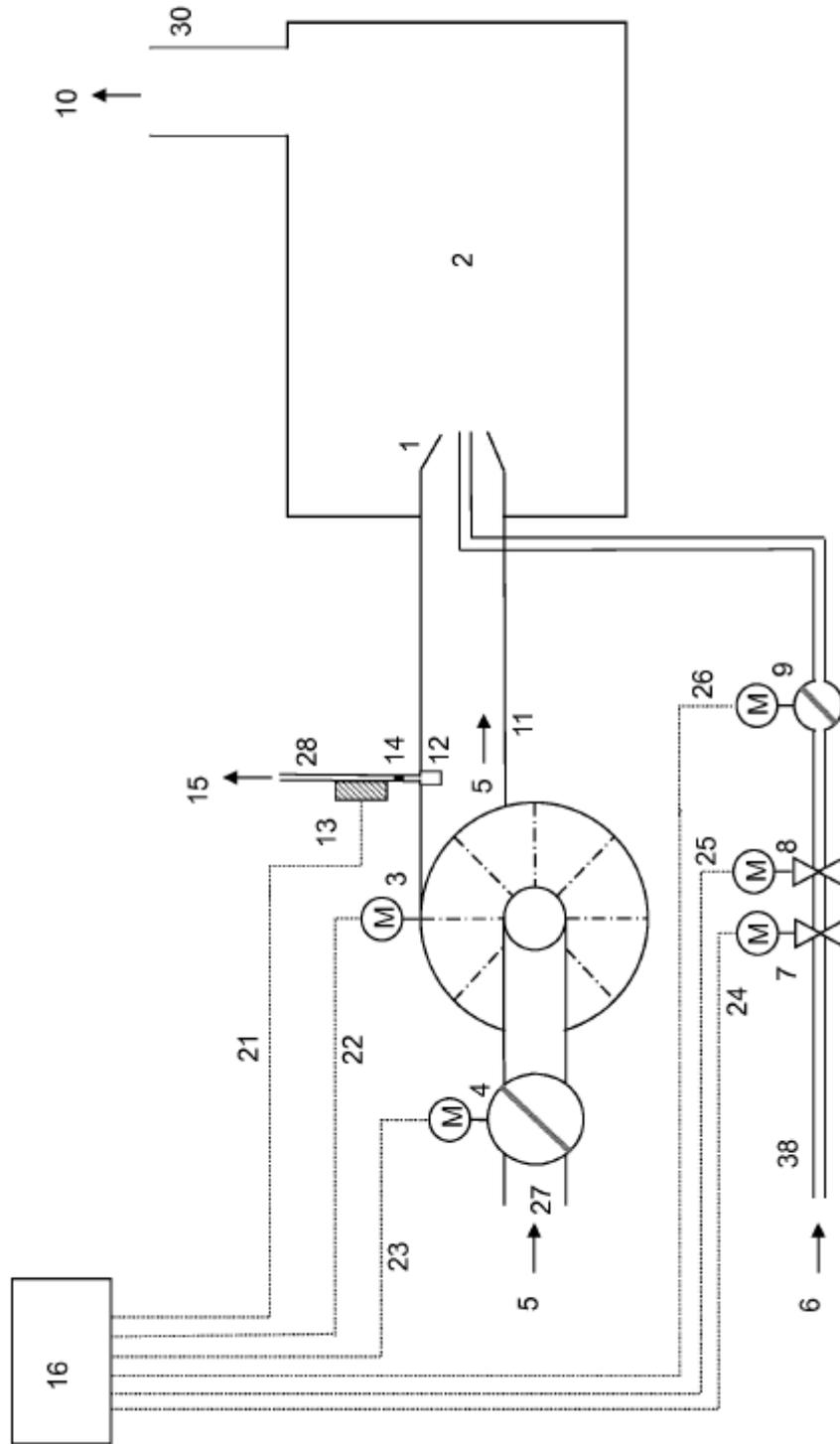
cabo sobre la base de una tabla predeterminada, en la que los valores de la circulación solicitada (5) a través del conducto de suministro (11) son valores asignados de los ajustes del al menos un primer actuador (4, 3).

5 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, el procedimiento comprende además el paso de: determinar el rendimiento del dispositivo de quemado sobre la base del valor requerido (32) del regulador (37) y/o sobre la base del valor de la circulación solicitada (5) a través del conducto de suministro (11).

10 10. Medio de almacenamiento legible por ordenador no volátil que almacena un conjunto de instrucciones para la ejecución por al menos un procesador que, cuando lo ejecuta un procesador, realiza el procedimiento que comprende los pasos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

