(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 591 289 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.11.2016 Patentblatt 2016/47

(21) Anmeldenummer: **11728868.8**

(22) Anmeldetag: **04.07.2011**

(51) Int Cl.:
F23N 1/02 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/061179

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/004211 (12.01.2012 Gazette 2012/02)

(54) **VERFAHREN ZUR REGELUNG EINER VERBRENNUNG BEI EINEM GAS- ODER ÖLBRENNER**

METHOD FOR CONTROLLING COMBUSTION IN A GAS OR OIL BURNER

PROCÉDÉ DE RÉGULATION DE LA COMBUSTION SUR UN BRÛLEUR À GAZ OU AU FIOUL

(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

(30) Priorität: **07.07.2010 DE 102010026389**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.05.2013 Patentblatt 2013/20

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **PARK, Sungbae**
  NL-6851 JX Huissen (NL)
- **WESTRA, Jan**
  NL-8181 MG Heerde (NL)
- **DUETZ, Hans**
  NL-7038 DB Zeddam (NL)
- **KOELLMANN, Gordy**
  NL-7415 KH Deventer (NL)
- **WILCOX, Douglas**
  NL-6842 Ac (NL)
- **HATHOUT, Jean-Pierre**
  NL-7418 BG Deventer (NL)
- **PIAN, Xiaochuan**
  NL-7361 GC Beekbergen (NL)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 522 790
EP-A2- 2 014 985
DE-A1- 10 208 634
DE-A1- 19 936 696
DE-C2- 4 433 425

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 591 289 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer Luftzahl-geregelten Verbrennung an einem Gas- oder Ölbrenner. Solche Brenner sind häufig in Heizgeräten oder Heizkesseln eingebaut und dienen beispielsweise der Wärmeerzeugung zur Wohnraumbeheizung und Trinkwarmwasserbereitung.

[0002] Bei gattungsgemäßen Verfahren fördert und moduliert ein z.B. Drehzahl-variables Gebläse (Drehzahl n) einen Verbrennungsluftstrom V, ferner fördert und moduliert ein Brennstoffregelventil einen Brennstoffstrom B. In einer Mischvorrichtung werden Verbrennungsluft und Brennstoff zusammengeführt und zu einem homogenen Brennstoff-Luft-Gemischstrom M aufbereitet. An einer Brennermündung, z.B. eine ebene Brenneraustrittsfläche, tritt der Brennstoff-Luft-Gemischstrom aus dem Brenner aus, wird gezündet und verbrennt unter Wärmeentwicklung (Brennerleistung Q). Eine Mess- oder Detektionseinrichtung, beispielsweise eine Ionisationselektrode, erfasst einen Verbrennungswert der Gemischverbrennung, zum Beispiel ein aufgrund einer an einer Brennerflamme angelegten Spannung entstehendes Ionisationssignal I. Ein Regelgerät beeinflusst eine Zufuhr von Verbrennungsluft und/oder Brennstoff aufgrund von Betriebsdaten und/oder Sollvorgaben.

[0003] Bei der Brennerkonstruktion und dem Brennerbetrieb besteht eine wichtige Anforderung, dass nämlich die Flamme stabil bleibt. Das bedeutet, dass die Flamme bzw. die Flammen weder in die Brennermündung zurückschlagen noch von der Brennermündung abheben. Beides wären gefährliche Zustände mit dem potentiellen Risiko der Verpuffung oder sonstigen Störung. Flammen eines mageren Brennstoff-Luft-Gemischs neigen zum Abheben, Flammen eines fetten Gemisches neigen zum Rückschlagen.

[0004] Das Mengenverhältnis von Brennstoff zu Verbrennungsluft ist also von großer Bedeutung für einen störungsfreien, aber auch für einen effizienten Brennerbetrieb. Im Hinblick auf eine optimierte Verbrennung mit stabiler Flamme, minimalem Schadstoffausstoß und hohem feuerungstechnischen Wirkungsgrad auch bei wechselnden Brennstoff-Beschaffenheiten (Brennstoffarten, -qualitäten, -zusammensetzungen) werden moderne Brenner mit Luftzahl-geregelter Verbrennung betrieben, wobei ein Brennstoff-Luft-Gemisch gewünschter Zusammensetzung im mageren Bereich mit beispielsweise 20 % Luftüberschuss gegenüber einem stöchiometrischen Gemisch liegt, also z.B. eine Luftzahl $\lambda = \lambda_{SOLL} = 1{,}20$ aufweist.

[0005] Die Luftzahlregelung basiert häufig auf einem Signal (Wert) aus der Verbrennung, dem sogenannten Ionisationssignal I. Eine geeignete Auswerteschaltung macht sich den Umstand zu Nutze, dass Flammen bei Anlegen einer elektrischen Spannung Strom leiten. Der Verlauf des Ionisationssignales I zeigt eine klare Abhängigkeit von der Luftzahl λ des Brennstoff-Luft-Gemischs mit einem Signalmaximum I_{MAX} bei $\lambda = 1{,}0$ (stöchiometrische Reaktion, Fig. 1).

[0006] Eine unter dem Namen SCOT (System Control Technology) bekannte Auswerteschaltung zur Luftzahlregelung ist in der DE 44 33 425 C2 offenbart. Bei dem entsprechenden Regelungsverfahren wird das in einer Flamme eines Brennstoff-Luft-Gemischs gemessene Ionisationssignal I an einem vorgegebenen Betriebspunkt durch Beeinflussung der Brennstoffmenge B bzw. der Verbrennungsluftmenge V auf sein Signalmaximum I_{MAX} gefahren. Bei der sich daran anschließenden Kalibrierung der Mischvorrichtung wird die Brennstoff-Luft-Gemischzusammensetzung kontrolliert um einen bestimmten Betrag in den Luftüberschuss gebracht, bis das sich einstellende Ionisationssignal I_{SOLL} um einen vorgebbaren Faktor kleiner als das gemessene Signalmaximum I_{MAX} ist. Diese Soll-Einstellung bestimmt dann den weiteren Brennerbetrieb bis zur nächsten Kalibrierung, unter anderem auch das Leistungsmodulationsverhalten des Brenners mit variierenden Heizleistungen Q und Brennstoffströmen B. Für einen Luftzahl-geregelten Betrieb über einen weiteren Leistungsmodulationsbereich sind mehrere Korrekturfaktoren erforderlich, die die Einflüsse aus der Brennerleistungsabhängigkeit, dem realisierbaren Brennstoffdurchsatz und der Brennerkonstruktion berücksichtigen.

[0007] Diese Art des Brennerbetriebes ist zuverlässig nur bei Volllast (Nenn-Heizleistung) Q_{NENN} oder in einem eingeschränkten Leistungsmodulationsbereich mit einem Verhältnis von Minimalleistung Q_{MIN} zu Nennleistung Q_{NENN} von etwa 1 : 3 bis 1 : 4 möglich. Darunter bei kleineren Brennerleistungen nimmt das Ionisationssignal I in seiner Intensität stark ab und verliert seine eindeutige Zuordnung zur Luftzahl λ (Fig. 2). Dies liegt an den geringen flächenbezogenen Brennerleistungen, den geringeren Flammenlängen und der stärkeren Interaktion der Flammen mit der Brennermündung.

