



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.08.2011 Patentblatt 2011/35

(51) Int Cl.:
F23N 1/02 (2006.01) F23N 5/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11153824.5**

(22) Anmeldetag: **09.02.2011**

(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

(72) Erfinder:
• **Park, Sungbae**
6851 CS Huissen (NL)
• **Westra, Jan**
8181 MG Heerde (NL)
• **Duetz, Hans**
7038 DB Zeddum (NL)
• **Hathout, Jean-Pierre**
6812 AE Arnhem (NL)
• **Lankhorst, Frank**
7227 NC Toldijk (NL)

(30) Priorität: **23.02.2010 DE 102010008908**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70469 Stuttgart (DE)

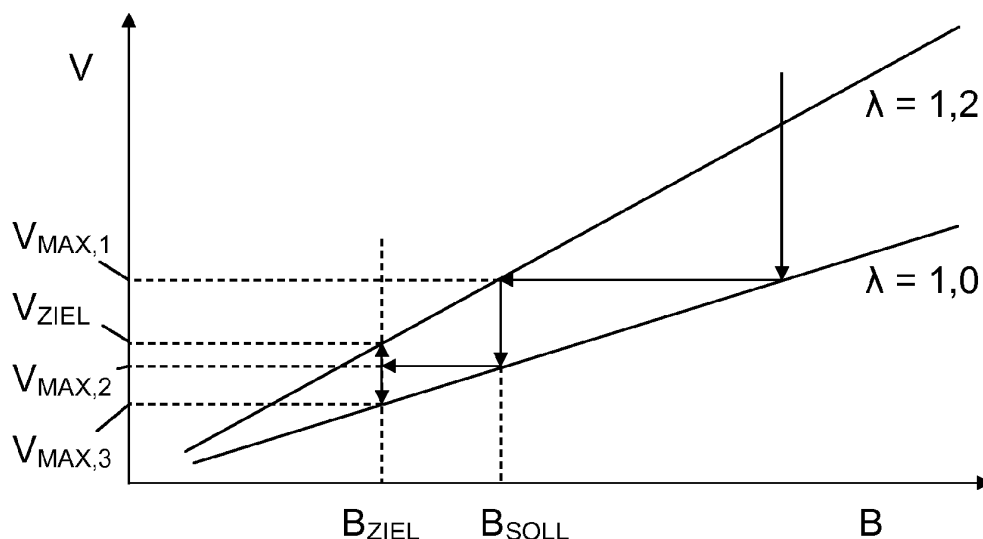
(54) **Verfahren zum Betreiben eines Brenners und zum Luftzahl-geregelten Modulieren einer Brennerleistung**

(57) Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betreiben eines Brenners mit Luftzahl-geregelter Verbrennung eines Brennstoffs und zum Luftzahl-geregelten Modulieren einer Brennerleistung.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch zwei Schritte gekennzeichnet. In einem ersten Schritt wird ein erster Parameter P1 des Parameterpaares Verbrennungsluftmenge V und Brennstoffmenge B bei konstant gehaltenem zweiten Parameter P2 desselben Parameterpaares variiert und auf einen Wert $P1_{MAX}$ eingestellt,

bei dem das Ionisationssignal I ein Maximum I_{MAX} aufweist. In einem folgenden zweiten Schritt wird der zweite Parameter P2 bei konstant gehaltenem ersten Parameter $P1_{MAX}$ variiert und auf einen Wert $P2_{SOLL}$ eingestellt, bei dem das Ionisationssignal I ein Bruchteil I_{SOLL} des Maximums I_{MAX} beträgt, wobei I_{SOLL} ein Produkt aus I_{MAX} und einem vorgebbaren Faktor F ist, wobei F kleiner 1 ist. Mit diesem neuen kalibrierten Betriebspunkt $P1_{MAX}$, $P2_{SOLL}$ ist ein modulierter Betriebspunkt bei kontrolliert eingestellter Luftzahl λ_{SOLL} eingestellt.

Fig. 3a



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betreiben eines Brenners mit Luftzahl-geregelter Verbrennung eines Brennstoffs und zum Luftzahl-geregelten Modulieren einer Brennerleistung Q . Solche Brenner sind häufig in Heizgeräten oder Heizkesseln eingebaut und dienen beispielsweise der Wärmeerzeugung zur Wohnraumbeheizung und Trinkwarmwasserbereitung.

