



(11) **EP 3 301 362 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.04.2018 Patentblatt 2018/14

(51) Int Cl.:
F23N 1/02^(2006.01) **F23N 5/18^(2006.01)**
F23D 14/60^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16191924.6**

(22) Anmeldetag: **30.09.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **Lochschmied, Rainer**
76287 Rheinstetten-Forchheim (DE)
• **Schmanau, Mike**
76316 Malsch (DE)
• **Schmiederer, Bernd**
76149 Karlsruhe (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

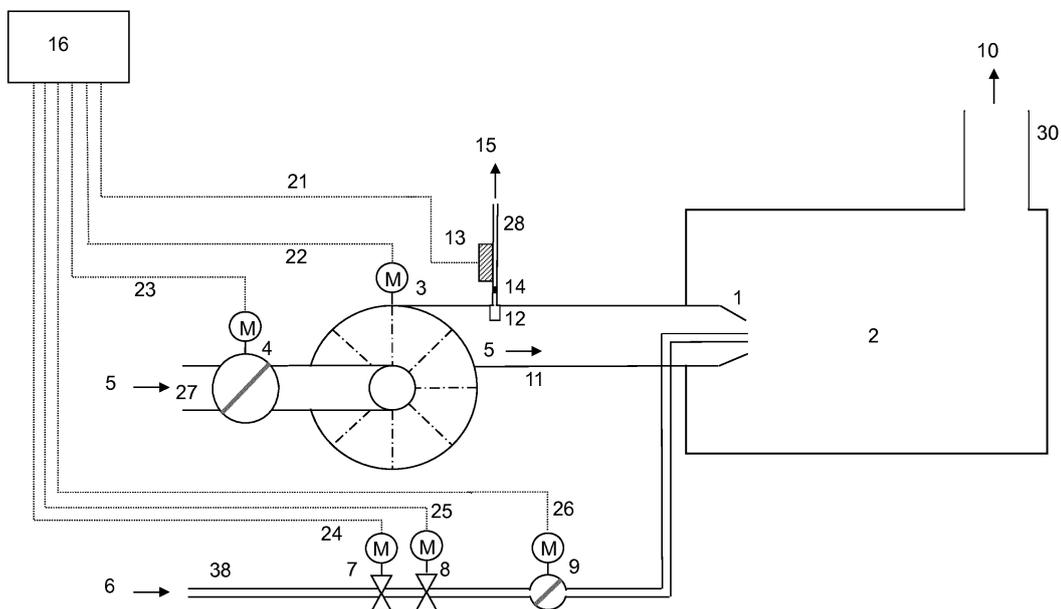
(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **REGELUNG TURBULENTER STRÖMUNGEN**

(57) Regelung turbulenter Strömungen. Regelung einer Brenneinrichtung umfassend: Anfordern eines Durchflusses (5) eines Fluids durch einen Zufuhrkanal (11), Zuordnen des Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11) auf eine Stellung eines ersten Aktors (4, 3), Generieren eines ersten Signals (23, 22) für einen ersten Aktor (4, 3), Generieren eines zweiten Signals (21) durch den Massenströmsensor (13) als Funktion eines Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28), Verarbeiten des durch den Massenströmsensor (13) generierten zweiten

Signals (21) zu einem Ist-Wert, Verarbeiten des angeforderten Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11) zu einem Soll-Wert (32), Generieren eines Regelsignals (22, 23) durch einen Regler (37) für einen zweiten Aktor (3, 4) als Funktion des Istwertes des Durchflusses durch den Seitenkanal (28) und des Sollwertes (32) des Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28), Ausgeben des ersten Signals (23, 22) an den ersten Aktor (4, 3) und des Regelsignals (22, 23) an den zweiten Aktor (3, 4).

FIG 1



EP 3 301 362 A1

Beschreibung

Hintergrund

5 **[0001]** Die vorliegende Offenbarung befasst sich mit der Regelung von Strömungen eines Fluids in einer Verbrennungseinrichtung. Insbesondere befasst sich die vorliegende Offenbarung mit der Regelung von Strömungen von Fluiden wie Luft in Gegenwart von Turbulenz.

[0002] Durch Änderungen von Lufttemperatur und / oder Luftdruck treten Schwankungen der Luftzahl λ auf. Verbrennungseinrichtungen werden deshalb mit einem Luftüberschuss eingestellt. Diese Massnahme dient der Vermeidung unhygienischer Verbrennung. Nachteilig an der Einstellung von Verbrennungseinrichtungen auf einen Luftüberschuss ist ein reduzierter Wirkungsgrad der Anlage.

10 **[0003]** Weiterhin kommen Drehzahlgeber und Luftdruck-Schalter zur Messung für den Luftdurchsatz in Betracht. Nachteilig an Drehzahlgebern ist, dass sie nicht sensitiv sind gegenüber Schwankungen von Lufttemperatur und Luftdruck. Nachteilig an Luftdruck-Schaltern ist, dass eine Luftdrucküberwachung dadurch nur bei einem bestimmten Druck gelingt. Immerhin lässt sich durch den Einsatz mehrerer Schalter Luftdruck bei mehreren Drücken überwachen. Dennoch ist bisher eine Nachjustierung im gesamten Betriebsbereich der Verbrennungseinrichtung kaum möglich. Eine Lösung zur Justage an einem Punkt erfordert ferner bisher zwei Einheiten.

[0004] Das Auftreten von Turbulenz erschwert das Problem zusätzlich, weil das Signal eines Strömungssensors stark von dessen Einbauposition inmitten einer turbulenten Strömung beeinflusst wird. Ausserdem ist das Messsignal bedingt durch die Turbulenz stark verrauscht.

20 **[0005]** Das europäische Patent EP1236957B1 ist erteilt am 2. November 2006 und behandelt die Anpassung eines brennerbetriebenen Heizgerätes an ein Luft-Abgas-System. EP1236957B1 offenbart einen Drucksensor / Luftmassensensor 28, der in der Luftzuführung 14 oder Abgasabführung einer Heizeinrichtung angeordnet ist. Ein Regler 30 regelt ausgehend von dem Signal des Sensors 28 ein Gebläse 26. Zum Abgleich des momentanen Luftvolumenstroms auf einen erforderlichen Luftvolumenstrom ist eine Betriebskennlinie 40 hinterlegt. Zur Verbesserung des Regelverhaltens bei grossen Temperaturunterschieden und im Hinblick auf Notlaufeigenschaften ist ein Temperatursensor 35 vorgesehen.

25 **[0006]** Das europäische Patent EP2556303B1 ist erteilt am 24. Februar 2016 und behandelt einen pneumatischen Verbund mit Massenausgleich. EP2556303B1 offenbart eine Venturidüse 5, die Unterdruck erzeugt, mit einem Massenstromsensor 6 in einem Zusatzkanal 7. Eine Steuerung oder Regelung 9 regelt die Drehzahl eines Gebläses 1 in Abhängigkeit vom Signal des Sensors 6.

30 **[0007]** Das deutsche Patent DE102004055715B4 ist erteilt am 22. März 2007 und behandelt die Einstellung der Luftzahl einer Feuerungseinrichtung. Gemäss DE102004055715B4 wird ein Luft-Massestrom m_L so auf einen erhöhten Wert eingesteuert, dass eine hygienische Verbrennung eintritt.

35 **[0008]** Ziel der vorliegenden Offenbarung ist die Verbesserung der Regelung von Strömungen in Verbrennungseinrichtungen, insbesondere in Gegenwart von Turbulenz.

Zusammenfassung

40 **[0009]** Die vorliegende Offenbarung lehrt ein verbessertes Verfahren und / oder eine verbesserte Vorrichtung zur Regelung von Strömungen in Verbrennungseinrichtungen in Gegenwart von Turbulenz. Dazu wird in der Verbrennungseinrichtung ein Seitenkanal mit einer Zuführung und / oder mit einer Abführung für ein gasförmiges Fluid verbunden. Der Seitenkanal ist derart mit der Zuführung oder Abführung verbunden, dass ein Fluid von der Zuführung und / oder Abführung in den Seitenkanal fliessen kann. In den Seitenkanal wird mindestens ein Strömungswiderstandselement eingebracht. Mithin wird der Massenstromsensor im Seitenkanal unempfindlich gegenüber festen Bestandteilen und / oder Tröpfchen im Fluid, die sonst auf den Massenstromsensor treffen können. Ggf können auftreffende feste Bestandteilen und / oder Tröpfchen im Fluid den Massenstromsensor beschädigen. Zudem verringert das Strömungswiderstandselement die Turbulenz des Durchflusses am Massenstromsensor.

45 **[0010]** Eine Regeleinrichtung ist nun mit mindestens einem ersten, gesteuerten Aktor und mit mindestens einem zweiten, geregelten Aktor verbunden. Mit beiden Aktoren wird der gewünschte Durchfluss von Luft eingestellt. Um einen gewünschten Durchfluss an Luft durch den Hauptkanal zu erreichen, stellt die Regeleinrichtung aufgrund in der Regeleinrichtung hinterlegter und / oder ermittelter Werte zunächst den gesteuerten Aktor für den Brennstoff entsprechend dem gewünschten Durchfluss im Hauptkanal (Zuführung und / oder Abführung) ein. Die Regeleinrichtung bestimmt nun anhand des Signals des Massenstromsensors im Seitenkanal den Durchfluss im Hauptkanal. Sie bildet anschliessend die Differenz zum Sollwert. Die Regeleinrichtung regelt anhand der gebildeten Differenz den zweiten, geregelten Aktor.

50 **[0011]** Das genannte Problem Regelung in Gegenwart von Turbulenz wird anhand der Hauptansprüche der vorliegenden Offenbarung angegangen. Besondere Ausführungsformen werden in den abhängigen Ansprüchen behandelt.

[0012] Es ist ein verwandtes Ziel, dass die Ermittlung des gewünschten Durchflusses der Luft oder des Brennstoffes

das Ergebnis einer übergeordneten Temperaturregelung ist. Dabei wird mit Hilfe einer Temperaturregelung die Temperatur eines Mediums und / oder Gutes im Wärmeverbraucher auf einem Zielsollwert gehalten.

[0013] Es ist ein weiteres verwandtes Ziel, dass die Mengeneinstellung eines oder mehrerer Aktoren zur Einstellung des Luftdurchflusses über einen jeweils hinterlegten funktionalen Zusammenhang aus einem vorgegebenen Luftdurchfluss bestimmt wird. Dabei wird einer der Aktoren zur Einstellung des Luftdurchflusses mit Hilfe des Strömungssensors im Seitenkanal so eingeregelt, dass der vorgegebene Wert des Luftdurchflusses erreicht wird.

[0014] Es ist ein weiteres verwandtes Ziel, dass die Mengeneinstellung des Brennstoffs und des Luftdurchflusses, dessen Wert mit Hilfe des Strömungssensors im Seitenkanal bestimmt wird, einander zugeordnet werden. Solches kann entweder durch eine feste Zuordnung und / oder durch eine Zuordnung als Ergebnis einer λ -Regelung erfolgen.

[0015] Es ist ein weiteres verwandtes Ziel, dass die Brennerleistung über den Luftdurchfluss bestimmt wird, der über den Massenstromsensor in Seitenkanal bestimmt wird. Mit Hilfe des Massenstromsensors werden Einflüsse wie Lufttemperatur und / oder barometrischer Druck auf die Luft ausgeglichen. Wird die Luftzahl λ mit Hilfe einer Regelung konstant gehalten, bleibt die Brennerleistung unabhängig von der Art des Brennstoffes (nahezu) gleich.

[0016] Es ist ein verwandtes Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Vorrichtung zur Regelung von Strömungen in Verbrennungseinrichtungen bereitzustellen, wobei das Verfahren und / oder die Vorrichtung ausgebildet sind zur fehlersicheren Regelung einer Strömung in einer Verbrennungseinrichtung.

[0017] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Vorrichtung zur Regelung von Strömungen in Verbrennungseinrichtungen bereitzustellen, wobei das Verfahren und / oder die Vorrichtung ausgebildet sind zur Erkennung von Fehlern in der Verbrennungseinrichtung, insbesondere zur Erkennung von Fehlern der Aktoren der Verbrennungseinrichtung.

[0018] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Vorrichtung zur Regelung von Strömungen in Verbrennungseinrichtungen bereitzustellen, wobei mindestens ein Aktor anhand eines Pulsweitenmodulierten Signals gesteuert und / oder geregelt ist.

[0019] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Vorrichtung zur Regelung von Strömungen in Verbrennungseinrichtungen bereitzustellen, wobei mindestens ein Aktor anhand eines Umrichters gesteuert und / oder geregelt ist.

[0020] Es ist ein weiteres verwandtes Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Vorrichtung zur Messung von Strömungen in Verbrennungseinrichtungen bereitzustellen, worin das durch Turbulenz erzeugte Rauschen im Signal des Massenstromsensors anhand einer (elektronischen und / oder digitalen) Schaltung gefiltert wird. Vorteilhaft wird anhand eines gleitenden Mittelwertfilters und / oder anhand eines Filters mit endlicher Impulsantwort und / oder anhand eines Filter mit unendlicher Impulsantwort und / oder anhand eines Tschebyscheff-Filters gefiltert.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0021] Verschiedene Details werden dem Fachmann anhand der folgenden detaillierten Beschreibung zugänglich. Die einzelnen Ausführungsformen sind dabei nicht einschränkend. Die Zeichnungen, welche der Beschreibung beigefügt sind, lassen sich wie folgt beschreiben:

FIG 1 zeigt schematisch ein System mit Verbrennungseinrichtung, worin die Strömung eines Fluids in einer Luftzuführung gemessen wird.

FIG 2 zeigt schematisch und detailliert den Seitenkanal.

FIG 3 zeigt schematisch ein System mit einer Verbrennungseinrichtung und mit einer druckseitig angeordneten Luftklappe.

FIG 4 zeigt schematisch ein System mit Verbrennungseinrichtung und mit einer Mischeinrichtung vor dem Gebläse.

FIG 5 zeigt schematisch einen Seitenkanal mit Umgehungskanal.

FIG 6 zeigt schematisch einen Regelkreis für das System.

Detaillierte Beschreibung

[0022] FIG 1 zeigt ein System umfassend einen Brenner 1, einen Wärmeverbraucher 2, ein Gebläse 3 mit einstellbarer Drehzahl und eine motorisch verstellbare Klappe 4. Die motorisch verstellbare Klappe 4 ist nach dem Lufteingang 27 angeordnet. Der Wärmeverbraucher 2 (Wärmetauscher) kann beispielsweise ein Warmwasser-Heizkessel sein. Der Durchfluss (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) 5 des Fluids Luft kann gemäss FIG 1 sowohl durch die motorisch

EP 3 301 362 A1

verstellbare Klappe 4 als auch durch die Drehzahlvorgabe 22 des Gebläses eingestellt werden.