15

FIG 1



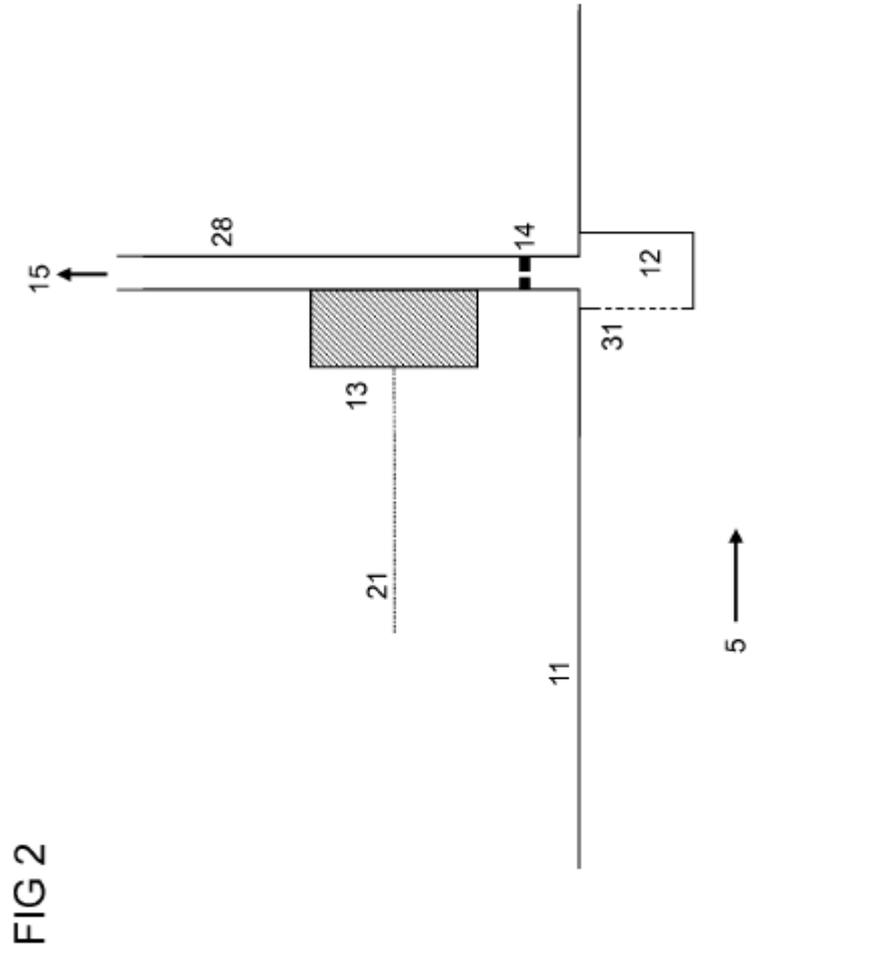


FIG 3

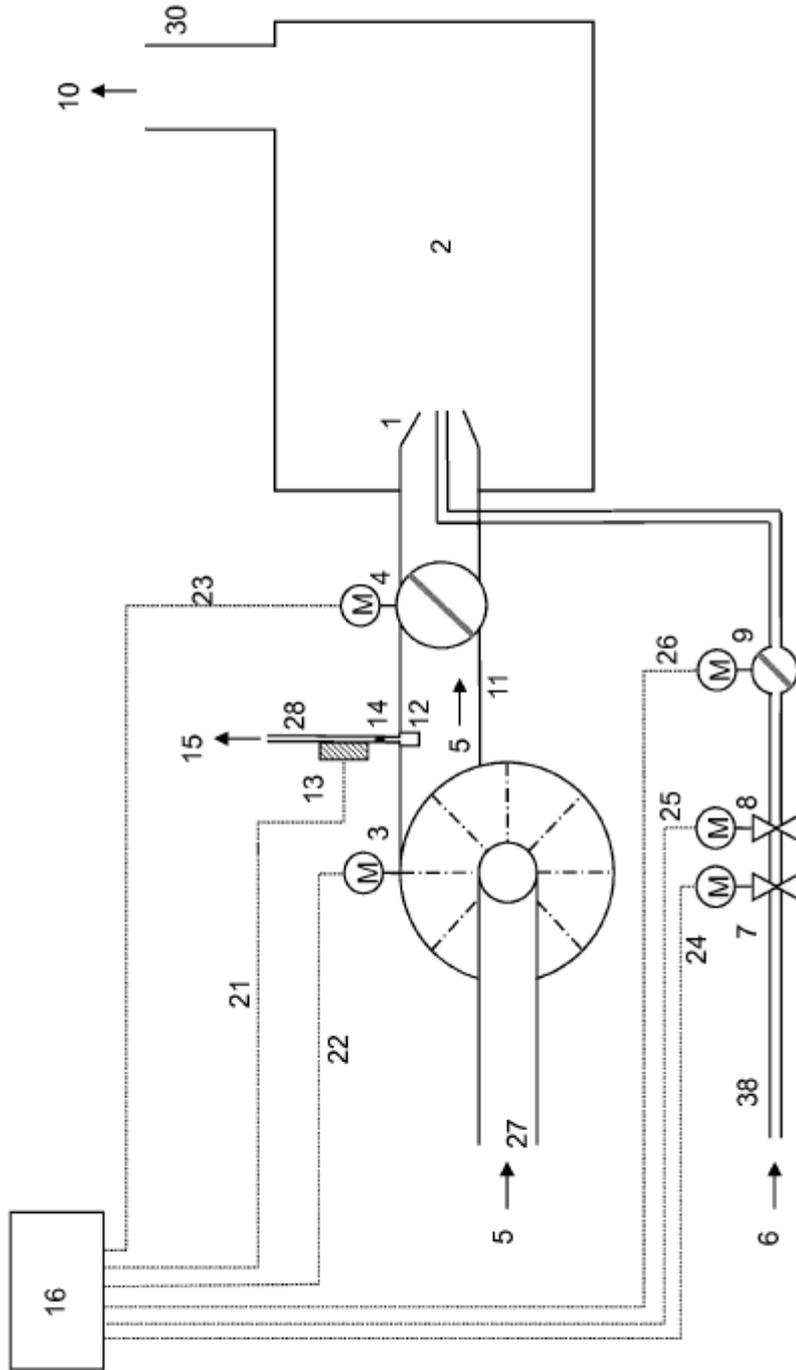


FIG 4