[0008] Basiert das SCOT-Verfahren auf der Messung des Verbrennungswertes Flammenionisationssignal, so gibt es eine Reihe weiterer Verfahren zur Luftzahlregelung, die die Messung anderer Verbrennungswerte zugrunde legen wie zum Beispiel Restsauerstoffgehalt (Lambdasonde), Kohlendioxidgehalt (CO_2-Sensor) oder Kohlenmonoxidgehalt (CO-Sensor) im Abgas sowie Ultraviolettstrahlung (UV-Sensor) und Infrarotstrahlung (IR-Sensor) in der Flamme. Eine thermoelektrische Flammenüberwachung (Thermoelement) überwacht lediglich das Vorhandensein einer Flamme.

[0009] Heute werden bevorzugt Brenner mit hohen Leistungsmodulationsbereichen verwendet, die ganz unterschiedliche Wärmeanforderungen bedienen können, wie sie zum Beispiel aus der Wohnraumbeheizung bei verschiedenen Außentemperaturen oder aus der Trinkwarmwasserbereitung für kleine und große Zapfmengen entstehen. Gesucht sind solche Brenner, die bis hinunter zu niedrigen Wärmeanforderungen in einem niedrig modulierenden Dauerbetrieb und ohne Ein- und Austaktungen arbeiten können.

[0010] Die DE 199 36 696 A1 offenbart ein Verfahren,

mit dem eine Luftzahlregelung im niedrigeren Teillastbereich möglich ist. Auch hier wird in der Flamme ein Ionisationssignal erzeugt und daraus die aktuelle Luftzahl abgeleitet, die dann mit einer vorgegebenen Luftzahl verglichen wird. Sofern die aktuelle Luftzahl von der vorgegebenen Soll-Luftzahl abweicht, wird mittels einer Anpassung von Verbrennungsluftmenge oder Brennstoffmenge die aktuelle Luftzahl auf den Soll-Wert korrigiert. Die aktuelle Luftzahl wird allerdings bei Volllast ermittelt, da hier ein Bereich mit eindeutiger Zuordnung zwischen Ionisationssignal und Luftzahl vorliegt. Während der Betriebsphasen im Teillastbereich erfolgt keine Erfassung und Nachstellung der aktuellen Luftzahl, das heißt im Teillastbereich wird der Brenner nur gesteuert, d.h. ungeregelt, betrieben.

[0011] Eine Möglichkeit, die Brennerleistungsabhängigkeit des Ionisationssignales zu berücksichtigen und so den Brenner in einem weiteren Leistungsmodulationsbereich betreiben zu können, bestünde darin, Kennfelder nach Figur 2 in der Brennerregelung zu hinterlegen. Damit ließe sich bei jeder Brennerleistung Q ein Brennstoff-Luft-Gemisch mit gewünschter Zusammensetzung (zum Beispiel Soll-Luftzahl λ_{SOLL} = 1,20) einstellen, indem immer ein der aktuellen Brennerleistung Q entsprechendes Ionisationssignal I_{SOLL} angefahren wird. Zur Durchführung dieses Verfahrens wäre es erforderlich, die Brennerleistung Q sicher und genau zu bestimmen.

[0012] Eine Möglichkeit zur Bestimmung der aktuellen Brennerleistung besteht in der Erfassung der Größe des Verbrennungsluftstromes auf Basis der Gebläsedrehzahl. Die hierfür herangezogene Beziehung ist die angenommene Proportionalität zwischen Gebläsedrehzahl n und gefördertem Verbrennungsluftstrom V einerseits sowie zwischen Verbrennungsluftstrom V und Brennerleistung Q andererseits. Zur Berechnung absoluter Werte müssen die Proportionalitätsfaktoren bekannt sein, dies sind ein auch von der Brennerkonstruktion abhängiger Gebläse-spezifischer Kennwert sowie eine Messung von Luftzahl oder CO_2-Gehalt im Abgas. Ungenau ist diese Vorgehensweise wegen der am Gebläse wirksamen veränderlichen Strömungswiderstände bei verschiedenen Abgasrohrlängen, -querschnitten, deren Oberflächenrauhigkeiten sowie bei eventuellen Querschnittsverengungen aufgrund von Kondensatanfall, Verschmutzung oder durch Fremdkörper. Die Proportionalität zwischen Gebläsedrehzahl und gefördertem Verbrennungsluftstrom ist verfälscht, die Ergebnisse sind unbefriedigend und können nicht für eine genaue Bestimmung der Brennerleistung Q herangezogen werden.

[0013] Im Labor bestehen gegenüber den Mitteln einer Heizgeräteanwendung beim Endkunden (Hausmeister, Hausbesitzer, Mieter) ganz andere apparative Möglichkeiten zur Bestimmung einer aktuellen Brennerleistung, zum Beispiel Bestimmung spezifischer Brennstoffdaten mit einem Brennwertmessgerät, Bestimmung des Brennstoffstroms und des Verbrennungsluftstroms beispielsweise mit druck- und temperaturkompensierten Gaszählern nach dem Verdrängungsprinzip, und ähnliches mehr. Diese Möglichkeiten sind hinsichtlich ihrer Kosten sowie ihres baulichen und Wartungsaufwandes bei Heizgeräteanwendungen nicht umsetzbar. Benötigt werden möglichst kostengünstige, robuste und wartungsarme messtechnische Komponenten und Verfahren.

[0014] Der genannte Stand der Technik zeigt den Nachteil, dass ein Luftzahl-geregelter Brennerbetrieb über einen weiten Leistungsmodulationsbereich nicht oder nur unzureichend möglich ist.

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verbrennungsregelung bei einem Gas- oder Ölbrenner zu schaffen, das auf Grundlage von vorliegenden Kennfeldern eine Luftzahlregelung über einen weiten Leistungsmodulationsbereich gestattet. Speziell wird dafür eine hinreichend genaue Bestimmung der Brennerbelastung gesucht, anhand derer die Verwendung der Kennfelder möglich wird. Die Durchführung des Verfahrens soll sich dabei auf einfache und robuste Brennerkomponenten stützen.