[0023] Er kann bei fehlender Klappe 4 der Luftdurchsatz 5 auch allein durch die Drehzahl des Gebläses 3 einjustiert werden. Zur Einjustierung der Drehzahl des Gebläses 3 kommt beispielsweise Pulsweiten-Modulation infrage. Gemäss einer anderen Ausführungsform ist der Motor des Gebläses an einen Umrichter angeschlossen. Die Drehzahl des

5 Gebläses wird mithin über die Frequenz des Umrichters einjustiert.

[0024] Gemäss einer anderen Ausführungsform läuft das Gebläse bei einer festen, nicht veränderbaren Drehzahl. Der Luftdurchsatz 5 wird dann durch die Position der Klappe 4 festgelegt. Ausserdem sind weitere Aktoren möglich, welche den Luftdurchsatz 5 verändern. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Düsenstockverstellung des Brenners und / oder eine verstellbare Klappe im Abgaskanal handeln.

10 **[0025]** Der Durchfluss 6 (beispielsweise Teilchenstrom und / oder Massenstrom) des Fluids Brennstoff durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 wird durch eine Brennstoffklappe 9 eingestellt. Gemäss einer Ausführungsform ist die Brennstoffklappe 9 ein (motorisch verstellbares) Ventil.

15 **[0026]** Als Brennstoff kommen beispielsweise brennbare Gase wie Erdgas und / oder Propangas und / oder Wasserstoff infrage. Als Brennstoff kommt auch ein flüssiger Brennstoff wie Heizöl infrage. In diesem Fall wird die Klappe 9 durch einen motorisch einstellbaren Öldruckregler im Rücklauf der Öldüse ersetzt. Die Sicherheits-Abschaltfunktion und / oder Schliessfunktion wird durch die redundant vorhandenen Sicherheitsventile 7 - 8 implementiert. Gemäss einer speziellen Ausführungsform sind die Sicherheitsventile 7 - 8 und / oder die Brennstoffklappe 9 als integrierte Einheit(en) realisiert.

[0027] Gemäss einer weiteren Ausführungsform ist der Brenner 1 ein Verbrennungsmotor. Insbesondere kommt ein Verbrennungsmotor einer Anlage mit Kraft-Wärme-Kopplung infrage.

20 **[0028]** Brennstoff wird im und / oder vor dem Brenner 1 dem Luftstrom 5 beigemischt. Das Gemisch wird im Feuerraum des Wärmeverbrauchers 2 verbrannt. Die Wärme wird im Wärmeverbraucher 2 weitertransportiert. Beispielsweise wird erwärmtes Wasser über eine Pumpe an Heizelemente abgeführt und / oder bei Industriefeuern ein Gut (direkt) erwärmt. Der Abgasstrom 10 wird über einen Abgasweg 30, beispielsweise einen Schornstein, (in die Umgebung) abgeführt.

25 **[0029]** Eine Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 koordiniert alle Aktoren so, dass der richtige Durchsatz 6 an Brennstoff über die Stellung der Klappe 9 zum entsprechenden Durchsatz 5 an Luft für jeden Leistungspunkt eingestellt wird. Damit ergibt sich die gewünschte Luftzahl λ . Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist die Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 als Mikrokontroller ausgeführt.

30 **[0030]** Hierzu stellt die Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 das Gebläse 3 über das Signal 22 und die Luftklappe 4 über das Signal 23 auf die in der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 (in Form einer Kennlinie) hinterlegten Werte ein. Vorzugsweise umfasst die Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 einen (nicht-flüchtigen) Speicher. In dem Speicher sind jene Werte hinterlegt. Die Stellung der Brennstoffklappe 9 wird über das Signal 26 vorgegeben. Im Betrieb werden die Sicherheits-Absperrventile 7, 8 über die Signale 24, 25 geöffnet. Die Sicherheits-Absperrventile 7, 8 werden während des Betriebs offen

35 gehalten.
[0031] Sollen Fehler einer Klappe 4, 9 und / oder im Gebläse 3 (beispielsweise in der (elektronischen) Schnittstelle oder Steuereinrichtung der Klappe und / oder des Gebläses) aufgedeckt werden, so kann dies durch eine sicherheitsgerichtete Rückmeldung der Position der Klappe 4 über die (bidirektionale) Signalleitung 23 für die Klappe 4 und / oder über die (bidirektionale) Signalleitung 26 für die Klappe 9 erfolgen. Eine sicherheitsgerichtete Positionsmeldung kann beispielsweise über redundante Positionsgeber realisiert werden. Falls eine sicherheitsgerichtete Rückmeldung über die Drehzahl erforderlich ist, kann diese über die (bidirektionale) Signalleitung 22 unter Verwendung von (sicherheitsgerichteten) Drehzahlgebern erfolgen. Dazu können beispielsweise redundante Drehzahlgeber verwendet werden und / oder die gemessene Drehzahl mit der Soll-Drehzahl verglichen werden. Die Ansteuer- und Rückmelde-Signale können über unterschiedliche Signalleitungen und / oder über einen bidirektionalen Bus, beispielsweise einen CAN-Bus, über-

45 mittelt werden.
[0032] Vor dem Brenner ist ein Seitenkanal 28 angebracht. Durch den Seitenkanal 28 strömt eine kleine Menge an abströmender Luft 15 nach aussen ab. Idealerweise fliesst die Luft 15 dabei in den Raum ab, aus dem das Gebläse 3 die Luft anzieht. Gemäss einer anderen Ausführungsform fliesst die abströmende Luft 15 in den Feuerraum des Wärmeverbrauchers 2 ab. Gemäss einer weiteren anderen Ausführungsform fliesst die Luft zurück in den Luftkanal 11. In diesem Fall ist zwischen Abgriff und Rückführung (zumindest lokal) ein Strömungswiderstandselement (eine Blende) im Luftkanal 11 angeordnet. Der Seitenkanal 28 bildet zusammen mit dem Brenner 1 und dem Abgasweg 30 des Wärmeverbrauchers 2 einen Strömungsteiler. Für einen festgelegten Strömungsweg durch Brenner 1 und Abgasweg 30 fliesst jeweils für einen Wert des Luftstromes 5 (umkehrbar eindeutig) ein zugehöriger Wert eines Luftstromes 15 durch den Seitenkanal 28 ab. Der Strömungsweg durch Brenner 1 und Abgasweg 30 muss dabei nur für jeden Leistungspunkt festgelegt sein. Er kann also über der Leistung (und mithin über dem Luftdurchsatz) variieren.

55 **[0033]** Der Fachmann erkennt, dass der Seitenkanal 28 in Bezug auf den Luftkanal 11 je nach Druckverhältnissen sowohl ein Abströmkanal als auch ein Zuströmkanal sein kann.

[0034] Im Seitenkanal 28 ist ein Strömungswiderstandselement (in Form einer Blende) 14 angebracht. Mit dem Strö-

mungswiderstandselement 14 wird die Menge an abströmender Luft 15 des Strömungsteilers definiert. Der Fachmann erkennt, dass die Funktion der Blende 14 als definierter Strömungswiderstand auch durch ein Röhrrchen definierter Länge (und Durchmesser) realisiert werden kann. Der Fachmann erkennt weiterhin, dass auch anhand eines laminaren Flusselements und / oder durch einen anderen definierten Strömungswiderstand die Funktion der Blende 14 realisiert werden kann.

[0035] Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist die Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 14 motorisch verstellbar. Zur Vermeidung und / oder Behebung von Verstopfungen durch Schwebeteilchen kann die Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 14 verstellt werden. Insbesondere kann das Strömungswiderstandselement 14 geöffnet und / oder geschlossen werden. Die Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements wird vorzugsweise mehrfach verstellt, um Verstopfungen zu vermeiden und / oder zu beheben.

[0036] Die Strömungsmenge 15 im Seitenkanal 28 hängt von der Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 14 ab. Deshalb ist der Wert der Strömung 5 über im (nicht-flüchtigen) Speicher hinterlegte Kennwerte für die Messwerte der Strömung 15 bei jeder verwendeten Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 14 hinterlegt. Damit kann der Wert von Strömung 5 aus den Messwerten der Strömung 15 bestimmt werden.

[0037] Mit dieser Anordnung ist der Durchfluss (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch den Seitenkanal 28 ein Mass für den Luftstrom 5 durch den Brenner. Dabei werden Einflüsse aufgrund von Dichteänderungen der Luft beispielsweise durch Änderungen des Absolutdrucks und / oder der Lufttemperatur durch den Massenstromsensor 13 kompensiert. Normalerweise ist die Strömung 15 sehr viel kleiner als der Luftstrom 5. Mithin wird der Luftstrom 5 (praktisch) nicht durch den Seitenkanal 28 beeinflusst. Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist der (Teilchen- und / oder Massen-) Strom 15 durch den Seitenkanal 28 mindestens um einen Faktor 100, bevorzugt mindestens um einen Faktor 1000, weiter bevorzugt mindestens um einen Faktor 10000 geringer als der (Teilchen- und / oder Massen-) Strom 5 durch den Luftkanal 11.

[0038] In FIG 2 ist der Ausschnitt im Bereich des Seitenkanals 28 vergrössert dargestellt. Mithilfe eines Massenstromsensors 13 wird der Wert des Luftstromes 15 im Seitenkanal 28 erfasst. Das Signal des Sensors wird über die Signalleitung 21 an die Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 übertragen. In der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 wird das Signal auf einen Wert des Luftstromes 15 durch den Seitenkanal 28 und / oder des Luftstromes 5 durch den Luftkanal 11 abgebildet. Gemäss einer weiteren Ausführungsform ist am Ort des Massenstromsensors 13 eine Signalverarbeitungseinrichtung vorhanden. Die Signalverarbeitungseinrichtung verfügt über eine geeignete Schnittstelle, um ein (zu einem Wert des Luftstromes) verarbeitetes Signal an die Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 zu übermitteln.

[0039] Sensoren wie der Massenstromsensor 13 erlauben die Messung bei grossen Flussgeschwindigkeiten speziell in Verbindung mit Verbrennungseinrichtungen im Betrieb. Typische Werte solcher Flussgeschwindigkeiten liegen den Bereichen zwischen 0.1 m/s und 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, oder sogar 100 m/s. Massenstromsensoren, welche sich für die vorliegende Offenbarung eignen, sind beispielsweise OMRON® D6F-W oder Typ SENSOR TECHNICS® WBA Sensoren. Der nutzbare Bereich dieser Sensoren beginnt typisch bei Geschwindigkeiten zwischen 0.01 m/s und 0.1 m/s und endet bei einer Geschwindigkeit wie beispielsweise 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, oder sogar 100 m/s. Mit anderen Worten, es können untere Grenzen wie 0.1 m/s kombiniert werden mit oberen Grenzen wie 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, oder sogar 100 m/s.

[0040] Unabhängig davon, ob die Signalverarbeitung in der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 oder am Ort des Massenstromsensors 13 erfolgt, kann die Signalverarbeitungseinrichtung einen Filter enthalten. Der Filter mittelt über Schwankungen des Signals, welche durch Turbulenzen verursacht werden. Der Fachmann wählt hierzu einen geeigneten Filter wie beispielsweise einen gleitenden Mittelwertfilter, einen Filter mit endlicher Impulsantwort, einen Filter mit unendlicher Impulsantwort, einen Tschebyscheff-Filter etc. Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist der Filter als (programmierbare) elektronische Schaltung ausgeführt.

[0041] Die Kombination aus Stausonde 12, Strömungswiderstandselement 14 und Filter ist vorteilhaft. Durch den Filter lassen sich Frequenzteile der Schwankungen des Signals des Massenstromsensors 13 ausgleichen, welche über der Stausonde 12 und / oder über dem Strömungswiderstandselement 14 sich kaum ausgleichen lassen. Vorzugsweise integriert die Stausonde 12 Druckschwankungen des Massenstroms 5 im Zufuhrkanal 11 von grösser als 10 Hz, weiter bevorzugt grösser als 50 Hz. Vorzugsweise dämpft das Strömungswiderstandselement 14 Druckschwankungen des Massenstroms 5 im Zufuhrkanal 11 um den Faktor 5, weiter bevorzugt mehr als den Faktor 10 oder sogar mehr als den Faktor 40. Komplementär dazu integriert der Filter Schwankungen im Bereich grösser 1 Hz, bevorzugt grösser 10 Hz.

[0042] Gemäss einer weiteren speziellen Ausführungsform sind einzelne oder alle Signalleitungen 21 - 26 als (achtadrige) Rechner-Netzwerkkabel mit (oder ohne) im Kabel integrierter Energieübertragung ausgeführt. Vorteilhaft kommunizieren die an die Signalleitungen 21 - 26 angeschlossenen Einheiten nicht nur über die Signalleitungen 21 - 26, sondern sie werden über geeignete Signalleitungen 21 - 26 auch mit Energie zu deren Betrieb versorgt. Idealerweise können Leistungen bis zu 25.5 Watt durch die Signalleitungen 21 - 26 übertragen werden. Es ist vorgesehen, dass einzelne oder alle an die Signalleitungen 21 - 26 angeschlossenen Einheiten über interne Energiespeicher wie Akkumulatoren und / oder (Super-)Kondensatoren verfügen. Damit wird insbesondere die Energieversorgung der angeschlos-

senen Einheiten sichergestellt für den Fall, dass die Leistungen jener Einheiten die über die Signalleitungen 21 - 26 übertragbaren Leistungen übersteigen. Alternativ können die Signale auch über einen zweidadrigen, bidirektionalen Bus, z.B. einen CAN-Bus übertragen werden.

[0043] Die in FIG 2 veranschaulichte Form der Messung einer Strömung in einem Seitenkanal 28 ist für Verbrennungseinrichtungen besonders vorteilhaft. Der Luftstrom 5 in dem Luftkanal 11 zwischen Gebläse 3 und Brenner 1 ist (vielfach) turbulent. Die Strömungsschwankungen infolge Turbulenz liegen dabei in der gleichen Grössenordnung wie der gemittelte Wert des Luftstromes 5. Dadurch wird eine direkte Messung des Wertes des Luftstromes 5 (erheblich) erschwert. Die in dem Seitenkanal 28 auftretenden Strömungsschwankungen fallen deutlich geringer aus als die durch das Gebläse 3 erzeugten Strömungsschwankungen in dem Luftkanal 11. Mithin erhält man mit der in FIG 2 gezeigten Anordnung einen erheblich verbesserten Signal-Rauschabstand des Signals des Massenstromsensors 13. Der Seitenkanal 28 ist so aufgebaut, dass man (praktisch) kein relevantes makroskopisches Strömungsprofil des Luftstromes 15 erhält. Im Seitenkanal 28 streicht der Luftstrom 15 bevorzugt laminar über den Massenstromsensor 13. Der Fachmann verwendet unter anderem die Reynolds-Zahl Re_D zur Einteilung des Massenstromes 15 eines Fluids im Seitenkanal 28 mit Durchmesser D in laminar oder turbulent. Gemäss einer Ausführungsform gelten Strömungen mit Reynolds-Zahlen $Re_D < 4000$, besonders bevorzugt mit $Re_D < 2300$, weiterhin bevorzugt mit $Re_D < 1000$ als laminar.

[0044] Vorzugsweise ist die Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 14 bemessen, ein definiertes, vorzugsweise laminares, Strömungsprofil (eines Massenstromes 15) im Seitenkanal 28 entstehen zu lassen. Ein definiertes Strömungsprofil im Seitenkanal 28 zeichnet sich durch eine definierte Geschwindigkeitsverteilung eines Massenstromes 15 in Abhängigkeit vom Radius des Seitenkanals 28 aus. Der Massenstrom 15 verläuft mithin nicht chaotisch. Ein definiertes Strömungsprofil ist für jede Strömungsmenge 15 im Seitenkanal 28 eindeutig. Mit einem definierten Strömungsprofil ist der lokal am Massenstrom gemessene Strömungswert repräsentativ für die Strömungsmenge im Seitenkanal 28. Er ist damit repräsentativ für die Strömungsmenge 5 im Zufuhrkanal 11. Ein definiertes Strömungsprofil (eines Massenstromes 15) im Seitenkanal 28 ist vorzugsweise nicht turbulent. Insbesondere kann ein definiertes Strömungsprofil (eines Massenstromes 15) im Seitenkanal 28 eine (parabolische) Geschwindigkeitsverteilung in Abhängigkeit vom Radius des Seitenkanals 28 aufweisen.

[0045] In der Anordnung gemäss FIG 2 handelt es sich jedoch nicht um eine indirekte Druckmessung. Im Gegensatz zu einer Druckmessung werden Änderungen des Massenstromes infolge einer Temperaturänderung mit erfasst. Die hier offenbarte Vorrichtung vermag mithilfe der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 auch Temperaturänderungen zu kompensieren. Der Massenstromsensor 13 ist (für den Fachmann leicht) an praktisch jedes System druckseitig zu montieren.

[0046] Um den Einfluss von Turbulenzen noch weiter zu reduzieren, kann der Luftstrom 15 über eine Stausonde 12 in den Seitenkanal 28 geleitet werden. Die Stausonde 12 ist in dem Luftkanal 11 angeordnet. Die Stausonde 12 ist in Form eines Rohres mit beliebigem Querschnitt (beispielsweise rund, eckig, dreieckig, trapezförmig, vorzugsweise rund) ausgeführt. Das Ende des Rohres 12 in Richtung des Lufthauptstromes 5 ist verschlossen. Das Ende des Rohres, welches aus dem Rohr mit dem Hauptstrom 5 herausragt, bildet den Beginn des Seitenkanals 28. Jenes Ende mündet in den Seitenkanal 28. Seitlich sind an der Seite der Stausonde 12 in der Richtung, aus welcher der Luftstrom 5 kommt, mehrere Öffnungen (beispielsweise Schlitze und / oder Bohrungen) 31 angebracht. Durch die Öffnungen 31 kann ein Fluid wie beispielsweise Luft aus dem Luftkanal 11 in die Stausonde 12 eintreten. Mithin ist die Stausonde 12 über die Öffnungen 31 mit dem Luftkanal 11 in Fluidverbindung. Die Gesamtfläche der Öffnungen 31 (der durchströmbare Querschnitt der Öffnungen 31) ist deutlich grösser als die Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 14. Mithin ist die Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 14 (praktisch) bestimmend für den Wert des Luftstromes 15 durch den Seitenkanal 28. Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist der gesamte durchströmbare Querschnitt der Öffnungen 31 mindestens um einen Faktor 2, vorzugsweise mindestens um einen Faktor 10, besonders bevorzugt mindestens um einen Faktor 20, grösser als die Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 14.

[0047] Der Fachmann wählt für die Gesamtfläche der Öffnungen 31 eine gegenüber dem Querschnitt der Stausonde 12 kleine Fläche. Damit wirken sich Schwankungen der turbulenten Hauptströmung 5 (praktisch) nicht aus. Im Rohr der Stausonde baut sich ein beruhigter Staudruck auf. Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist der gesamte durchströmbare Querschnitt der Öffnungen 31 mindestens um einen Faktor 2, vorzugsweise mindestens um einen Faktor 5, besonders bevorzugt mindestens um einen Faktor 10, kleiner als der Querschnitt der Stausonde 12.

[0048] Ein weiterer Vorteil der Anordnung liegt darin, dass Schwebeteilchen und / oder Tröpfchen mit geringerer Wahrscheinlichkeit in den Seitenkanal 28 gelangen. Durch die wesentlich geringeren Geschwindigkeiten der Luft im Seitenkanal 28 und durch den Staudruck in der Stausonde 12 werden Schwebeteilchen und / oder Tröpfchen im turbulenten Hauptstrom 5 weiter gewirbelt. Grössere feste Partikel und / oder Tröpfchen können aufgrund des Staudrucks und aufgrund der Öffnungen 31 kaum in die Stausonde 12 gelangen. Sie werden an der Stausonde 12 vorbeigewirbelt. Vorzugweise weisen die einzelnen Öffnungen des Einlasses 31 dazu Durchmesser kleiner 5 mm, weiter bevorzugt kleiner 3 mm, besonders bevorzugt kleiner 1.5 mm auf.

[0049] Der Fachmann bringt die Öffnungen 31 derart entlang der Stausonde 12 an, dass sich der Mittelwert des Staudrucks über ein makroskopisches Strömungsprofil des Luftstromes 5 in der Stausonde 12 bildet. Der Fachmann

wählt eine Stausonde 12 definierter Länge, um ein makroskopisches Strömungsprofil des Luftstromes 5 im Innern des Rohres zu glätten. Er gleicht über eine an den Luftkanal 11 angepasste Länge der Stausonde 12 die jeweiligen Strömungsverhältnisse für unterschiedlich ausgeführte Luftkanäle 11 an. Solches gilt insbesondere für Luftkanäle mit unterschiedlichen Durchmessern.

5 **[0050]** FIG 3 zeigt als gegenüber FIG 1 geänderte Ausführungsform ein System mit einer motorisch verstellbaren Luftklappe 4. Die Luftklappe 4 ist stromabwärts vom Gebläse 3 angeordnet. Die Luftklappe 4 ist auch stromabwärts vom Seitenkanal 28 angeordnet. Das System aus FIG 3 erlaubt die Festlegung einer Position der Luftklappe 4 und / oder der Gebläsedrehzahl für jeden Leistungspunkt. Damit ergibt sich (umkehrbar eindeutig) aus jedem Strömungswert 5 und der (rückgemeldeten) Stellung der Luftklappe 4 und / oder der (rückgemeldeten) Drehzahl des Gebläses 3 ein
10 Strömungswert 15 im Seitenkanal 28.

[0051] FIG 4 zeigt als gegenüber FIG 1 und FIG 3 geänderte Ausführungsform ein System mit Mischeinrichtung 17 vor dem Gebläse 3. Im Gegensatz zu den Systemen aus FIG 1 und aus FIG 3 wird Brennstoff nicht am Brenner 1 mit Luft gemischt. Stattdessen wird Brennstoff anhand einer Mischvorrichtung 17 vor dem Gebläse 3 dem Luftstrom 5 beigemischt. Im Gebläse 3 (und im Kanal 11) findet sich demnach das Brennstoff-Luft-Gemisch. Das Brennstoff-Luft-Gemisch wird anschliessend im Brenner 1 im Feuerraum des Wärmeverbrauers 2 verbrannt.

15 **[0052]** Im Gegensatz zu FIG 1 und FIG 3 strömt die Luft 15 saugseitig über den Massenstromsensor 13 zu. Das Gebläse 3 erzeugt an diesem Ort einen Unterdruck. Mit anderen Worten, der Seitenkanal 28 ist ein Zuströmkanal. Der Seitenkanal 28 ist vorteilhaft vor der Mischeinrichtung 17 angeordnet. Damit wirkt sich ein möglicher von der Mischeinrichtung 17 erzeugter Unterdruck nicht auf den Durchfluss 15 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch den
20 Seitenkanal 28 aus.

[0053] Änderungen der Gasmenge als Resultat von Verstellungen der motorisch verstellbaren Brennstoffklappe 9 beeinflussen den Durchfluss 15 durch den Seitenkanal 28 nicht. Die Mischeinrichtung 17 wirkt (praktisch) nicht mehr in den Bereich des Seitenkanals 28. Sollte der Unterdruck in der Zuführung des Gebläses 3 nicht ausreichen, so kann mit einem Strömungswiderstandselement 18 am Eingang 27 der Gebläsezuführung ein definierter Strömungswiderstand erzeugt werden. Zusammen mit dem Strömungswiderstandselement 14 im Seitenkanal 28 wird ein Strömungsteiler
25 realisiert.

[0054] In FIG 4 kann der Fluidstrom 5 nur über das Gebläse 3 mit Hilfe der Signalleitung 22 eingestellt werden. Der Fachmann erkennt, dass eine (motorisch verstellbare Klappe) zusätzlich verbaut werden kann. Eine solche Klappe ist druckseitig oder saugseitig zum Gebläse 3 angeordnet. Die Klappe kann gemäss einer anderen Ausführungsform anstelle
30 des Strömungswiderstandselements 18 eingebaut werden. Sie ist dann praktisch als motorisch verstellbares Strömungswiderstandselement (mit Rückmeldung) ausgeführt.

[0055] Der Massenstromsensor 13 ist (für den Fachmann einfach) saugseitig an praktisch jedes System anzubringen. Auch die in FIG 3 und FIG 4 offenbarten Systeme kompensieren Dichteänderungen der Luft wie zu FIG 1 dargelegt. Es wird jeweils der Teilchen- und / oder Massenstrom 5 des Fluids durch den Brenner 1 ermittelt.

35 **[0056]** Die Messung des Durchflusses 15 im Seitenkanal 28 erfolgt mit einem Massenstromsensor 13. Der Massenstromsensor 13 ist im Zuströmkanal / Abströmkanal 28 angeordnet. Der Massenstromsensor 13 arbeitet vorteilhaft nach dem Anemometer-Prinzip. Dabei erwärmt ein (elektrisch) betriebener Heizer das Fluid. Der Heizwiderstand kann gleichzeitig als Temperatur-Messwiderstand verwendet werden. In einem vor dem Heizwiderstand angeordneten Messelement wird die Referenztemperatur des Fluids gemessen. Das Referenztemperatur-Messelement kann ebenfalls als Widerstand ausgeführt sein, beispielsweise in Form eines PT-1000 Elements.

40 **[0057]** Idealerweise sind Heizwiderstand und Referenztemperatur-Widerstand auf einem Chip angeordnet. Der Fachmann erkennt, dass dabei die Heizung thermisch ausreichend entkoppelt sein muss vom Referenztemperatur-Messelement.

[0058] Das Anemometer kann auf zwei mögliche Arten betrieben werden. Gemäss einer ersten Ausführungsform wird der Heizwiderstand mit einer konstanten, bekannten Heizleistung, Heizspannung und / oder Heizstrom beheizt. Die Differenztemperatur des Heizers zum Referenztemperatur-Messelement ist ein Mass für den Durchfluss (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) im Seitenkanal 28. Es ist damit ebenfalls ein Mass für den Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) der Hauptströmung (durch Kanal 11).

45 **[0059]** Gemäss einer zweiten Ausführungsform wird der Heizer in einem geschlossenen Temperatur-Regelkreis beheizt. Es ergibt sich mithin eine konstante Temperatur des Heizers. Die Temperatur des Heizers ist (abgesehen von Schwankungen durch die Regelung) gleich der Temperatur des Sollwerts des Regelkreises. Der Sollwert der Temperatur des Heizers wird festgelegt, indem eine konstante Temperaturdifferenz zur gemessenen Temperatur des Referenztemperatur-Messelements addiert wird. Die konstante Temperaturdifferenz entspricht also der Übertemperatur des Heizers gegenüber dem Referenztemperatur-Messelement. Die in den Heizer eingebrachte Leistung ist ein Mass für den Durchfluss (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) im Seitenkanal 28. Sie ist damit ebenfalls ein Mass für den Durchfluss 5
50 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) der Hauptströmung.

[0060] Dem Messbereich des Strömungssensors kann dabei unter Umständen eine geringe Strömung 15 im Seitenkanal 28 entsprechen. Folglich muss bei ausreichend hohem Gebläsedruck die Durchtrittsfläche des Strömungswider-

standselements 14, welche den Durchfluss 15 bestimmt, klein ausgelegt werden. Bei derart kleinen Durchtrittsflächen besteht die Gefahr, dass das Strömungswiderstandselement 14 durch Schwebepartikel verstopft wird. FIG 5 lehrt, wie in solchen Fällen ein Druckteiler mit Umgehungskanal 29 aufgebaut werden kann.

[0061] Hinter dem ersten Strömungswiderstandselement 14 mit grösserer Durchtrittsfläche liegt dann ein zweites Strömungswiderstandselement 19. Mithin wird der Druck zwischen den beiden Strömungswiderstandselementen 14 und 19 geteilt. Die Durchtrittsflächen der Strömungswiderstandselemente 14 und 19 bestimmen die Teilung des Drucks. Vor dem Massenstromsensor 13 im Umgehungskanal 29 ist ein weiteres Strömungswiderstandselement 20 angeordnet. Der Fachmann wählt die Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 20 ausreichend gross. Der Fachmann wählt ausserdem eine dem Massenstromsensor 13 angepasste Durchtrittsfläche des Strömungswiderstandselements 20. Mit dem so aufgebauten Sub-Strömungsteiler kann dann (umkehrbar eindeutig) auf den Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 geschlossen werden.

[0062] Für eine fehlersichere Ausführung des Messvorgangs kann der Massenstromsensor 13 (zweifach) redundant mit Ergebnisvergleich realisiert werden. Die doppelte Ausführung betrifft zunächst den Massenstromsensor 13 selbst sowie die Signalverarbeitungseinrichtung. Der Ergebnisvergleich kann dann in einer sicheren Hardware und / oder Software am Ort der Sensoren und / oder in der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 durchgeführt werden. Gemäss einer weiteren Ausführungsform wird der Seitenkanal 28 (zweifach) redundant realisiert. Vorzugsweise umfasst jeder redundant vorhandene Seitenkanal 28 ein Strömungswiderstandselement 14. Damit lassen sich Fehler aufgrund verstopfter Strömungswiderstandselemente 14 aufdecken. Die Abzweigung für den zweiten Seitenkanal liegt in diesem Fall vorzugsweise zwischen Strömungswiderstandselement 14 und Stausonde 12. Die Stausonde 12 kann aufgrund der (vergleichsweise) grossen Öffnungen 31 als fehlersicher angenommen werden.