[0016] Erfindungsgemäß wird dies durch die Gegenstände mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung einer Verbrennung bei einem Gas- oder Ölbrenner mit den Schritten Fördern und Modulieren eines Verbrennungsluftstromes, Fördern und Modulieren eines Brennstoffstromes, Mischen und Verbrennen eines Gemischstromes aus Verbrennungsluft und Brennstoff, sowie Messen eines Wertes mindestens einer Verbrennungsgröße der Gemischverbrennung (unter Verbrennungsgröße ist hier jede die Flamme bzw. die Verbrennung charakterisierende physikalische Größe wie Luftzahl, Ionisationssignal, Flammentemperatur, Flammenstrahlung usw. zu verstehen), ist durch die folgenden weiteren Schritte gekennzeichnet:

- Aufprägen mindestens einer temporären (vorübergehenden) kurzzeitigen Veränderung auf den Verbrennungsluftstrom und/oder den Brennstoffstrom und/oder den Gemischstrom an einer Aufprägestelle mittels einer Aufprägevorrichtung. Damit werden der Verbrennungsluftstrom, der Brennstoffstrom und/oder der Gemischstrom vorübergehend so verändert, dass sie sich im Wert eines Merkmals von dem vorherigen Wert desselben Merkmals unterscheiden. Dem Verbrennungsluftstrom, dem Brennstoffstrom und/oder dem Gemischstrom wird damit ein Signal aufgeprägt, das sich an der Aufprägestelle beginnend mit der Strömung ausbreitet.
- Detektieren bzw. Registrieren mindestens eines der Veränderung zugeordneten Antwortsignales an mindestens einer Detektionsstelle mittels mindestens einer Mess- bzw. Detektionsvorrichtung. Dabei ist die Detektionsstelle in Bezug auf die Strömung von Verbrennungsluft, Brennstoff und/oder Gemisch strömungsabwärts der Aufprägestelle angeordnet. So liegt die Detektionsstelle beispielsweise im Be-

reich der Flamme. Das Antwortsignal liegt zum Beispiel in Form eines vorübergehend veränderten Verbrennungswertes, wie z.B. ein zunehmendes und/oder abnehmendes Ionisationssignal, vor.

- Messen einer Zeitdauer zwischen der Veränderung und einem Antwortsignal und/oder Messen einer Zeitdauer zwischen einem ersten Antwortsignal und einem zweiten Antwortsignal. Die Zeitdauer entspricht der Laufzeit, die das Signal (die Veränderung) bei einer herrschenden Strömungsgeschwindigkeit für den Weg von der Aufprägestelle zur Detektionsstelle bzw. von der ersten Detektionsstelle zur zweiten Detektionsstelle benötigt. Hierbei können nur eine Zeitdauer oder beide Zeitdauern gemessen und anschließend ausgewertet werden; bei zwei Zeitdauern ergibt sich der Vorteil einer Plausibilitätsprüfung des Messergebnisses.
- Regeln des Verbrennungsluftstromes und/oder des Brennstoffstromes in Abhängigkeit der mindestens einen gemessenen Zeitdauer sowie im Hinblick auf einen Sollwert der Verbrennungsgröße. Bei Kenntnis der konstruktiven Brennerabmessungen gibt die gemessene Zeitdauer Aufschluss über die Strömungsgeschwindigkeit bzw. über die Größe von Verbrennungsluftstrom und/oder Gemischstrom. Ist weiter die gewünschte oder tatsächliche Luftzahl der Verbrennung bekannt, so lässt sich die gewünschte oder tatsächliche Brennerleistung eines vorliegenden Betriebspunktes leicht ausrechnen.

[0017] Eine geeignete Ausführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass das Aufprägen der Veränderung auf den Verbrennungsluftstrom, den Brennstoffstrom und/oder den Gemischstrom durch eine eine vorübergehende kurzzeitige Durchsatzänderung des Verbrennungsluftstromes und/oder des Brennstoffstromes bewirkt wird. Damit sind die Veränderung und der die Veränderung transportierende Strom, bzw. der Strom, in dem sich die Veränderung ausbreitet, von gleicher Art. Auf einen andauernden Durchsatz (Mengenstrom) an Verbrennungsluft, Brennstoff oder Gemisch wird also eine Veränderung nach der Art eines auf ein Trägersignal aufmodulierten Informationssignales aufgeschaltet. In diesem Fall ist also die Veränderung von gleicher bzw. verwandter Art wie die Strömung, in der die Veränderung sich ausbreitet (zum Beispiel Gemisch im Gemisch bzw. Brenngas im Gemisch). Denkbar sind aber auch Verfahren, bei denen die Veränderung des Verbrennungsluft-, des Brennstoff- oder des Gemischstroms (im Folgenden "Trägerstrom") andersartig ist, beispielsweise ein Markieren des Trägerstroms mittels Ionisierung einzelner Trägerstromteilchen oder Injizierung einer dem Trägerstrom fremden, detektierbaren Substanz. Die Markierung breitet sich mit dem Trägerstrom aus und gibt Auskunft über die Strömung.

[0018] Eine geeignete Ausführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass das Aufprägen der Veränderung und/oder das Regeln des Verbrennungsluftstroms und/oder des Brennstoffstroms mittels mindestens eines Stellsignales und mindestens einer verstellbaren Aufprägevorrichtung und/oder Stelleinrichtung erfolgt. Das Stellsignal übermittelt der Vorrichtung bzw. Einrichtung den Befehl zum Aufprägen der Veränderung bzw. zum Regeln. Die Aufprägevorrichtung und/oder Stelleinrichtung können ihrer Bauart nach Fördereinrichtungen, Moduliereinrichtungen, Dosiereinrichtungen, Regeleinrichtungen, Regelventile und/oder Stellventile sein. Die Stelleinrichtung kann mit der Aufprägevorrichtung bauteilidentisch sein, oder es kann sich um getrennte Bauteile handeln.

[0019] Eine weitere geeignete Ausführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass sich die temporäre Veränderung selbst und/oder das die Veränderung bewirkende Stellsignal über dem Zeitverlauf graphisch als Schwingung, Sinusschwingung, Sprungfunktion, Dreiecksfunktion, Sägezahnfunktion oder einmaliger Impuls (Peak) beschreiben lassen. Dies bietet die Voraussetzung dafür, dass sich das mit dem Trägerstrom sich ausbreitende, aus der Veränderung resultierende Antwortsignal an der Detektionsstelle klar und eindeutig detektieren lässt. Die Dauer der temporären Veränderung entspringt etwa einem Intervall von 0,1 Sekunden bis 10 Sekunden.

[0020] Eine weitere geeignete Ausführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass das Detektieren eines Antwortsignales mittels einer elektrischen, optischen und/oder chemischen Mess- oder Detektionsvorrichtung, ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Temperatursensor, thermoelektrischer Sensor, Ionisationssensor, Ionisationselektrode, Lambdasonde, Gassensor (CO, CO_2), Strahlungssensor (Infrarot, Ultraviolett), und eines hiermit verbundenen Brennerregelgerätes erfolgt, wobei die Mess- und Detektionsvorrichtung an einer Detektionsstelle in einem Verbrennungsluftweg, ein einem Gemischweg, im oder am Brenner oder in einem dem Brenner nachgeschalteten Brennraum liegen kann. Das Antwortsignal kann von derselben Art wie die Verbrennungsgröße sein (Beispiel: ein auf ein Dauer-Ionisationssignal aufmoduliertes Antwort-Ionisationssignal), es kann aber auch von anderer Art sein (Beispiel siehe oben: Markieren des Trägerstroms).