[0063] Es können andere Fehler wie Belagbildung auf dem Massenstromsensor 13, Kratzer und / oder andere Beschädigungen, die auf das Messsignal Einfluss haben, erkannt werden. Durch den (zweifach) redundanten Aufbau der Signalverarbeitungseinrichtung können auch Fehler in der Signalverarbeitungseinrichtung erkannt werden. Gemäss einer Ausführungsform werden die Messwerte der redundant vorhandenen Massenstromsensoren 13, vorzugsweise mit jeweils zusätzlicher Mittelwertbildung, durch Subtraktion miteinander verglichen. Die Differenz Δ liegt dann innerhalb eines Schwellwertbandes

$$-\varepsilon_1 \leq \Delta \leq \varepsilon_2$$

mit den Grenzen ε_1 und ε_2 . Mit Hilfe einer Kennlinie der jeweiligen Grenzwerte ε_1 und ε_2 über dem Sollwert des Durchflusses 5 kann die Differenz Δ für jeden Sollwert des Durchflusses 5 verglichen und bewertet werden.

[0064] Mit der beschriebenen Anordnung kann der Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 anhand des Sensorsignals 21 über das Gebläse 3 ausgeregelt werden. Zum Erreichen des Sollwerts des Durchflusses 5 werden alle Luft-Aktoren 4 mit Ausnahme der Drehzahl des Gebläses 3 auf je eine fest eingegebene Sollposition gestellt. Die Sollpositionen sind für den geforderten Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 in der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 hinterlegt. Anhand eines geschlossenen Regelkreises wird die Drehzahl des Gebläses 3 so weit verstellt, bis der Sensormesswert 21 den im Speicher hinterlegten Wert für den geforderten Durchfluss erreicht.

[0065] FIG 6 zeigt den Regelkreis. Der für den geforderten Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 zugehörige Sollwert 32 für den Durchfluss 15 im Seitenkanal 28 ist im Speicher der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 hinterlegt. Ein Vergleich zwischen Sollwert 32 und Signal 21 des Massenstromsensors 13 ergibt über eine (Einrichtung zur) Differenzbildung 35 eine Soll-Ist-Abweichung 33. Mittels eines Reglers 37, der beispielsweise als (selbst-adaptierender) PI-Regler oder als (selbst-adaptierender) PID-Regler ausgeführt sein kann, wird das Stellsignal 22 für das Gebläse 3 vorgegeben. Das Gebläse 3 erzeugt als Antwort auf das Stellsignal 22 den Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11. Das Signal 21 wird mit Hilfe der vorgenannten Messanordnung 34 umfassend den Seitenkanal 28, mindestens ein Strömungswiderstandselement 14, den Massenstromsensor 13 und optional die Stausonde 12 generiert. Das Signal 21 ist ein (umkehrbar eindeutiges) Mass für den Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11. Der hier offenbarte Regelkreis kompensiert Änderungen der Luftdichte. Solche Änderungen treten beispielsweise infolge von Temperaturschwankungen und / oder Änderungen des Absolutdrucks auf.

[0066] Der Fachmann erkennt, dass der Regler 29 auch als Fuzzy-Logik Regler und / oder als neuronales Netz realisiert sein kann. Der Fachmann erkennt weiterhin, dass das Stellsignal 22 für das Gebläse 3 beispielsweise ein Pulsweiten-moduliertes Signal sein kann. Gemäss einer alternativen Ausführungsform ist das Stellsignal 22 für das Gebläse 3 ein durch einen (Matrix-) Umrichter erzeugter Wechselstrom. Die Frequenz des Wechselstromes entspricht (ist proportional zu) der Drehzahl des Gebläses 3.

[0067] Falls das System fehlersicher auszulegen ist, müssen die Sollpositionen der Aktoren 4 fehlersicher ermittelt werden. Dies erfolgt beispielsweise anhand zweier Positionssensoren (Winkelgeber, Hubgeber, Lichtschranke etc).

EP 3 301 362 A1

[0068] Der optionale (elektronische) Filter 36 glättet das Messsignal. Der Filter 36 kann gemäss einer Ausführungsform adaptiv ausgeführt sein. Hierzu wird das Messsignal über eine lange, maximale Integrationszeit (beispielsweise zwei Sekunden bis fünf Sekunden) als Vergleichswert mit einem gleitenden Mittelwertfilter gemittelt. Bei Abweichung eines Messwertes vom Mittelwert der Messwerte oder alternativ vom Sollwert 32 ausserhalb eines vorgegebenen Bandes wird ein Sollwertsprung angenommen. Als Ist-Wert wird nun direkt der Messwert verwendet. Mithin reagiert der Regelkreis sofort mit der Abtastrate des Regelkreises.

[0069] Liegen die Messwerte wieder innerhalb des definierten Bandes, wird die Integrationszeit schrittweise mit (jeder) Abtastung des Regelkreises erhöht. Der so integrierte Wert wird als Ist-Wert verwendet. Dies erfolgt so lange, bis die maximale Integrationszeit erreicht ist. Der Regelkreis wird jetzt als stationär angesehen. Der so gemittelte Wert wird nun als Ist-Wert verwendet. Das offenbarte Verfahren ermöglicht ein exaktes stationäres Messsignal bei maximaler Dynamik.

[0070] Gemäss einer Ausführungsform ist bei einer als Mikrokontroller ausgeführten Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 die Zuordnung der Stellungen 23 des mindestens einen Luft-Aktors 4 und des Sollwerts 32 für den Massenstromsensor 13 als Funktion des Durchflusses 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 hinterlegt. In einer besonders bevorzugten Ausführung ist die Funktion tabellarisch hinterlegt. Zwischenwerte zwischen den durch die Tabelle definierten Punkten werden linear interpoliert. Als Alternative werden Zwischenwerte zwischen den durch die Tabelle definierten Punkten durch ein Polynom über mehrere benachbarte Werte und / oder über (kubische) Splines interpoliert. Der Fachmann erkennt, dass auch weitere Formen der Interpolation realisierbar sind.

[0071] Gemäss einer Ausführungsform verfügt die Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 über ein Lesegerät zur Identifikation anhand radiofrequenter Wellen (RFID-Lesegerät). Die Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 ist ausgebildet, anhand des Lesegeräts Betriebsparameter wie Formeln (von abschnittsweise definierter Polynomen) und / oder wie die vorgenannten Tabellen aus einem sogenannten (RFID-)Transponder einzulesen. Die Betriebsparameter werden anschliessend im (nicht-flüchtigen) Speicher der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 hinterlegt. Sie können bei Bedarf durch einen Mikroprozessor ausgelesen und / oder verwendet werden.

[0072] In der nachfolgenden Tabelle sind neben dem Sollwert für den Massenstromsensor 13 im Seitenkanal 28 die Werte für die motorische Klappe 4 dargestellt. Weiterhin sind in der nachfolgenden Tabelle die Werte für eine weitere, auf den Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 wirksame (motorisch verstellbare) Klappe bzw Ventil dargestellt. Je nach Ausführungsform können noch weitere Aktoren in Form von Spalten hinzugefügt werden. Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist keine der Klappen vorhanden. Damit entfallen die entsprechenden Spalten.

Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11	(motorisch verstellbare) Klappe bzw Ventil 4	(motorisch verstellbare) weitere Klappe bzw weiteres Ventil	Sollwert 32 für Durchfluss 15 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Seitenkanal 28
Wert 1	Winkel 1	Winkel 1	Strömungswert 1
Wert 2	Winkel 2	Winkel 2	Strömungswert 2
...
Wert n	Winkel n	Winkel n	Strömungswert n

[0073] Soll ein bestimmter Wert des Durchflusses 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 eingestellt werden, so werden die beiden Werte, zwischen denen der gewünschte Wert des Durchflusses 5 liegt, in der Tabelle gesucht. Anschliessend wird die Lage zwischen den beiden Werten ermittelt. Liegt der gewünschte Wert des Durchflusses 5 einen Betrag s% zwischen den Werten k und k + 1 ($1 \leq k < n$), so wird auch der Winkel der (motorisch verstellbaren) Klappe bzw Ventil 4 im Abstand von s% zwischen den Winkeln k und k + 1 angefahren. Ebenso verhält es sich mit dem Winkel (der Stellung) der (motorisch verstellbaren) weiteren Klappe bzw des weiteren Ventils. Der Durchflusswert 5 kann als absolute Zahl angegeben sein und / oder relativ zu einem Wert, vorzugsweise zum Durchfluss 5 beim grössten Leistungswert. Der Durchflusswert ist dann beispielsweise in Prozent vom Durchfluss 5 des grössten Leistungswerts hinterlegt.

[0074] Gemäss einer weiteren Ausführungsform werden anstelle der vorgenannten Tabelle die Stellungen des mindestens einen Luft-Aktors 4 als Polynom in Abhängigkeit vom Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 hinterlegt. Gemäss noch einer weiteren Ausführungsform werden die Stellungen des mindestens einen Luft-Aktors 4 als abschnittsweise definierte Funktionen in Abhängigkeit vom Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 hinterlegt. Gemäss wiederum einer weiteren Ausführungsform werden die Stellungen des mindestens einen Luft-Aktors 4 als (Ventil-) Öffnungskurve(n) hinterlegt.

[0075] Um einen falsch angenommenen Wert des Luftdurchsatzes auszuschliessen, beispielsweise aufgrund ausgefallener Bauteile und / oder defekter Zuleitungen etc, kann die Auslegung fehlersicher vorgenommen werden. Das bedeutet, dass der mindestens eine Aktor 4 aus der vorgenannten Tabelle überwacht seine Stellung anfahren kann. Das bedeutet auch, dass der Durchfluss 15 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch den Seitenkanal 28 sicherheitsgerichtet erfasst wird.

[0076] Wenn ein vorgegebener Durchfluss 5 durch Kanal 11 eingestellt werden soll, wird direkt die korrekte Kombination aus Stellungen des mindestens einen Aktors 4 und Durchfluss 15 durch Seitenkanal 28 ermittelt und angefahren. Dies geschieht auch dann, wenn die Kennlinie einzelner Aktoren nicht linear ist. Man erhält bei einer Folge von Kennlinienpunkten mit ausreichend dichtem Abstand zueinander eine (nahezu) lineare Skala für den Durchfluss 5. Das ist für den Betrieb der Verbrennungseinrichtung von grossem Vorteil.

[0077] In die oben dargestellte Tabelle kann man auch die Stellung des Aktors 9, mit dem der Brennstoffdurchsatz 6 eingestellt wird, aufnehmen. Diese Stellung kann sowohl die Position einer Klappe und / oder die Stellung bzw Öffnung eines Brennstoffventils und / oder ein gemessener Strömungswert vom Brennstoffdurchsatz 6 sein.

[0078] Damit hat man für eine voreingestellte Luftzahl λ bei jedem Luftdurchsatz 5 immer den korrekten Brennstoffdurchsatz 6 zugeordnet. Der Luftdurchsatz 5 wird somit synonym zum Leistungswert, da geförderter Brennstoffdurchsatz 6 und Luftdurchsatz 5 fest miteinander verbunden sind. Umgekehrt kann man zur Einstellung der Leistung den Brennstoffdurchsatz 6 bzw die Stellung des Brennstoff-Aktors 9 festlegen. In der Tabelle kann man den zugeordnete Luftdurchsatz 5 anhand der Kennlinie und / oder anhand der linearen Interpolation zwischen den Tabellenwerten bestimmen. Die Positionen der Luft-Aktoren 4 sowie des Sollwerts des Massenstromes 32 an Luft können wie oben beschrieben tabellarisch interpoliert und / oder über eine andere mathematische Zuordnung bestimmt werden.

[0079] Gemäss einer Ausführungsform sind die Werte für den Durchfluss 5 in der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 absolut angegeben. Gemäss einer anderen Ausführungsform sind die Werte für den Durchfluss 5 in der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 relativ zu einem bestimmten Wert des Durchflusses angegeben. Bevorzugt sind die Werte für den Durchfluss in der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 relativ zum maximalen Durchsatz 5 (an Luft) bei maximaler Leistung angegeben.

[0080] In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform wird der Brennstoffdurchsatz 6 nicht direkt dem Luftdurchsatz 5 zugeordnet. In dieser Ausführungsform wird in einer zweiten funktionalen Zuordnung die Stellung der Brennstoffklappe bzw des Brennstoffventils 9 dem Brennstoffdurchsatz 6 zugeordnet. Dies kann wie bei Luft über eine Tabelle erfolgen, wie nachstehend dargestellt.

Brennstoffdurchsatz 6	(motorisch verstellbare) Brennstoffklappe bzw Brennstoffventil 9
Wert 1	Winkel 1
Wert 2	Winkel 2
...	...
Wert n	Winkel n

[0081] Zwischen den einzelnen Werten kann auch hier (linear) interpoliert werden. Die Zuordnung kann natürlich auch über Polynome erfolgen, die zumindest abschnittsweise definiert sind.

[0082] Der in der Tabelle hinterlegte Brennstoffdurchsatz 6 ist dabei ein absoluter oder relativer Wert für eine Luftzahl λ_0 . Der in der Tabelle hinterlegte Brennstoffdurchsatz 6 ist dabei auch ein absoluter oder relativer Wert für den in der Brennstoffzufuhr während eines Einstellvorgangs vorhandenen Brennstoff. Die Luftzahl λ_0 wird üblicherweise während des Einstellvorgangs vorgegeben. Die funktionale Zuordnung erfolgt während des genannten Einstellvorgangs. Dabei wird dem Brennstoffdurchsatz 6 des geförderten Brennstoffes bei festgelegter Luftzahl λ_0 dem in der linearisierten Skala definierten Luftdurchsatz 5 zugeordnet. Damit wird die Position des Brennstoff-Aktors 9 auf eine lineare Skala des Brennstoffdurchsatzes 6 abgebildet.

[0083] Der auf einer linearen Skala bekannte Luftdurchsatz 5 mit dem Formelzeichen \dot{V}_L , und den auf einer linearen Skala bekannte Brennstoffdurchsatz 6 mit dem Formelzeichen \dot{V}_G hängen dann über die Gleichung $\dot{V}_L = \lambda \cdot L_{min} \cdot \dot{V}_G$ zusammen. L_{min} ist dabei der Mindestluftbedarf des Brennstoffs, d. h. das Verhältnis von Luftdurchsatz 5, der bei Bedingungen von Stöchiometrie notwendig ist, im Verhältnis zum Brennstoffdurchsatz 6. L_{min} ist eine Grösse, die von der Zusammensetzung des Brennstoffs bzw Art des Brennstoffs abhängt.

[0084] Während der Einstellung hat die Brennstoff-Zusammensetzung den Mindestluftbedarf L_{min0} . Damit besteht während des Einstellvorgangs der Zusammenhang

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

EP 3 301 362 A1

zwischen dem Luftdurchsatz während des Einstellvorgangs \dot{V}_{L0} , der Luftzahl während des Einstellvorgangs λ_0 , dem Mindestluftbedarf während des Einstellvorgangs L_{min0} und dem Brennstoffdurchsatz während Einstellvorgangs \dot{V}_{G0} . Am maximalen Leistungspunkt besteht der Zusammenhang

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

mit dem Luftdurchsatz am maximalen Leistungspunkt \dot{V}_{L0max} und mit dem Brennstoffdurchsatz \dot{V}_{G0max} am maximalen Leistungspunkt. Jeweils im Verhältnis zum Luftdurchsatz 5 bzw Brennstoffdurchsatz 6 bei maximaler Leistung, wie während des Einstellvorgangs festgelegt, ergibt sich für jeden Betriebszustand der Zusammenhang

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

für den Luftdurchsatz 5 in Abhängigkeit vom Brennstoffdurchsatz 6. Mit dem jeweiligen relativen Wert vom Luftdurchsatz

$$\frac{\dot{V}_L}{\dot{V}_{L0max}} = \dot{V}_{RL} \quad \text{und dem relativen Wert vom Brennstoffdurchsatz 6} \quad \frac{\dot{V}_G}{\dot{V}_{G0max}} = \dot{V}_{RG} \quad \text{wird der Zusammenhang:}$$

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

[0085] Hat man Bedingungen wie bei der Einstellung bezüglich Luftzahl λ und Gaszusammensetzung, so wird $\dot{V}_{RL} = \dot{V}_{RG}$. Mithin ist der relative Luftdurchsatz gleich dem relativen Brennstoffdurchsatz, wie er während des Einstellvorgangs bezogen auf die Maximalwerte auch festgelegt wurde.

[0086] Ändert sich beispielsweise die Gaszusammensetzung, so ändert sich auch der Mindestluftbedarf L_{min} , so dass

$$\frac{L_{min}}{L_{min0}} = F \neq 1$$

wird. Dann muss der Brennstoffdurchsatz 6 um den Faktor $1/F$ erhöht werden, falls die Luftzahl λ beim gleichen Wert bleiben soll. Mit anderen Worten muss bei einer Änderung der Zusammensetzung des Brennstoffs, bei der sich der Mindestluftbedarf L_{min} um den Faktor F erhöht, für gleichbleibende Luftzahl λ der Brennstoffdurchsatz 6 um den Faktor F gegenüber den Einstellbedingungen verringert werden. Alternativ kann auch der Luftdurchsatz 5 um den Faktor F erhöht werden.

[0087] Möchte man die Luftzahl λ um den Faktor F ändern, muss ebenfalls der Brennstoffdurchsatz 6 um den Faktor F verringert werden oder der Luftdurchsatz 5 um den Faktor F erhöht werden.

[0088] Beide Werte, Luftdurchsatz 5 und Brennstoffdurchsatz 6, liegen jeweils in einer nahezu linearen Skala vor. Damit ist es ausreichend, den Faktor F für einen Leistungspunkt zu kennen, um damit den Brennstoffdurchsatz 6 für jeden Leistungspunkt aus den bei der Einstellung hinterlegten Werten zu berechnen, falls der Luftdurchsatz 5 als Leistungsgrösse verwendet wird. Wird der Brennstoffdurchsatz 6 als Leistungsgrösse 5 verwendet, kann äquivalent der korrekte Luftdurchsatz 5 für jeden Leistungspunkt errechnet werden.

[0089] Mit den jeweiligen Zuordnungen der Positionen für die Luft-Stellglieder 4 bzw für den Sollwert 32 im Abströmkanal zum Luftdurchsatz 5 und der Zuordnung der Stellung des Brennstoff-Aktors 9 zum Brennstoffdurchsatz 6 können dann für einen vorgegebenen Leistungswert die entsprechenden Positionen eingestellt werden. Die Fördermenge des Gebläses 3 kann entsprechend ausgeregelt werden.

[0090] Der aktuelle Wert für den Brennstoffdurchsatz 6 wird also über einen festen Faktor dem aktuellen Wert vom Luftdurchsatz 5 zugeordnet. Ein Basis-Faktor wird wie oben dargestellt während der Einstellung ermittelt. Für eine direkte Darstellung von Luftdurchsatz 5 bzw Brennstoffdurchsatz 6 beträgt er $\lambda_0 \cdot L_{min0}$. Für eine Darstellung von Luftdurchsatz 5 bzw Brennstoffdurchsatz 6 relativ zu den jeweiligen Maximalwerten aus dem Einstellvorgang wird er bevorzugt auf eins gesetzt.

[0091] Ändern sich die Bedingungen gegenüber den Einstellungen hinsichtlich der Luftzahl λ oder der Zusammensetzung des Brennstoffs um einen Faktor F , so werden Luftdurchsatz 5 oder Brennstoffdurchsatz 6 um den Faktor $1/F$ gegenüber den hinterlegten Einstellwerten angepasst.

[0092] Wird in einer weiteren Ausführungsform bei sich ändernden Zusammensetzungen des Brennstoffs der Faktor F über eine λ -Regelung ermittelt, so gilt auch dieser Wert für alle Leistungspunkte. Mit Hilfe der linearen Skalen für

Luftdurchsatz 5 und Brennstoffdurchsatz 6 kann die Leistung wesentlich schneller verändert werden als die λ -Regelung dies zulassen würde. Mithin werden λ -Regelung und Leistungsverstellung voneinander entkoppelt. Dies ist sehr vorteilhaft, da aufgrund der Systemlaufzeiten bzw der Zeitkonstanten des Systems der λ -Regelkreis wesentlich langsamer umweltbedingte Änderungen ausregelt als vergleichsweise die Leistung verändert werden soll. Typische umweltbedingte Änderungen sind Lufttemperatur, Luftdruck, Brennstofftemperatur und / oder Brennstoffart. Solche Änderungen treten normalerweise so langsam auf, dass hierfür der λ -Regelkreis hinreichend schnell ist.

[0093] Eine λ -Regelung kann mit Hilfe eines O_2 -Sensors im Abgas realisiert werden. Der Fachmann kann leicht aus dem abgeleiteten Messwert eines O_2 -Sensors im Abgas die Luftzahl λ berechnen.

[0094] Als besonderer Vorteil stellt sich beim vorgestellten Verfahren die Verwendung des Strömungssensors 13 dar. Durch einen gemäss FIG 6 skizzierten Regelkreis werden Dichteschwankungen der Luft 5 bedingt durch Temperaturänderung und / oder barometrische Druckschwankungen korrigiert. Es liegt somit für die linearisierte Skala vom Luftdurchsatz 5 schon ein kompensierter Wert vor. Der λ -Regelkreis muss nur noch Schwankungen der Gaszusammensetzung ausregeln.

[0095] Wählt man den Luftdurchsatz 5 als Leistungsgrösse, so wird bei sich ändernder Zusammensetzung des Brennstoffs der Brennstoffdurchsatz 6 über den λ -Regelkreis nachgeregelt, so dass die Brennerleistung nahezu konstant bleibt. Ursache ist hierfür, dass der Energieinhalt für die meisten üblich verwendeten Brennstoffe (näherungsweise) linear mit dem Mindestluftbedarf L_{min} korreliert.

[0096] Der Regelkreis nach FIG 6 kompensiert auch Fehler im Gebläse und / oder regelt diese aus. Fehler im Gebläse 3 sind beispielsweise ein verstärkter Schlupf des Lüfterrades und / oder Fehler in der (elektronischen) Ansteuerung. Weiterhin lassen sich gröbere Fehler des Gebläses 3, die nicht mehr ausgeregelt werden können, aufdecken. Dazu wird detektiert, ob die Ansteuer-Drehzahl 22 des Gebläses 3 ausserhalb eines für jeden Durchfluss 5 durch den Kanal 11 vorgegebenen Bandes liegt. Vorteilhaft werden dazu in der vorgenannten Tabelle für gegebene Durchflüsse 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch den Kanal 11 obere und untere Grenzwerte der Drehzahl und / oder der Ansteuersignale 22 des Gebläses 3 hinterlegt. Die Werte werden besonders bevorzugt in einem (nicht-flüchtigen) Speicher der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 hinterlegt. Gemäss einer weiteren Ausführungsform erfolgt die Hinterlegung oberer und unterer Grenzwerte für die Drehzahl und / oder die Ansteuersignale 22 des Gebläses 3 anhand (abschnittsweise definierter) Funktionen wie beispielsweise Geraden und / oder Polynomen.

[0097] Der Fachmann erkennt, dass der Durchfluss 5 durch Kanal 11 auch über einen anderen Aktor ausgeregelt werden kann. Beispielsweise lässt sich in FIG 6 die Regelung des Gebläses 3 durch eine Regelung der (motorisch verstellbaren) Klappe 4 ersetzen. Für jeden Sollwert 32 des Durchflusses 5 werden in diesem Fall alle Aktoren einschliesslich des Gebläses 3 mit Ausnahme der geregelten Stellung der (motorisch verstellbaren) Klappe bzw des Ventils 4 auf eine fest eingegebene Sollposition gestellt. Die jeweilige Sollposition für einen gegebenen Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11 ist im (nicht-flüchtigen) Speicher der Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung 16 hinterlegt. Die Stellungen der Aktoren und der Sollwert 32 des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28 sind auch hier als Funktion des Durchflusses 5 durch Kanal 11 hinterlegt, wie bereits oben erwähnt. Die Interpolation erfolgt wie oben dargelegt.

[0098] Für die vorstehende Tabelle bedeutet die Regelung der (motorisch verstellbaren) Klappe bzw des Ventils 4, dass die Stellung jenes Aktors durch die Drehzahl des Gebläses 3 ersetzt wird. Eine entsprechend angepasste Tabelle ist nachfolgend wiedergegeben:

Durchfluss 5 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Kanal 11	Gebläse 3	(motorisch verstellbare) weitere Klappe bzw weiteres Ventil	Sollwert 32 für Durchfluss 15 (Teilchenstrom und / oder Massenstrom) durch Seitenkanal 28
Wert 1	Drehzahl 1	Winkel 1	Strömungswert 1
Wert 2	Drehzahl 2	Winkel 2	Strömungswert 2
...
Wert n	Drehzahl n	Winkel n	Strömungswert n

[0099] Falls das System fehlersicher auszulegen ist, müssen die Sollpositionen der Aktoren fehlersicher ermittelt werden. Dies erfolgt beispielsweise anhand zweier Positionssensoren (Winkelgeber, Hubgeber, Drehzahlgeber, Hall-Sensor etc). Anhand des Reglers 37 wird die (motorisch verstellbare) Klappe 4 bzw das Ventil so weit verstellt, bis das Signal 21 des Massenstromsensors 13 im Seitenkanal 28 den im Speicher hinterlegten Wert für den geforderten Durch-

EP 3 301 362 A1

fluss erreicht. Gemäss einer besonderen Ausführungsform ist die Drehzahl des Gebläses 3 nicht veränderbar. Der Durchfluss 5 durch Kanal 11 wird ausschliesslich über die (motorisch verstellbare) weitere Klappe bzw das weitere Ventil eingestellt.

[0100] Auch in beiden vorstehenden Ausführungsformen mit Regelung vom Luftdurchsatz 5 über die (motorisch verstellbare) Klappe 4 kann die Klappenstellung 9 direkt fest in die Tabelle aufgenommen werden. Es kann aber auch hier eine zweite Zuordnung für die Brennstoffmenge 6 gebildet werden. Die Zuordnung der linearisierten Skala vom Brennstoffdurchsatz 6 zur linearisierten Skala vom Luftdurchsatz 5 wird über einen Faktor wie oben beschrieben festgelegt.

[0101] Teile einer Regeleinrichtung oder eines Verfahrens gemäss der vorliegenden Offenbarung können als Hardware, als Softwaremodul, welches von einer Recheneinheit ausgeführt wird, oder anhand eines Cloud-Rechners, oder anhand einer Kombination der vorgenannten Möglichkeiten realisiert werden. Die Software mag eine Firmware, einen Hardware-Treiber, der innerhalb eines Betriebssystems ausgeführt wird, oder ein Anwendungsprogramm umfassen. Die vorliegende Offenbarung bezieht sich also auch auf ein Rechnerprogramm-Produkt, welches die Merkmale dieser Offenbarung enthält bzw die erforderlichen Schritte ausführt. Bei Realisierung als Software können die beschriebenen Funktionen gespeichert werden als einer oder mehrere Befehle auf einem Rechner-lesbaren Medium. Einige Beispiele Rechner-lesbarer Medien schliessen Arbeitsspeicher (RAM), magnetischen Arbeitsspeicher (MRAM), ausschliesslich lesbaren Speicher (ROM), Flash-Speicher, elektronisch programmierbares ROM (EPROM), elektronisch programmierbares und löschbares ROM (EEPROM), Register einer Recheneinheit, eine Festplatte, eine auswechselbare Speichereinheit, einen optischen Speicher, oder jegliches geeignete Medium ein, auf welches durch einen Rechner oder durch andere IT-Vorrichtungen und Anwendungen zugegriffen werden kann.

[0102] Mit anderen Worten, die vorliegende Offenbarung lehrt ein Verfahren zur Regelung einer Brenneinrichtung mit einem Massenstromsensor 13 in einem Seitenkanal 28 eines Zufuhrkanals 11 der Brenneinrichtung, einem Regler 37, mindestens einem ersten auf den Zufuhrkanal 11 wirkenden Aktor 4, 3 und mindestens einem zweiten auf den Zufuhrkanal 11 wirkenden Aktor 3, 4, wobei der mindestens eine erste Aktor 4, 3 und der mindestens eine zweite Aktor 3, 4 (jeweils) zum Empfang von Signalen ausgebildet sind, das Verfahren umfassend die Schritte:

Anfordern eines Durchflusses 5 eines Fluids durch den Zufuhrkanal 11,

Zuordnen des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 auf eine (einen Wert der) Stellung des mindestens einen ersten Aktors 4, 3,

Generieren eines ersten Signals 23, 22 für den mindestens einen ersten Aktor 4, 3, wobei das generierte erste Signal 23, 22 eine Funktion der dem angeforderten Durchfluss 5 durch den Zufuhrkanal 11 zugeordneten Stellung des mindestens einen ersten Aktors 4, 3 ist,

Ausgeben des generierten ersten Signals 23, 22 an den mindestens einen ersten Aktor 4, 3,

Generieren eines zweiten Signals 21 durch den Massenstromsensor 13, wobei das zweite Signal 21 eine Funktion eines Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28 ist,

Verarbeiten des durch den Massenstromsensor 13 generierten zweiten Signals 21 zu einem Ist-Wert des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28,

Verarbeiten des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 zu einem Soll-Wert 32 des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28,

Generieren eines Regelsignals 22, 23 durch den Regler 37 für den mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 als Funktion des Ist-Wertes des Durchflusses durch den Seitenkanal 28 und als Funktion des Soll-Wertes 32 des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28,

Ausgeben des generierten Regelsignals 22, 23 an den mindestens einen zweiten Aktor 3, 4.