[0021] In einer Ausführung des Verfahrens beginnt das Messen der Zeitdauer mit einer erstmaligen Wertveränderung des Verbrennungsluftstroms und/oder des Brennstoffstroms und/oder des Gemischstroms und endet mit einem erstmaligen Auftreten eines zugeordneten Antwortsignales. Durch den Bezug auf das "Erstmalige" wird gewährleistet, dass die Dauer der temporären Veränderung keinen Einfluss auf die Messung der Laufzeit des Antwortsignales hat, da immer der erste Hinweis auf ein möglicherweise etwas länger andauerndes Signal (0,1...10 Sekunden, siehe oben) ausgewertet wird. Bei dieser Messanordnung wird die Zeitmessung gleichzeitig mit dem Aufprägen der Veränderung durch die Aufprägevorrichtung ausgelöst und mit dem Eintreffen des Antwortsignales an der Mess- und Detektionsvorrichtung

gestoppt. Hierfür wird demnach nur eine Mess- und Detektionsvorrichtung benötigt.

[0022] In einer alternativen oder ergänzenden Ausführung des Verfahrens beginnt das Messen der Zeitdauer mit einem erstmaligen Auftreten eines ersten Antwortsignales an einer ersten Detektionsstelle und endet mit einem erstmaligen Auftreten eines zugeordneten zweiten Antwortsignales an einer zweiten Detektionsstelle. Damit wird wiederum gewährleistet, dass die Dauer der temporären Veränderung keinen Einfluss auf die Messung der Laufzeit des Antwortsignales hat. Bei dieser Messanordnung wird die Zeitmessung gleichzeitig mit dem Eintreffen des ersten Antwortsignales an der ersten Detektionsvorrichtung (und nicht mit der Veränderung durch die Aufprägevorrichtung) ausgelöst und mit dem Eintreffen des zweiten Antwortsignales an der zweiten Detektionsvorrichtung gestoppt. Hierfür werden demnach zwei Mess- und Detektionsvorrichtungen benötigt.

[0023] In einer weiteren Ausführung des Verfahrens beginnt das Messen der Zeitdauer mit einer erstmaligen Wertveränderung des Stellsignales, das an die Aufprägevorrichtung ausgegeben wird, und endet mit einem zugeordneten erstmaligen Detektieren eines Antwortsignales, wobei Verzögerungen, die durch Trägheiten der Stelleinrichtung und/oder der Mess- und Detektionseinrichtung verursacht werden, berücksichtigt sind und das Messergebnis also nicht verfälschen. Generierung des Stellsignals und Detektion des Antwortsignals erfolgen in einem Brennerregelgerät.

[0024] Eine geeignete Ausführung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die Verbrennungsregelung (Luftzahlregelung) auf dem Regeln des Verbrennungsluftstromes und/oder des Brennstoffstromes beruht. Davon umfasst ist ein Bestimmen des Verbrennungsluftstromes und/oder des Gemischstromes auf Basis der gemessenen Zeitdauer. Neben der gemessenen Zeitdauer für die Signalausbreitung der aufgeprägten Veränderung sind auch die konstruktiven Abmessungen des Brenners bekannt, insbesondere die Durchmesser und Längen des Strömungsweges, für den die Zeitdauer der Signalausbreitung gemessen wurde. Bei Kenntnis der geometrischen Daten besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Zeitdauer und der Größe des Verbrennungsluftstroms bzw. des Gemischstroms. Diese lassen sich berechnen bzw. aus versuchstechnisch bestimmten Kennlinien oder formelhaften Näherungen entnehmen. Ist weiter die gewünschte oder tatsächliche Zusammensetzung des Brennstoff-Luft-Gemisches (Beispiel: Soll-Luftzahl λ_{SOLL} = 1,20) bekannt, so lässt sich die gewünschte oder tatsächliche Brennerleistung eines vorliegenden Betriebspunktes leicht ausrechnen.

[0025] Der Zusammenhang zwischen Luftzahl und Verbrennungsgröße (Beispiel: Ionisationssignal) sind für jeden gegebenen Brenner und jede gegebene Brennerleistung in Form von Kennlinien oder formelhaft angenäherten Zusammenhängen bekannt (siehe Fig. 2). Da die für die Bereitstellung gleicher Brennerleistungen (bei jeweils gleicher Luftzahl A) erforderliche Verbrennungsluftmenge annähernd unabhängig von der Erdgasqualität ist, lässt sich für alle Erdgasarten jeder Brennerleistung eine feste Verbrennungsluftmenge zuordnen. Somit lässt sich für jede Luftzahl jeder Brennerleistung und jedem Verbrennungsluftstrom ein definierter Sollwert der Verbrennungsgröße zuordnen. Verschiebungen der Kennlinien bei Gasartenwechsel oder Alterung der Mess- und Detektionsvorrichtung (z.B. Belagbildung auf der Ionisationselektrode) lassen sich durch eine Kalibrierung berücksichtigen, wie diese im SCOT-Verfahren bereits üblich ist. Bei festgestellter Abweichung eines gemessenen tatsächlichen Verbrennungswertes vom Sollwert lässt sich so die Gemischzusammensetzung und die Luftzahl mittels einer Anpassung des Verbrennungsluftstroms oder des Brennstoffstroms korrigieren. Damit ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine in jedem Betriebspunkt funktionierende Verbrennungsregelung bzw. Luftzahlregelung durchführbar.

[0026] Besonders vorteilhaft, robust und kostengünstig ist eine Ausgestaltung des Verfahrens, bei dem als Aufprägevorrichtung das bereits vorhandene und bewährte Gasregelventil sowie als Mess- und Detektionsvorrichtung die bereits vorhandene und bewährte Ionisationselektrode verwendet werden. Das Gasventil (elektronisches Gasventil) muss dafür so beschaffen sein, dass der Brennstoffdurchsatz mittels eines Stellsignals von dem Brennerregelgerät und somit unabhängig vom Verbrennungsluftstrom verstellt werden kann ("elektronischer Gas-Luft-Verbund"). Es kann sich dabei aber auch um eine Gasarmatur handeln, die zusätzlich zu einer Luftmengen-proportionalen Brennstoffdosierung (sogenannter "pneumatischer Gas-Luft-Verbund") und im Sinne der aufzuprägenden temporären Veränderung einen weiteren Brennstoffstrom dem Verbrennungsluftstrom zudosiert.