[0103] Der Seitenkanal 28 und der Zufuhrkanal 11 der Brenneinrichtung stehen vorzugsweise in Fluidverbindung. Der mindestens eine zweite Aktor 3, 4 ist vorzugsweise ausgebildet, ein Regelsignal 37 zu empfangen. Der Durchfluss 15 durch den Seitenkanal 28 ist vorzugsweise ein Massenstrom (eines gasförmigen Fluids). Der Durchfluss 5 durch den Zufuhrkanal 11 ist vorzugsweise ein Massenstrom (eines gasförmigen Fluids). Der mindestens eine erste Aktor 4, 3 und der mindestens eine zweite Aktor 3, 4 wirken vorzugsweise seriell (in Reihe) auf den Zufuhrkanal 11. Der mindestens eine erste Aktor 4, 3 und der mindestens eine zweite Aktor 3, 4 sind vorzugsweise in Reihe (im Zufuhrkanal 11) angeordnet.

[0104] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin das vorgenannte Verfahren, wobei das Verarbeiten des angefor-

derden Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 zu einem Soll-Wert 32 des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28 ein umkehrbar eindeutiges Zuordnen (des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 auf den Soll-Wert 32 des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28) umfasst.

[0105] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das Generieren eines Regelsignals (durch den Regler 37) für den mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 anhand eines proportional-integral Reglers 37 erfolgt.

[0106] Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist der proportional-integral Regler 37 ein selbst-adaptiver Regler.

[0107] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das Generierung eines Regelsignals (durch den Regler 37) für den mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 anhand eines proportional-integral-derivativen Reglers 37 erfolgt.

[0108] Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist der proportional-integral-derivative Regler 37 ein selbst-adaptiver Regler.

[0109] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei der mindestens eine zweite Aktor der Brennereinrichtung ein Gebläse 3 mit einstellbarer Drehzahl umfasst, wobei das Gebläse 3 mit einstellbarer Drehzahl einen Antrieb umfasst, und wobei vorzugsweise das Gebläse 3 im Zufuhrkanal 11 der Brennereinrichtung angeordnet ist.

[0110] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das generierte Regelsignal 22, 23 an den mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 ein Pulsweiten-moduliertes Signal ist.

[0111] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das generierte Regelsignal 22, 23 an den mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 ein Umrichter-Signal ist mit einer Frequenz, die der Drehzahl des Gebläses 3 entspricht.

[0112] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei der mindestens eine erste Aktor der Brennereinrichtung eine motorisch verstellbare Klappe 4 mit einem Antrieb umfasst und vorzugsweise die motorisch verstellbare Klappe 4 im Zufuhrkanal 11 der Brennereinrichtung angeordnet ist.

[0113] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei beim Generieren des Regelsignals 22, 23 durch den Regler 37 für den mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 eine Differenz zwischen Soll-Wert 32 und Ist-Wert 21 gebildet wird.

[0114] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das Verarbeiten des durch den Massenstromsensor 13 generierten zweiten Signals 21 eine Filterung des durch den Massenstromsensor 13 generierten zweiten Signals 21 umfasst.

[0115] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das Verarbeiten des durch den Massenstromsensor 13 generierten zweiten Signals 21 eine Filterung mit einer 3dB Schwelle des durch den Massenstromsensor 13 generierten zweiten Signals 21 umfasst, wobei die 3dB Schwelle der Filterung so eingerichtet ist, dass Schwankungen des Signals 21 einer Frequenz grösser 1 Hz, bevorzugt grösser 10 Hz, integriert werden.

[0116] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das Zuordnen des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 auf eine (einen Wert der) Stellung des mindestens einen ersten Aktors 4, 3 anhand einer vorgegebenen Tabelle erfolgt, in welcher Werten des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 Werte der Stellungen des mindestens einen ersten Aktors 4, 3 zugeordnet sind.

[0117] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das Zuordnen des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 auf eine (einen Wert der) Stellung des mindestens einen ersten Aktors 4, 3 anhand einer vorgegebenen Tabelle mit anschliessender Interpolation erfolgt, wobei in der vorgegebenen Tabelle Werten des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 Werte der Stellungen des mindestens einen ersten Aktors 4, 3, vorzugsweise auch Werte der Stellungen jedes vom mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 verschiedenen Aktors, zugeordnet sind.

[0118] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei das Zuordnen des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 auf eine (einen Wert der) Stellung des mindestens einen ersten Aktors 4, 3 anhand einer vorgegebenen (abschnittsweise definierten) Funktion (Polynom) erfolgt, in welcher Werten des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 Werte der Stellungen des mindestens einen ersten Aktors 4, 3, vorzugsweise auch Werte der Stellungen jedes vom mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 verschiedenen Aktors, zugeordnet sind.

[0119] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei beim Generieren des Regelsignals 22, 23 (durch den Regler 37) für den mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 der Betrag einer Differenz zwischen Soll-Wert 32 und Ist-Wert 21 gebildet wird und wobei der Betrag der Differenz zwischen Soll-Wert 32 und Ist-Wert 21 mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen wird, und

wobei vorzugsweise der Schwellwert eine Funktion des Soll-Werts 32 ist.

[0120] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der beiden vorgenannten Verfahren, wobei die Brennereinrichtung zusätzlich einen Brennstoffzufuhrkanal 38 mit mindestens einem Sicherheits-Absperrventil 7 - 8 zum Schliessen des Brennstoffzufuhrkanals 38 umfasst, wobei das mindestens eine Sicherheits-Absperrventil 7 - 8 ausgebildet ist, ein

EP 3 301 362 A1

Signal 24 - 25 zur Abschaltung der Brenneinrichtung zu empfangen und als Antwort auf den Empfang eines Signals 24 - 25 zur Abschaltung der Brenneinrichtung den Brennstoffzufuhrkanal 38 zu schliessen, das Verfahren zusätzlich umfassend die Schritte:

5 Vergleichen des generierten Regelsignals 22 - 23 mit einem (vorgegebenen) oberen Schwellwert und / oder mit einem (vorgegebenen) unteren Schwellwert,

 Generieren eines Signals 24 - 25 zur Abschaltung der Brenneinrichtung, falls das generierte Regelsignal 22 - 23 über dem (vorgegebenen) oberen Schwellwert oder unter dem (vorgegebenen) unteren Schwellwert liegt,

10 Ausgeben des generierten Signals 24 - 25 zur Abschaltung der Brenneinrichtung an das mindestens eine Sicherheits-Absperrventil 7 - 8, falls das generierte Regelsignal 22 - 23 über dem (vorgegebenen) oberen Schwellwert oder unter dem (vorgegebenen) unteren Schwellwert liegt.

15 **[0121]** Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der beiden vorgenannten Verfahren, wobei die Brenneinrichtung zusätzlich einen Brennstoffzufuhrkanal 38 mit mindestens einem Sicherheits-Absperrventil 7 - 8 zum Schliessen des Brennstoffzufuhrkanals 38 umfasst, wobei das mindestens eine Sicherheits-Absperrventil 7 - 8 ausgebildet ist, ein Signal 24 - 25 zur Abschaltung der Brenneinrichtung zu empfangen und als Antwort auf den Empfang eines Signals 24 - 25 zur Abschaltung der Brenneinrichtung den Brennstoffzufuhrkanal 38 zu schliessen, das Verfahren zusätzlich umfassend die Schritte:

 Vergleichen des Ist-Wertes des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28 mit einem (vorgegebenen) oberen Schwellwert und / oder mit einem (vorgegebenen) unteren Schwellwert,

25 Generieren eines Signals 24 - 25 zur Abschaltung der Brenneinrichtung, falls der Ist-Wert des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28 über dem (vorgegebenen) oberen Schwellwert oder unter dem (vorgegebenen) unteren Schwellwert liegt,

30 Ausgeben des generierten Signals 24 - 25 zur Abschaltung der Brenneinrichtung an das mindestens eine Sicherheits-Absperrventil 7 - 8, falls der Ist-Wert des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal 28 über dem (vorgegebenen) oberen Schwellwert oder unter dem (vorgegebenen) unteren Schwellwert liegt.

35 **[0122]** Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin die vorgenannten Verfahren, wobei der (vorgegebene) untere Schwellwert und / oder (vorgegebene) obere Schwellwert eine Funktion des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11 ist.

[0123] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin die vorgenannten Verfahren, wobei der Regler 37 einen (nicht-flüchtigen) Speicher umfasst und der (vorgegebene) untere Schwellwert und / oder (vorgegebene) obere Schwellwert im Speicher des Reglers 37 hinterlegt sind. Der Regler 37 ist vorzugsweise ausgebildet, den (vorgegebenen) unteren Schwellwert und / oder den (vorgegebenen) oberen Schwellwert aus dem (nicht-flüchtigen) Speicher zu lesen.

40 **[0124]** Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, wobei die Brenneinrichtung zusätzlich einen Brennstoffzufuhrkanal 38 und mindestens einen auf den Brennstoffzufuhrkanal 38 wirkenden Brennstoff-Aktor 9 umfasst und der Brennstoff-Aktor 9 zum Empfang eines (Brennstoff-)Signals 26 ausgebildet ist, das Verfahren zusätzlich umfassend die Schritte:

45 Anfordern eines Durchflusses 6 eines Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal 38,

 Zuordnen des Durchflusses 6 des Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 auf eine Stellung des mindestens einen Brennstoff-Aktors 9,

50 wobei vorzugsweise das Zuordnen des Durchflusses des Brennstoffs 6 durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 auf eine Stellung des mindestens einen Brennstoff-Aktors 9 anhand einer Tabelle (idealerweise mit anschliessender Interpolation) und / oder anhand einer (zumindest abschnittsweise definierten) polynomischen Funktion erfolgt, in welcher Werten des angeforderten Durchflusses 6 durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 Werte der Stellungen des mindestens einen Brennstoff-Aktors 9 zugeordnet sind,

55 Generieren eines Brennstoff-Signals 26 für den mindestens einen Brennstoff-Aktor 9, wobei das generierte Brennstoff-Signal 26 eine Funktion der dem angeforderten Durchfluss 6 durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 zugeordneten Stellung des mindestens einen Brennstoff-Aktors 9 ist,

EP 3 301 362 A1

Ausgeben des generierten Brennstoff-Signals 26 an den mindestens einen Brennstoff-Aktor 9 und vorzugsweise Stellen des mindestens einen Brennstoff-Aktors 9 entsprechend dem ausgegebenen Brennstoff-Signal 26.

5 **[0125]** Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin die vorgenannten Verfahren, wobei der Regler 37 einen (nicht-flüchtigen) Speicher umfasst und die Tabelle und / oder die polynomische Funktion im Speicher des Reglers 37 hinterlegt sind. Der Regler 37 ist vorzugsweise ausgebildet, die Tabelle und / oder die polynomische Funktion aus dem (nicht-flüchtigen) Speicher zu lesen.

10 **[0126]** Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin das vorgenannte Verfahren, wobei das Zuordnen des Durchflusses des Brennstoffs 6 durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 zu Werten des Brennstoffaktors 9 anhand einer universellen Tabelle (idealerweise mit anschließender Interpolation) und / oder anhand einer (zumindest abschnittsweise definierten) universellen polynomischen Funktion erfolgt, das Verfahren zusätzlich umfassend den Schritt:

15 Zuordnen der Stellung(en) jedes vom mindestens einen zweiten Aktor 3, 4 der Brenneinrichtung verschiedenen Aktors 4, 3, 9 zu einem Durchfluss 5 eines Fluids durch den Zufuhrkanal 11 anhand der universellen Tabelle oder einer zumindest abschnittsweise definierten) universellen polynomischen Funktion.

20 **[0127]** Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin die vorgenannten Verfahren, wobei der Regler 37 einen (nicht-flüchtigen) Speicher umfasst und die universelle Tabelle und / oder die universelle polynomische Funktion im Speicher des Reglers 37 hinterlegt sind. Der Regler 37 ist vorzugsweise ausgebildet, die universelle Tabelle und / oder die universelle polynomische Funktion aus dem (nicht-flüchtigen) Speicher zu lesen.

[0128] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, das Verfahren zusätzlich umfassend den Schritt:

25 Zuordnen eines Durchflusses 6 eines Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 zu einem Durchfluss 5 eines Fluids durch den Zufuhrkanal 11 anhand eines konstanten Faktors zwischen dem Durchfluss 6 eines Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 und dem Durchfluss 5 eines Fluids durch den Zufuhrkanal 11.

30 **[0129]** Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, die Brenneinrichtung zusätzlich umfassend einen Abgaskanal 30 mit einer Sonde im Abgaskanal 30 und eine λ -Regelung, die ausgebildet ist, Signale der Sonde des Abgaskanals 30 zu empfangen, das Verfahren zusätzlich umfassend die Schritte:

Generieren eines Signals durch die Sonde im Abgaskanal 30,

35 Übermitteln des Signals aus der Sonde im Abgaskanal 30 an die λ -Regelung,

Bestimmen (durch die λ -Regelung) eines veränderlichen Faktors zwischen dem Durchfluss eines Brennstoffs 6 durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 und dem Durchfluss 5 eines Fluids durch den Zufuhrkanal 11 als Funktion des Signals aus der Sonde im Abgaskanal 30,

40 (Übermitteln des bestimmten veränderlichen Faktors an den Regler 37,)

45 Zuordnen (durch die λ -Regelung und / oder durch den Regler 37) eines Durchflusses 6 eines Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal 38 zu einem Durchfluss 5 eines Fluids durch den Zufuhrkanal 11 anhand des bestimmten veränderlichen Faktors.

[0130] Die λ -Regelung der Brenneinrichtung ist vorzugsweise in den Regler 37 integriert.

[0131] Das durch die Sonde im Abgaskanal 30 generierte Signal ist vorzugsweise eine Funktion einer Luftzahl eines Fluidstromes im Abgaskanal und / oder eine Funktion eines Sauerstoffgehalts eines Fluidstromes im Abgaskanal.

50 **[0132]** Die Sonde im Abgaskanal 30 ist vorzugsweise eine λ -Sonde und / oder eine O₂-Sonde (Sauerstoff-Sonde).

[0133] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eines der vorgenannten Verfahren, das Verfahren zusätzlich umfassend den Schritt:

55 Bestimmen einer Leistung der Brenneinrichtung auf Grundlage des Soll-Werts 32 des Reglers 37 und / oder auf Grundlage des Werts des angeforderten Durchflusses 5 durch den Zufuhrkanal 11.

[0134] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin ein nicht-flüchtiges computerlesbares Speichermedium, das einen Befehlssatz zur Ausführung durch mindestens einen Prozessor speichert, der, wenn er durch einen Prozessor ausgeführt

wird, eines der vorgenannten Verfahren mit durchführt.

[0135] Das Genannte bezieht sich auf einzelne Ausführungsformen der Offenbarung. Verschiedene Änderungen an den Ausführungsformen können vorgenommen werden ohne von der zu Grunde liegenden Idee abzuweichen und ohne den Rahmen dieser Offenbarung zu verlassen. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung ist definiert über deren Ansprüche. Es können verschiedenste Änderungen vorgenommen werden ohne den Schutzbereich der folgenden Ansprüche zu verlassen.