[0027] Die Zeichnungen stellen den Stand der Technik sowie zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und zeigen in den Figuren:

Figur 1 den charakteristischen parabelförmigen Zusammenhang zwischen dem Ionisationssignal I und der Luftzahl A,

Figur 2 den beispielhaften Zusammenhang zwischen dem Ionisationssignal I und der Brennerleistung Q für verschiedene Luftzahlen A,

Figur 3 einen beispielhaften Brenneraufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Figur 4 einen beispielhaften Brenneraufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0028] Figur 1 zeigt schematisch den typischen parabelförmigen Verlauf eines Ionisationssignales I in Abhängigkeit von der Luftzahl A. Das Ionisationssignal I ist als

ein Signal aus der Verbrennung oft die Basis für eine Luftzahlregelung. Eine geeignete Auswerteschaltung macht sich den Umstand zu Nutze, dass Flammen bei Anlegen einer elektrischen Spannung Strom leiten. Der Verlauf des Ionisationssignales zeigt eine klare Abhängigkeit von der Luftzahl λ des Brennstoff-Luft-Gemischs mit einem Signalmaximum bei $\lambda = 1{,}0$ (stöchiometrische Reaktion). In Richtung fetter Gemische ($A < 1$) und magerer Gemische ($A > 1$) fällt das Ionisationssignal.

[0029] Figur 2 zeigt schematisch beispielhafte Verläufe dreier Ionisationssignale I bei verschiedenen Luftzahlen λ in Abhängigkeit einer Brennerleistung Q. Wiederzuerkennen ist, dass die Ionisationssignale I bei stöchiometrischer Verbrennung ($A = 1$) am höchsten sind und zum mageren Gemischbereich ($A > 1$) hin abfallen. Auffällig sind die bei konstanter Luftzahl (Beispiel $\lambda = 1{,}20$) an Intensität deutlich abnehmenden Ionisationssignale im Bereich kleiner Brennerleistungen Q - hier verliert das Ionisationssignal I seine eindeutige Zuordnung zur Luftzahl A.

[0030] Figur 3 zeigt einen beispielhaften Brenneraufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Verbrennungsluftweg 1 zur Zuführung des Verbrennungsluftstromes V, der mittels einer Fördereinrichtung 2 (Gebläse) gefördert und moduliert wird, einem Brennstoffweg 3 zur Zuführung des Brennstoffstromes B, der mittels einer Dosiereinrichtung 4 (elektronisches Gasventil) gefördert und moduliert wird, einem Gemischweg 5 zur Mischung und Zuführung des Gemischstromes M, einem Brenner 6 zum Zünden und Verbrennen des Gemischstromes M, einer Mess- und Detektionsvorrichtung 7 (Ionisationselektrode) zum Überwachen der Flamme 9. Der Brenner 6 ist in einem hier nicht dargestellten Brennraum angeordnet. Ein Brennerregelgerät 8 ist mit der Fördereinrichtung 2, der Dosiereinrichtung 4 und der Mess- und Detektionsvorrichtung 7 verbunden, steht mit diesen Komponenten im Signalaustausch und überwacht und regelt deren Betrieb. Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verbrennungs- und Luftzahlregelung gibt das Regelgerät 8 zu einem Zeitpunkt $t = t_0$ ein Stellsignal (hier durch ein zickzackförmiges Schwingungssymbol mit dem Zusatz $t = t_0$ angedeutet) an die Dosiereinrichtung 4, die neben der Zuführung des im Brennerbetrieb ständig fließenden Brennstoffes die weitere Funktion des erfindungsgemäßen Aufprägens einer Veränderung auf den Brennstoffstrom B übernimmt. In anderen Brenneraufbauten zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens können die beiden Funktionen auch von getrennten Komponenten realisiert werden. Das Aufprägen einer Veränderung wird in der hier dargestellten Ausführung durch eine auf den Brennstoffstrom aufgeprägte (aufmodulierte) kurzzeitige temporäre Durchsatzschwingung umgesetzt. Der Brennstoffstrom mischt sich mit dem durch den Verbrennungsluftweg zugeführten Verbrennungsluftstrom im Gemischweg zu einem Brennstoff-Luft-Gemisch. Die auf den Brennstoffstrom aufmodulierte Veränderung (Schwingung) im Brennstoffdurchsatz zeigt sich im Gemischstrom als kurzzeitige temporäre Anreicherung und/oder Abmagerung des Gemisches. Dieses Gemisch strömt durch den Gemischweg 5 zum Brenner 6, wird gezündet und verbrannt. Bei der Verbrennung des ständig strömenden Gemisches wird an der Mess- und Detektionsvorrichtung 7 ein Wert einer Verbrennungsgröße gemessen, in dem hier dargestellten Fall wird an einer Ionisationselektrode 7 ein Ionisationssignal in der Flamme gemessen. Wenn der Teil des Gemischstromes mit der temporären Brennstoffanreicherung und -abmagerung am Brenner ankommt und verbrennt, so ergibt sich auf dem Ionisationssignal ein Antwortsignal, das sich von dem Dauer-Ionisationssignal abhebt, von der ursprünglich aufgeprägten Veränderung (Schwingung) verursacht wurde und sich dieser Veränderung zuordnen lässt. Das Antwortsignal wird von der Mess- und Detektionsvorrichtung 7 und dem Brennerregelgerät 8 zu einem Zeitpunkt $t = t_1$ gemessen bzw. detektiert (hier durch ein zickzackförmiges Schwingungssymbol mit dem Zusatz $t = t_1$ angedeutet). In anderen Brenneraufbauten zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens können die beiden Funktionen Flammenüberwachung und Detektion des Antwortsignales auch von getrennten Komponenten realisiert werden. Aus der Zeitdifferenz $\Delta t = t_1 - t_0$ zwischen den beiden Zeitpunkten und in Kenntnis der konstruktiven Abmessungen des Brenners mit seinen von der Ausbreitung der Veränderung betroffenen Brennstoff-, Luft- und Gemischwegen (hier stellvertretend angedeutet durch die Abmessung L) lässt sich der Verbrennungsluft- bzw. der Gemischstrom berechnen oder aus im Brennerregelgerät hinterlegten Kennlinien entnehmen. Dem jeweils bestimmten Verbrennungsluft- bzw. Gemischstrom lässt sich, basierend auf Kenntnissen aus der Entwicklung des vorliegenden Brenners, ein Luftzahl-Sollwert (zum Beispiel $\lambda_{SOLL} = 1{,}20$) und ein dem entsprechender Ionisationssignal-Sollwert entnehmen. Mittels einer Anpassung des Brennstoff- und/oder Verbrennungsluftstromes lässt sich der Sollwert einstellen.

[0031] In Klammern sind verschiedene beispielhafte Zeitverläufe der Veränderung und/oder des Stellsignales graphisch angedeutet: Schwingung, Sprungfunktion, Sägezahnfunktion, angenäherte Sprungfunktion, Dreiecksfunktion, Impuls.

[0032] Figur 4 zeigt einen anderen beispielhaften Brenneraufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Im Wesentlichen gleicht das hier dargestellte Verfahren dem aus Figur 3. Im Unterschied zu Figur 3 wird in Figur 4 dem Verbrennungsluftstrom zum Zeitpunkt $t = t_0$ eine temporäre Veränderung aufgeprägt, die sich ebenfalls in Form einer Brennstoffanreicherung und -abmagerung im Gemisch niederschlägt und sich mit dem Gemischstrom ausbreitet. Bei der Verbrennung dieses Gemischteiles wird auf dem Dauer-Ionisationssignal zum Zeitpunkt $t = t_1$ wiederum ein aufmoduliertes Antwort-Ionisationssignal detektiert. Die Auswertung und Verarbeitung entspricht dann wieder dem zur Figur 3 geschilderten Vorgehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Verbrennung bei einem Gas- oder Ölbrenner, umfassend die Schritte

   • Fördern und Modulieren eines Verbrennungsluftstromes V,
   • Fördern und Modulieren eines Brennstoffstromes B,
   • Mischen und Verbrennen eines Gemischstromes M aus Verbrennungsluft V und Brennstoff B,
   • Messen eines Wertes mindestens einer Verbrennungsgröße der Gemischverbrennung, **gekennzeichnet durch** die weiteren Schritte
   • Aufprägen mindestens einer temporären Veränderung auf den Verbrennungsluftstrom V und/oder den Brennstoffstrom B und/oder den Gemischstrom M an einer Aufprägestelle mittels einer Aufprägevorrichtung (2, 4),
   • Detektieren mindestens eines der Veränderung zugeordneten Antwortsignales an mindestens einer Detektionsstelle mittels mindestens einer Mess- und Detektionsvorrichtung (7), wobei die Detektionsstelle in Bezug auf den Verbrennungsluftstrom V und/ oder den Brennstoffstrom B und/oder Gemischstrom M stromabwärts der Aufprägestelle angeordnet ist,
   • Messen einer Zeitdauer zwischen der Veränderung und einem Antwortsignal und/oder Messen einer Zeitdauer zwischen einem ersten Antwortsignal und einem zweiten Antwortsignal,
   • Regeln des Verbrennungsluftstromes V und/oder des Brennstoffstromes B in Abhängigkeit der mindestens einen gemessenen Zeitdauer sowie im Hinblick auf einen Sollwert der Verbrennungsgröße.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, dass das Aufprägen der Veränderung durch eine temporäre Durchsatzänderung des Verbrennungsluftstromes V und/oder des Brennstoffstromes B bewirkt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
   dadurch gekennzeichnet, dass das Aufprägen der Veränderung und/oder das Regeln des Verbrennungsluftstroms V und/oder des Brennstoffstroms B mittels mindestens eines Stellsignales und mindestens einer verstellbaren Aufprägevorrichtung (2, 4) und/oder einer Stelleinrichtung (2, 4), ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Fördereinrichtungen, Moduliereinrichtungen, Dosiereinrichtungen, Regeleinrichtungen, Regelventile und/oder Stellventile, erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, dass sich die Veränderung und/oder das Stellsignal über dem Zeitverlauf graphisch als Schwingung, Sinusschwingung, Sprungfunktion, Dreiecksfunktion, Sägezahnfunktion oder einmaliger Impuls beschreiben lassen.

5. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, dass das Detektieren eines Antwortsignales mittels einer elektrischen, optischen und/oder chemischen Mess- und Detektionsvorrichtung (7), ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Temperatursensor, thermoelektrischer Sensor, Ionisationssensor, Ionisationselektrode, Lambdasonde, Gassensor, Strahlungssensor, und eines hiermit verbundenen Brennerregelgerätes (8) erfolgt, wobei die Mess- oder Detektionsvorrichtung (7) an einer Detektionsstelle in einem Verbrennungsluftweg (1), einem Gemischweg (5), im oder am Brenner (6) oder in einem dem Brenner (6) nachgeschalteten Brennraum angeordnet ist.

6. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, dass das Messen der Zeitdauer mit einer erstmaligen Wertveränderung des Verbrennungsluftstroms V und/oder des Brennstoffstroms B und/oder des Gemischstroms M beginnt und mit einem erstmaligen Auftreten eines der Veränderung zugeordneten Antwortsignales endet.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
   dadurch gekennzeichnet, dass das Messen der Zeitdauer mit einem erstmaligen Auftreten eines ersten Antwortsignales beginnt und mit einem erstmaligen Auftreten eines dem ersten Antwortsignal zugeordneten zweiten Antwortsignales endet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
   dadurch gekennzeichnet, dass das Messen der Zeitdauer mit einer erstmaligen Wertveränderung des Stellsignales beginnt und mit einem der Veränderung zugeordneten erstmaligen Detektieren eines Antwortsignales endet, wobei Verzögerungen der Aufprägevorrichtung (2, 4) und/oder der Stelleinrichtung (2, 4) und/oder der Mess- und Detektionseinrichtung (7) berücksichtigt werden, und wobei das Stellsignal in einem Brennerregelgerät (8) generiert und und das Antwortsignal in dem Brennerregelgerät (8) detektiert werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, dass das Regeln des Verbrennungsluftstromes V und/oder des Brennstoffstromes B ein Bestimmen des Verbrennungsluftstromes V und/oder des Gemischstromes M auf Basis der gemessenen Zeitdauer umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
    dadurch gekennzeichnet, dass das Regeln des

Verbrennungsluftstromes V und/oder des Brennstoffstromes B ein Bestimmen eines dem Verbrennungsluftstrom V und/oder dem Gemischstrom M zugeordneten Verbrennungssollwertes umfasst.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Regeln des Verbrennungsluftstromes V und/oder des Brennstoffstromes B eine Veränderung des Gemischstromes M hinsichtlich Zusammensetzung und/oder Menge bewirkt.

Claims

1. Method for controlling combustion in a gas or oil burner, comprising the steps

- delivering and modulating a combustion air stream V,
- delivering and modulating a fuel stream B,
- mixing and burning a mixed stream M made of combustion air V and fuel B,
- measuring a value of at least one combustion variable of the mixture combustion,

characterized by the further steps

- imposing at least one temporary change on the combustion air stream V and/or the fuel stream B and/or the mixed stream M at an imposition point by means of an imposition device (2, 4),
- detecting at least one response signal associated with the change at at least one detection point by means of a least one measuring and detecting device (7), the detection point being arranged downstream of the imposition point in relation to the combustion air stream V and/or the fuel stream B and/or the mixed stream M,
- measuring a time period between the change and a response signal and/or measuring a time period between a first response signal and a second response signal,
- controlling the combustion air stream V and/or the fuel stream B as a function of the at least one measured time period and also with regard to a target value of the combustion variable.

2. Method according to Claim 1,
characterized in that the imposition of the change is effected by means of a temporary change in the throughput of the combustion air stream V and/or the fuel stream B.