Bezugszeichen

[0136]

- 1 Brenner
- 2 Wärmeverbraucher (Wärmetauscher)
- 3 Gebläse
- 4 (motorisch verstellbare) Klappe bzw Ventil
- 5 Durchfluss (Teilchen- und / oder Massenstrom) bzw Strömung durch Kanal 11 (Luftdurchsatz)
- 6 Fluidfluss eines brennbaren Fluids (Brennstoffdurchsatz)
- 7, 8 Sicherheitsventil
- 9 (motorisch verstellbare) Klappe bzw Ventil
- 10 Abgasfluss
- 11 Zufuhrkanal (Luftkanal)
- 12 Anschlussstelle, Stausonde
- 13 Massenstromsensor
- 14 Strömungswiderstandselement (Blende)
- 15 Durchfluss bzw Strömung im Seitenkanal
- 16 Regel- und / oder Steuer- und / oder Überwachungseinrichtung
- 17 Mischeinrichtung
- 18, 19, 20 Strömungswiderstandselemente (Blendens)
- 21 - 26 Signalleitungen
- 27 Lufteinlass
- 28 Seitenkanal
- 29 Umgehungskanal
- 30 Abgaskanal
- 31 Öffnungen der Stausonde
- 32 Soll-Wert für Regelung
- 33 Soll-Ist-Abweichung
- 34 Messanordnung
- 35 Differenzbildung
- 36 Filter
- 37 Regler, beispielsweise ein PI(D) Regler
- 38 Brennstoffzufuhrkanal

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Brenneinrichtung mit einem Massenstromsensor (13) in einem Seitenkanal (28) eines Zufuhrkanals (11) der Brenneinrichtung, einem Regler (37), mindestens einem ersten auf den Zufuhrkanal (11) wirkenden Aktor (4, 3) und mindestens einem zweiten auf den Zufuhrkanal (11) wirkenden Aktor (3, 4), wobei der mindestens eine erste Aktor (4, 3) und der mindestens eine zweite Aktor (3, 4) zum Empfang von Signalen ausgebildet sind, das Verfahren umfassend die Schritte:

- Anfordern eines Durchflusses (5) eines Fluids durch den Zufuhrkanal (11),
- Zuordnen des angeforderten Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11) auf eine Stellung des mindestens einen ersten Aktors (4, 3),
- Generieren eines ersten Signals (23, 22) für den mindestens einen ersten Aktor (4, 3), wobei das generierte erste Signal (23, 22) eine Funktion der dem angeforderten Durchfluss (5) durch den Zufuhrkanal (11) zugeordneten Stellung des mindestens einen ersten Aktors (4, 3) ist,
- Ausgeben des generierten ersten Signals (23, 22) an den mindestens einen ersten Aktor (4, 3),

EP 3 301 362 A1

Generieren eines zweiten Signals (21) durch den Massenstromsensor (13), wobei das zweite Signal (21) eine Funktion eines Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28) ist,

Verarbeiten des durch den Massenstromsensor (13) generierten zweiten Signals (21) zu einem Ist-Wert des Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28),

Verarbeiten des angeforderten Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11) zu einem Soll-Wert (32) des Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28),

Generieren eines Regelsignals (22, 23) durch den Regler (37) für den mindestens einen zweiten Aktor (3, 4) als Funktion des Ist-Wertes des Durchflusses durch den Seitenkanal (28) und als Funktion des Soll-Wertes (32) des Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28),

Ausgeben des generierten Regelsignals (22, 23) an den mindestens einen zweiten Aktor (3, 4).

2. Das Verfahren gemäss Anspruch 1, wobei das Verarbeiten des angeforderten Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11) zu einem Soll-Wert (32) des Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28) ein umkehrbar eindeutiges Zuordnen des angeforderten Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11) auf den Soll-Wert (32) des Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28) umfasst.

3. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei das Generieren eines Regelsignals für den mindestens einen zweiten Aktor (3, 4) anhand eines proportional-integral Reglers (37) oder anhand eines proportional-integral-derivativen Reglers (37) erfolgt.

4. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der mindestens eine zweite Aktor der Brenneinrichtung ein Gebläse (3) mit einstellbarer Drehzahl umfasst, wobei das Gebläse (3) mit einstellbarer Drehzahl einen Antrieb umfasst, und wobei das Gebläse (3) im Zufuhrkanal (11) der Brenneinrichtung angeordnet ist.

5. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das generierte Regelsignal (22, 23) an den mindestens einen zweiten Aktor (3, 4) ein Pulsweiten-moduliertes Signal ist oder ein Umrichter-Signal ist mit einer Frequenz, die der Drehzahl eines als Gebläse (3) ausgebildeten mindestens einen zweiten Aktors (3, 4) entspricht.

6. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der mindestens eine erste Aktor der Brenneinrichtung eine motorisch verstellbare Klappe (4) mit einem Antrieb umfasst und die motorisch verstellbare Klappe (4) im Zufuhrkanal (11) der Brenneinrichtung angeordnet ist.

7. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Verarbeiten des durch den Massenstromsensor (13) generierten zweiten Signals (21) eine Filterung des durch den Massenstromsensor (13) generierten zweiten Signals (21) umfasst.

8. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Brenneinrichtung zusätzlich einen Brennstoffzufuhrkanal (38) mit mindestens einem Sicherheits-Absperrventil (7 - 8) zum Schliessen des Brennstoffzufuhrkanals (38) umfasst, wobei das mindestens eine Sicherheits-Absperrventil (7 - 8) ausgebildet ist, ein Signal (24 - 25) zur Abschaltung der Brenneinrichtung zu empfangen und als Antwort auf den Empfang eines Signals (24 - 25) zur Abschaltung der Brenneinrichtung den Brennstoffzufuhrkanal (38) zu schliessen, das Verfahren zusätzlich umfassend die Schritte:

Vergleichen des generierten Regelsignals (22 - 23) mit einem oberen Schwellwert und / oder mit einem unteren Schwellwert,

Generieren eines Signals (24 - 25) zur Abschaltung der Brenneinrichtung, falls das generierte Regelsignal (22 - 23) über dem oberen Schwellwert und / oder unter dem unteren Schwellwert liegt,

Ausgeben des generierten Signals (24 - 25) zur Abschaltung der Brenneinrichtung an das mindestens eine Sicherheits-Absperrventil (7 - 8), falls das generierte Regelsignal (22 - 23) über dem oberen Schwellwert und / oder unter dem unteren Schwellwert liegt.

9. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Brenneinrichtung zusätzlich einen Brennstoffzufuhrkanal (38) mit mindestens einem Sicherheits-Absperrventil (7 - 8) zum Schliessen des Brennstoffzufuhrkanals (38) umfasst, wobei das mindestens eine Sicherheits-Absperrventil (7 - 8) ausgebildet ist, ein Signal (24 - 25) zur Abschaltung der Brenneinrichtung zu empfangen und als Antwort auf den Empfang eines Signals (24 - 25) zur Abschaltung der Brenneinrichtung den Brennstoffzufuhrkanal (38) zu schliessen, das Verfahren zusätzlich umfassend die Schritte:

EP 3 301 362 A1

Vergleichen des Ist-Wertes des Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28) mit einem oberen Schwellwert und / oder mit einem unteren Schwellwert,

Generieren eines Signals (24 - 25) zur Abschaltung der Brenneinrichtung, falls der Ist-Wert des Durchflusses (15) durch den Seitenkanal (28) über dem oberen Schwellwert und / oder unter dem unteren Schwellwert liegt,
Ausgeben des generierten Signals (24 - 25) zur Abschaltung der Brenneinrichtung an das mindestens eine Sicherheits-Absperrventil (7 - 8), falls der Ist-Wert des Durchflusses 15 durch den Seitenkanal (28) über dem oberen Schwellwert und / oder unter dem unteren Schwellwert liegt.

10. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Zuordnen des angeforderten Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11) auf eine Stellung des mindestens einen ersten Aktors (4, 3) anhand einer vorgegebenen Tabelle erfolgt, in welcher Werten des angeforderten Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11) Werte der Stellungen des mindestens einen ersten Aktors (4, 3) zugeordnet sind.

11. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Brenneinrichtung zusätzlich einen Brennstoffzufuhrkanal (38) und mindestens einen auf den Brennstoffzufuhrkanal (38) wirkenden Brennstoff-Aktor (9) umfasst und der Brennstoff-Aktor (9) zum Empfang von Brennstoff-Signalen (26) ausgebildet ist, das Verfahren zusätzlich umfassend die Schritte:

Anfordern eines Durchflusses (6) eines Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal (38),
Zuordnen des Durchflusses (6) des Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal (38) auf eine Stellung des mindestens einen Brennstoff-Aktors (9),

wobei das Zuordnen des Durchflusses des Brennstoffs (6) durch den Brennstoffzufuhrkanal (38) auf eine Stellung des mindestens einen Brennstoff-Aktors (9) anhand einer Tabelle erfolgt, in welcher Werten des angeforderten Durchflusses (6) durch den Brennstoffzufuhrkanal (38) Werte der Stellungen des mindestens einen Brennstoff-Aktors (9) zugeordnet sind,

Generieren eines Brennstoff-Signals (26) für den mindestens einen Brennstoff-Aktor (9), wobei das generierte Brennstoff-Signal (26) eine Funktion der dem angeforderten Durchfluss (6) durch den Brennstoffzufuhrkanal (38) zugeordneten Stellung des mindestens einen Brennstoff-Aktors (9) ist,

Ausgeben des generierten Brennstoff-Signals (26) an den mindestens einen Brennstoff-Aktor (9) und Stellen des mindestens einen Brennstoff-Aktors (9) entsprechend dem ausgegebenen Brennstoff-Signal (26).

12. Das Verfahren gemäss Anspruch 11, das Verfahren zusätzlich umfassend den Schritt:

Zuordnen eines Durchflusses (6) eines Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal (38) zu einem Durchfluss (5) eines Fluids durch den Zufuhrkanal (11) anhand eines konstanten Faktors zwischen dem Durchfluss (6) eines Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal (38) und dem Durchfluss (5) eines Fluids durch den Zufuhrkanal (11).

13. Das Verfahren gemäss Anspruch 11, die Brenneinrichtung zusätzlich umfassend einen Abgaskanal (30) mit einer Sonde im Abgaskanal (30) und eine λ -Regelung, die ausgebildet ist, Signale der Sonde des Abgaskanals (30) zu empfangen, das Verfahren zusätzlich umfassend die Schritte:

Generieren eines Signals durch die Sonde im Abgaskanal (30),

Übermitteln des Signals aus der Sonde im Abgaskanal (30) an die λ -Regelung,

Bestimmen eines veränderlichen Faktors zwischen dem Durchfluss eines Brennstoffs (6) durch den Brennstoffzufuhrkanal (38) und dem Durchfluss (5) eines Fluids durch den Zufuhrkanal (11) als Funktion des übermittelten Signals,

Zuordnen eines Durchflusses (6) eines Brennstoffs durch den Brennstoffzufuhrkanal (38) zu einem Durchfluss (5) eines Fluids durch den Zufuhrkanal (11) anhand des bestimmten veränderlichen Faktors.

14. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 13, das Verfahren zusätzlich umfassend den Schritt:

Bestimmen einer Leistung der Brenneinrichtung auf Grundlage des Soll-Werts (32) des Reglers (37) und / oder auf Grundlage des Werts des angeforderten Durchflusses (5) durch den Zufuhrkanal (11).

15. Nicht-flüchtiges computerlesbares Speichermedium, das einen Befehlssatz zur Ausführung durch mindestens einen Prozessor speichert, der, wenn er durch einen Prozessor ausgeführt wird, ein Verfahren mit den Schritten nach einem der Ansprüche 1 bis 14 durchführt.