3. Method according to Claim 1 or 2,
characterized in that the imposition of the change and/or the control of the combustion air stream V and/or the fuel stream B is/are carried out by means of at least one actuating signal and at least one adjustable imposition device (2, 4) and/or an actuating device (2, 4) selected from a group comprising delivery devices, modulating devices, metering devices, control devices, control valves and/or actuating valves.

4. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that the change and/or the actuating signal can be described graphically over the course of time as an oscillation, sinusoidal oscillation, step function, triangular function, saw-tooth function or single pulse.

5. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that the detection of a response signal is carried out by means of an electrical, optical and/or chemical measuring and detecting device (7), selected from a group comprising temperature sensor, thermoelectric sensor, ionisation sensor, ionisation electrode, lambda probe, gas sensor, radiation sensor, and a burner controller (8) associated herewith, the measuring or detecting device (7) being arranged at a detection point in a combustion air path (1), a mixture path (5), in or on the burner (6) or in a combustion chamber connected downstream of the burner (6).

6. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that the measurement of the time period begins with a first value change in the combustion air stream V and/or the fuel stream B and/or the mixed stream M, and ends with a first occurrence of a response signal associated with the change.

7. Method according to one of Claims 1 to 5,

characterized in that the measurement of the time period begins with a first occurrence of a first response signal and ends with a first occurrence of a second response signal associated with the first response signal.

8. Method according to one of Claims 1 to 5,
characterized in that the measurement of the time period begins with a first value change in the actuating signal and ends with a first detection of a response signal associated with the change, delays of the imposition device (2, 4) and/or the actuating device (2, 4) and/or the measuring and detecting device (7) being taken into account, and the actuating signal being generated in a burner controller (8) and the response signal being detected in the burner controller (8).

9. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that the control of the combustion

air stream V and/or the fuel stream B comprises a determination of the combustion air stream V and/or the mixed stream M on the basis of the measured time period.

10. Method according to Claim 9, **characterized in that** the control of the combustion air stream V and/or the fuel stream B comprises a determination of a target combustion value assigned to the combustion air stream V and/or the mixed stream M.

11. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the control of the combustion air stream V and/or the fuel stream B effects a change in the composition and/or volume of the mixed stream M.

Revendications

1. Procédé de régulation d'une combustion sur un brûleur à gaz ou au fioul, comprenant les étapes consistant à :

- entraîner et moduler un flux d'air de combustion V,
- entraîner et moduler un flux de de combustible B,
- mélanger et brûler un flux de mélange M constitué d'air de combustion V et de combustible B,
- mesurer une valeur d'au moins une grandeur de combustion de la combustion du mélange, **caractérisé par** les étapes supplémentaires consistant à :
- appliquer au moins une modification temporaire au flux d'air de combustion V et/ou au flux de combustible B et/ou au flux de mélange M à un instant d'application au moyen d'un appareil d'application (2, 4),
- détecter au moins un signal de réponse associé à la modification en au moins un point de détection au moyen d'au moins un dispositif de mesure et de détection (7), dans lequel le point de détection est disposé en aval du point d'application par rapport au flux de combustion V et/ou au flux de combustible B et/ou au flux de mélange M,
- mesurer une durée entre la modification et un signal de réponse et/ou mesurer une durée entre un premier signal de réponse et un deuxième signal de réponse,
- réguler le flux d'air de combustion V et/ou le flux de combustible B en fonction d'au moins une durée mesurée et en tenant compte d'une valeur théorique de la grandeur de combustion.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'application de la modification est provoquée par une modification temporaire du débit du flux d'air de combustion V et/ou du flux de combustible B.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'application de la modification et/ou la régulation du flux d'air de combustion V et/ou du flux de combustible B est effectuée au moyen d'au moins un signal de réglage et d'au moins un dispositif d'application réglable (2, 4) et/ou d'un dispositif de réglage (2, 4), sélectionné dans le groupe comprenant des dispositifs d'entraînement, des dispositifs de modulation, des dispositifs de dosage, des dispositifs de régulation, des soupapes de régulation et/ou des soupapes de réglage.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la modification et/ou le signal de réglage peuvent être décrits graphiquement au cours du temps sous la forme d'une oscillation, d'une oscillation sinusoïdale, d'une fonction de saut, d'une fonction triangulaire, d'une fonction en dents de scie ou d'une impulsion unique.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la détection d'un signal de réponse est effectuée au moyen d'un dispositif de mesure et de détection (7) électrique, optique et/ou chimique, sélectionné dans un groupe comprenant un capteur de température, un capteur thermoélectrique, un capteur d'ionisation, une électrode d'ionisation, une sonde lambda, un capteur de gaz, un capteur de rayonnement et un appareil de régulation de brûleur (8) connecté à ceux-ci, dans lequel le dispositif de mesure ou de détection (7) est disposé en un point de détection sur un trajet d'air de combustion (1), un trajet de mélange (5), dans ou sur le brûleur (6), ou dans un espace de combustion relié en aval du brûleur (6).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mesure de la durée commence par une première modification de valeur du flux d'air de combustion V et/ou du flux de combustible B et/ou du flux de mélange M et se termine par une première apparition d'un signal de réponse associé à la modification.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la mesure de la durée commence par une première apparition d'un premier signal de réponse et se termine par une première apparition d'un deuxième signal de réponse associé

au premier signal de réponse.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5,
caractérisé en ce que la mesure de la durée commence par une première modification d'une valeur du signal de réglage et se termine par une première détection d'un signal de réponse, associée à la modification, dans lequel des retards du dispositif d'application (2, 4) et/ou du dispositif de réglage (2, 4) et/ou du dispositif de mesure et de détection (7) sont pris en compte et dans lequel le signal de réglage est généré dans un appareil de régulation de brûleur (8) et le signal de réponse est détecté dans l'appareil de régulation de brûleur (8).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que la régulation du flux d'air de combustion V et/ou du flux de combustible B comprend une détermination du flux d'air de combustion V et/ou du flux de mélange M sur la base de la durée mesurée.

10. Procédé selon la revendication 9,
caractérisé en ce que la régulation du flux d'air de combustion V et/ou du flux de combustible B comprend une détermination d'une valeur théorique de combustion associée au flux d'air de combustion V et/ou au flux de mélange M.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que la régulation du flux d'air de combustion V et/ou du flux de combustible B provoque une modification du flux de mélange M en ce qui concerne sa composition et/ou sa quantité.