FIG 1

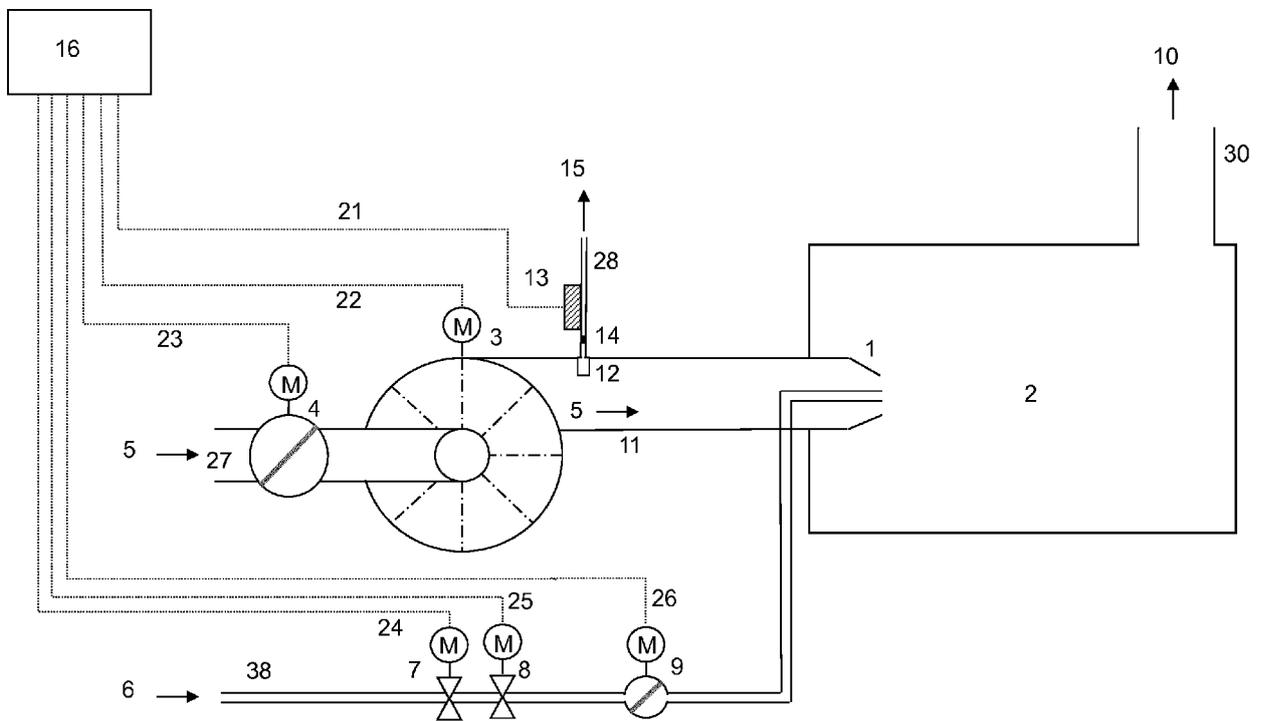


FIG 2

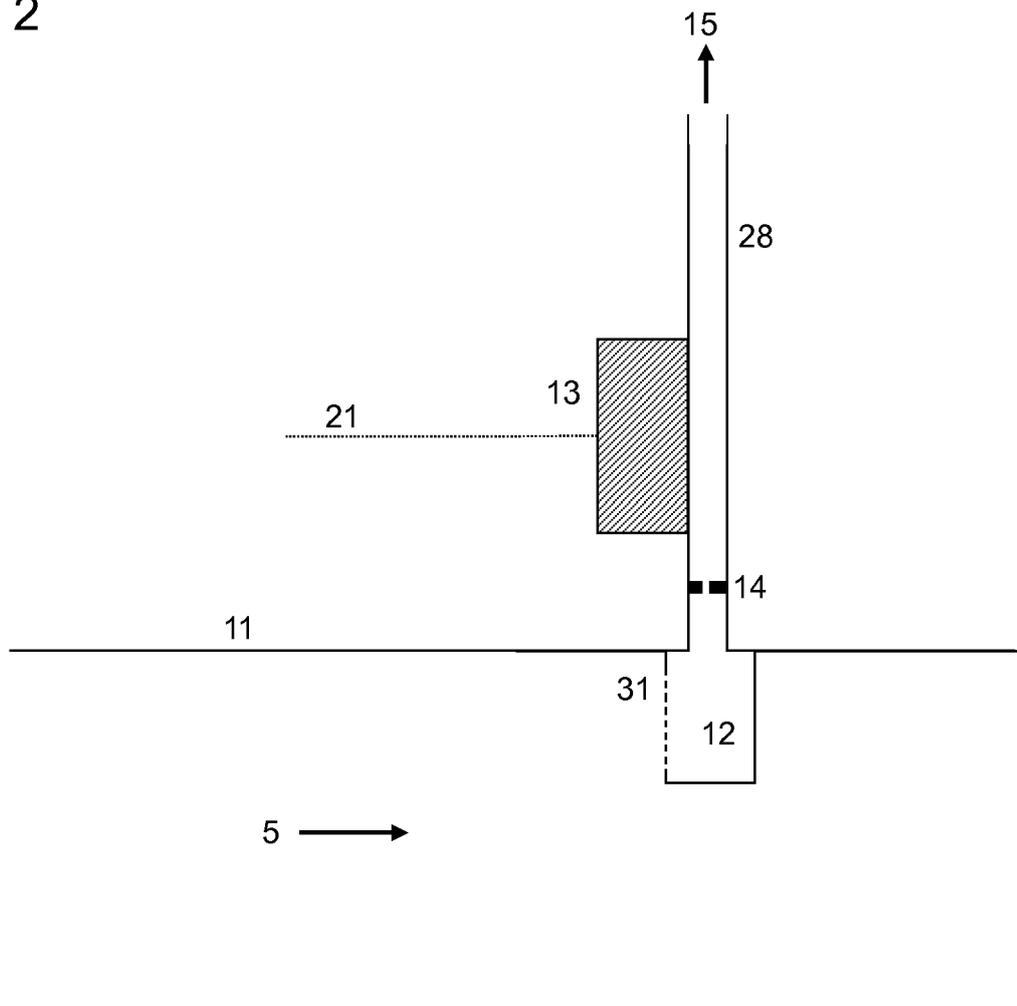


FIG 3

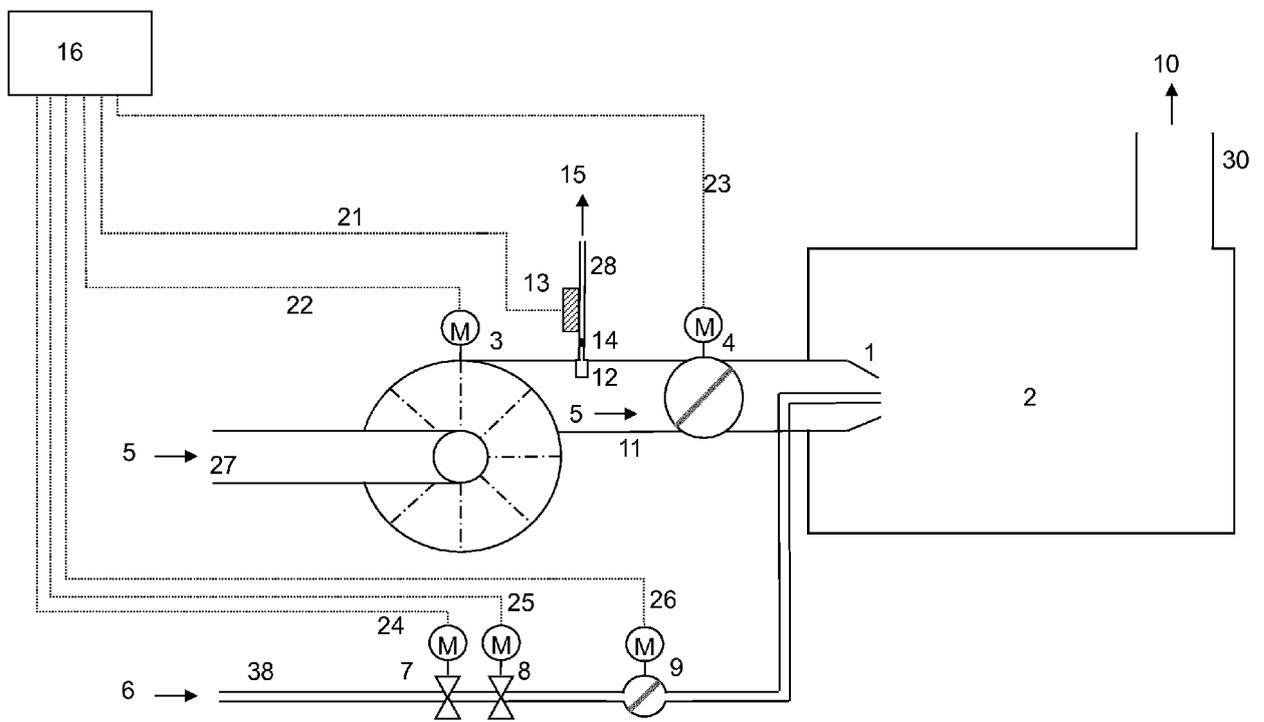


FIG 4

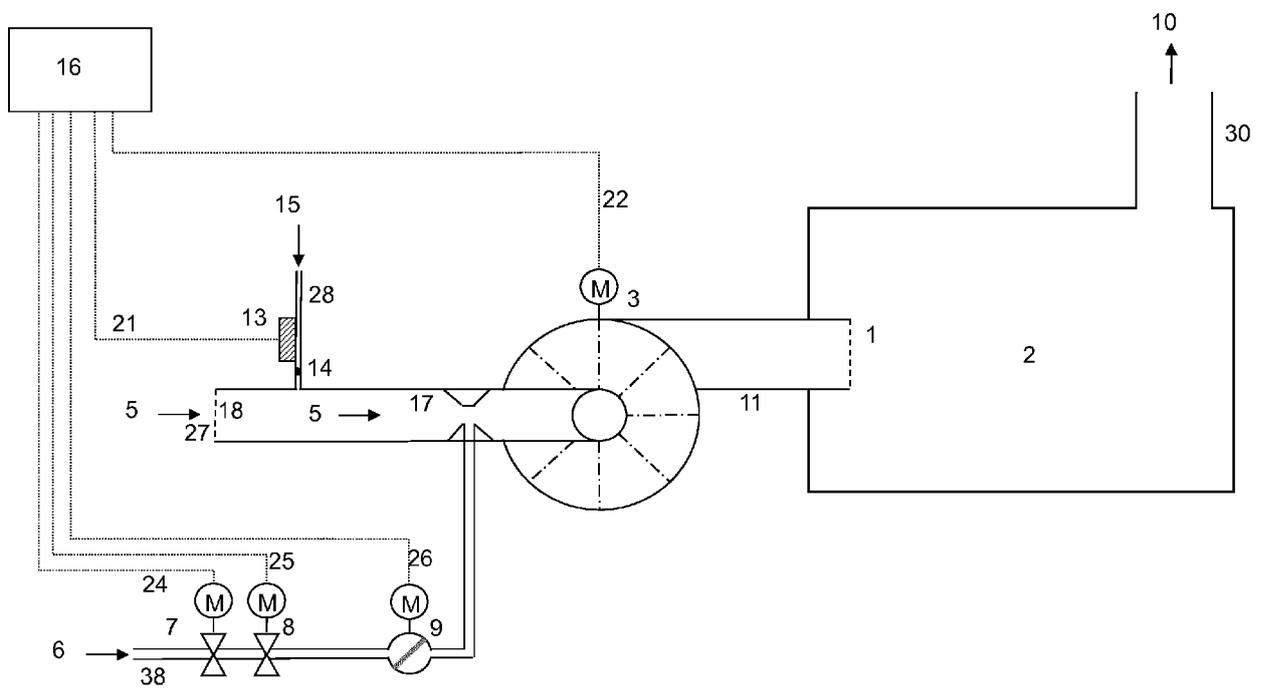
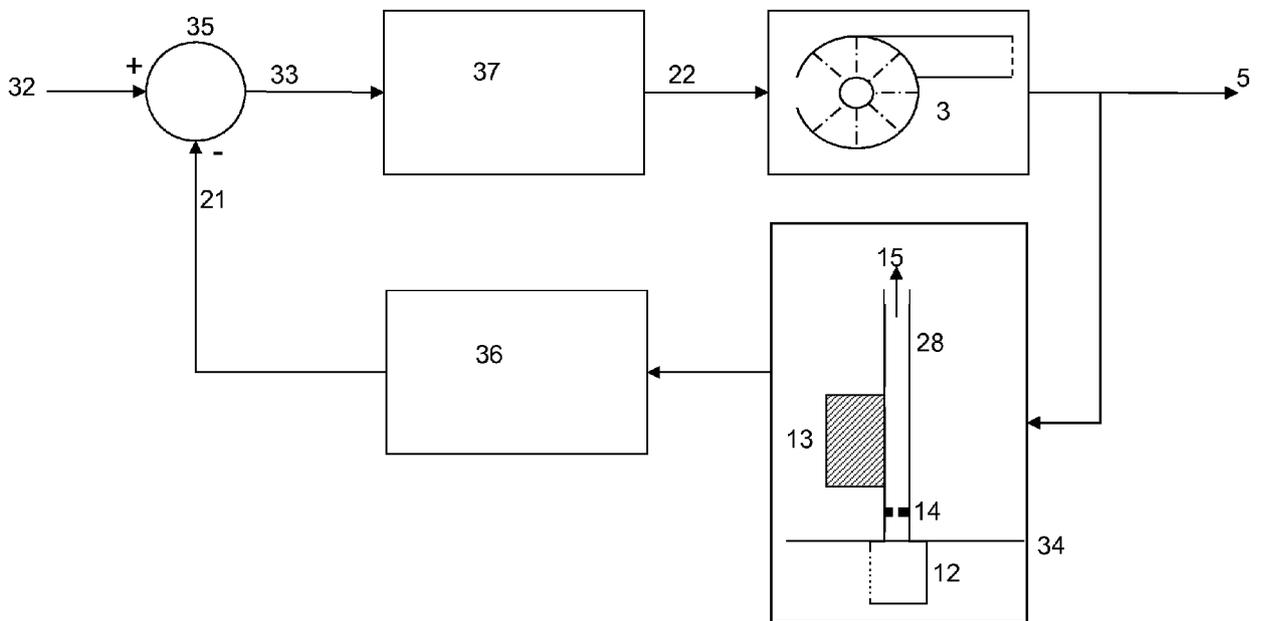


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 19 1924

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y,D	EP 1 243 857 A1 (MOTOREN VENTILATOREN GMBH [DE]) 25. September 2002 (2002-09-25) * Absätze [0006], [0007], [0008] * * Absätze [0021], [0024], [0030], [0031], [0032]; Abbildungen 1-5 *	1-7,10, 14,15	INV. F23N1/02 F23N5/18 F23D14/60
Y	GB 1 571 906 A (BRITISH GAS CORP) 23. Juli 1980 (1980-07-23) * Seite 1, Zeile 23 - Zeile 32 * * Seite 2, Zeile 12 - Seite 3, Zeile 25; Abbildung 1 *	1-7,10, 14,15	
Y	DE 195 01 749 A1 (STIEBEL ELTRON GMBH & CO KG [DE]) 25. Juli 1996 (1996-07-25) * Spalte 2, Zeile 64 - Spalte 3, Zeile 36; Abbildung 1 *	7	
A	JP 3 031856 B2 (SAMSON CO LTD) 10. April 2000 (2000-04-10) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	5,6	
A,D	DE 10 2010 010952 A1 (EBM PAPST LANDSHUT GMBH [DE]) 15. September 2011 (2011-09-15) * Absätze [0010], [0012], [0013], [0018], [0033]; Abbildungen 1, 2 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23N F23D G05D
A	DE 37 03 934 A1 (VAILLANT JOH GMBH & CO [DE]) 13. August 1987 (1987-08-13) * Spalte 2, Zeile 26 - Zeile 64; Abbildung 1 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. März 2017	Prüfer Harder, Sebastian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



5

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

10

Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

15

Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

20

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

25

Siehe Ergänzungsblatt B

30

Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

35

Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

40

Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

45

Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

1-7, 10, 14, 15

50

55

Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPU).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 16 19 1924

5

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

10

1. Ansprüche: 1-7, 10, 14, 15

Verfahren zur Regelung einer Brenneinrichtung mit einem Massenstromsensor, wobei eine Regelung den Luftdurchfluss durch einen Zufuhrkanal über einen Aktor regelt.

15

2. Ansprüche: 8, 9

Verfahren zur Sicherheitsabschaltung einer Brenneinrichtung, wobei abhängig von oberen und unteren Schwellenwerten ein Sicherheitsventil die Brennstoffzufuhr unterbricht.

20

3. Ansprüche: 11-13

Verfahren zur Brennstoffregelung einer Brenneinrichtung, wobei die Regelung angeforderte Durchflusswerte einer Tabelle entnimmt.

25

30

35

40

45

50

55

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 1924

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-03-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1243857 A1	25-09-2002	CN 1737428 A DE 10114405 A1 EP 1243857 A1	22-02-2006 26-09-2002 25-09-2002
GB 1571906 A	23-07-1980	KEINE	
DE 19501749 A1	25-07-1996	KEINE	
JP 3031856 B2	10-04-2000	JP 3031856 B2 JP H09210349 A	10-04-2000 12-08-1997
DE 102010010952 A1	15-09-2011	DE 102010010952 A1 EP 2556303 A2 US 2013045077 A1 WO 2011110439 A2	15-09-2011 13-02-2013 21-02-2013 15-09-2011
DE 3703934 A1	13-08-1987	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1236957 B1 [0005]
- EP 2556303 B1 [0006]
- DE 102004055715 B4 [0007]