Fig. 1 (Stand der Technik / Prior Art)

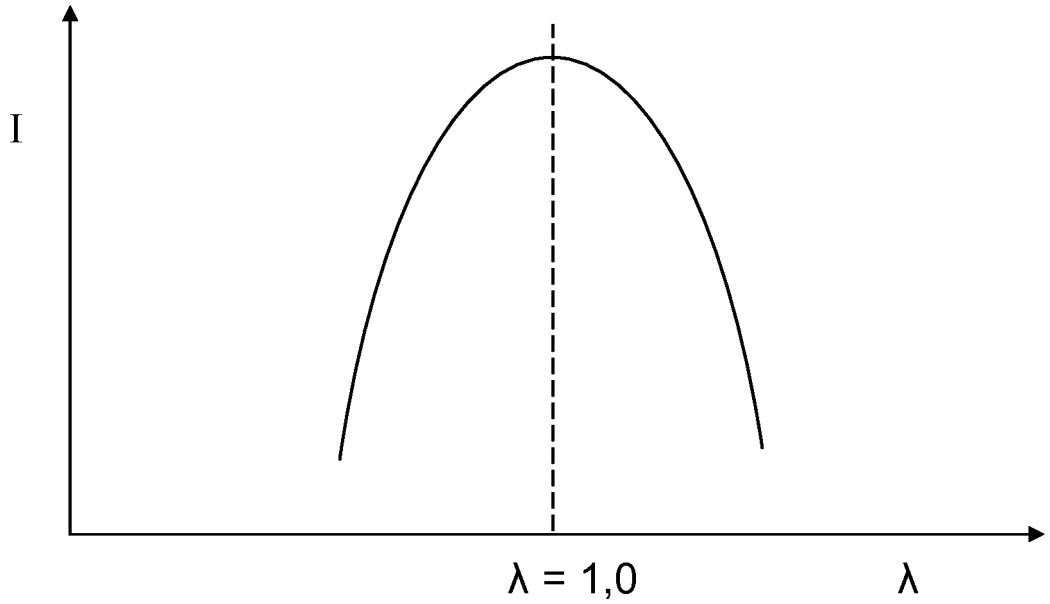


Fig. 2 (Stand der Technik / Prior Art)

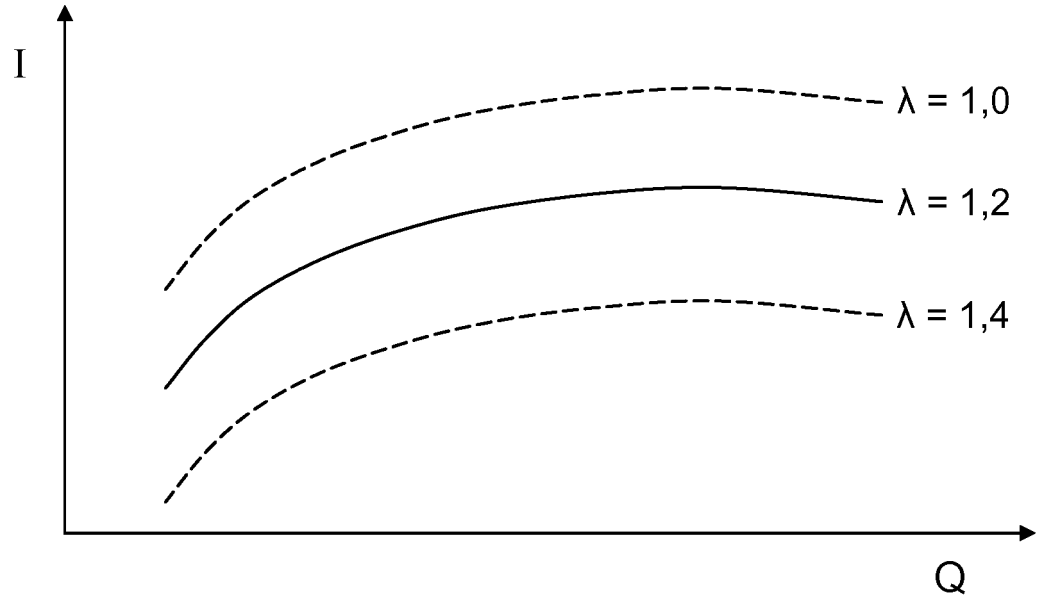


Fig. 3

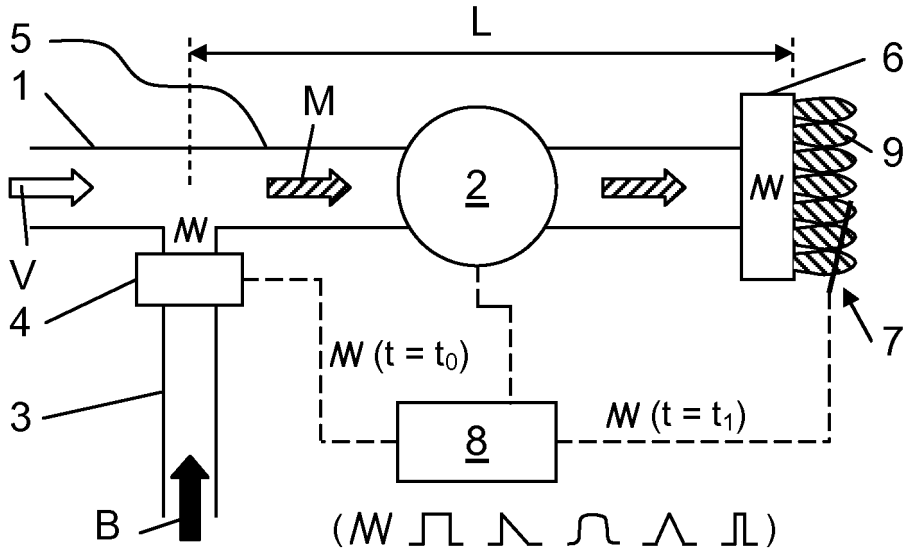
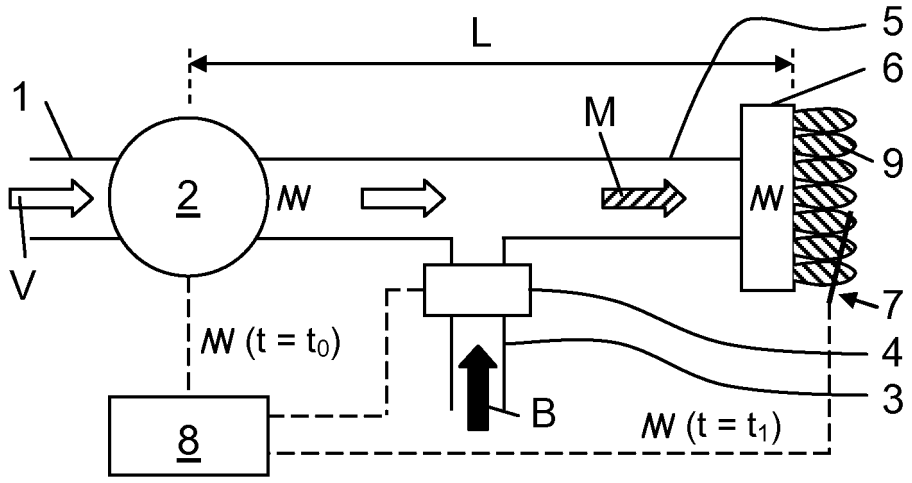


Fig. 4



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

- DE 4433425 C2 **[0006]**
- DE 19936696 A1 **[0010]**