[0002] Bei gattungsgemäßen Verfahren führt ein modulierbares und/oder schaltbares, z.B. Drehzahlvariables Gebläse eine Verbrennungsluftmenge V zu und dosiert ein modulierbares und/oder schaltbares Brennstoffregelventil eine Brennstoffmenge B . In einer Mischvorrichtung werden Verbrennungsluft und Brennstoff zusammengeführt und zu einem homogenen Brennstoff-Luft-Gemisch aufbereitet. An einer Brennermündung, z.B. eine ebene Brenneraustrittsfläche, tritt das Brennstoff-Luft-Gemisch aus dem Brenner aus, wird gezündet und verbrennt unter Wärmeentwicklung. Eine Ionisationselektrode erfasst 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 nicht 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 Rückschlag.

[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 etwa 10 % bis 30 % Luftüberschuss gegenüber einem stöchiometrischen Gemisch liegt, also eine Luftzahl $\lambda = \lambda_{\text{SOLL}} = 1,10 \dots 1,30$ aufweist.

[0005] Die Luftzahlregelung basiert häufig auf einem Signal aus der Verbrennung, dem sogenannten Ionisationssignal. 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, 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 das Leistungsmodulationsverhalten des Brenners bis zur nächsten Kalibrierung. 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 (Nennleistung) Q_{NENN} oder in einem eingeschränkten Leistungsmodulationsbereich 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] Heute werden bevorzugt Brenner mit hohen Leistungsmodulationsbereichen verwendet, die ganz unterschiedliche Wärmeanforderungen befriedigen 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.

[0009] 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 und, sofern die aktuelle Luftzahl von der vorgegebenen Luftzahl abweicht, die aktuelle Luftzahl auf den Wert der vorgegebenen Luftzahl eingestellt wird. Die aktuelle Luftzahl wird allerdings bei Volllast ermittelt, da hier ein Bereich mit eindeutiger Zuordnung zwischen Ionisationssignal und Luftzahl vorliegt. Im Teillastbereich wird der Brenner nur gesteuert, d.h. ungeregelt, betrieben.

[0010] Der genannte Stand der Technik zeigt den Nachteil, dass ein Luftzahl-geregelter Brennerbetrieb

über einen weiten Leistungsmodulationsbereich nicht oder nur unzureichend möglich ist. Zudem bedarf das Regelungsverfahren etlicher Korrekturfaktoren, die an jeden neuen Brennertyp angepasst werden müssen.

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Brenners mit Luftzahl-geregelter Verbrennung eines Brennstoffs und zum Luftzahl-geregelten Modulieren einer Brennerleistung Q zu schaffen, das über einen weiten Leistungsmodulationsbereich eine echte Regelung der Luftzahl darstellt und ohne eine Mehrzahl an individuell anzupassenden Korrekturfaktoren auskommt.

[0012] Erfindungsgemäß wird dies durch die Gegenstände mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 2 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Patentanspruch 1 zum Betreiben eines Brenners mit Luftzahl-geregelter Verbrennung eines Brennstoffs und zum Luftzahl-geregelten Modulieren einer Brennerleistung Q , bei dem ein modulierbares und/oder schaltbares Gebläse eine Verbrennungsluftmenge V zuführt, ein modulierbares und/oder schaltbares Brennstoffregelventil eine Brennstoffmenge B dosiert, eine Ionisationselektrode ein aufgrund einer an einer Brennerflamme angelegten Spannung entstehendes Ionisationssignal I erfasst, und ein Regelgerät eine Zufuhr von Brennstoff und/oder Verbrennungsluft aufgrund von Betriebsdaten und/oder Sollvorgaben beeinflusst, ist durch zwei Schritte gekennzeichnet. In einem ersten Schritt wird ein erster Parameter $P1$ des Parameterpaares Verbrennungsluftmenge V und Brennstoffmenge B bei konstant gehaltenem zweiten Parameter $P2$ desselben Parameterpaares variiert und auf einen Wert $P1_{MAX}$ eingestellt, bei dem das Ionisationssignal I sein Maximum I_{MAX} aufweist (Kalibrierpunkt). In einem folgenden zweiten Schritt wird der zweite Parameter $P2$ bei konstant gehaltenem ersten Parameter $P1_{MAX}$ variiert und auf einen Wert $P2_{SOLL}$ eingestellt, bei dem das Ionisationssignal I ein Bruchteil I_{SOLL} des Maximums I_{MAX} beträgt, wobei I_{SOLL} ein Produkt (Multiplikation) aus I_{MAX} und einem vorgebbaren Faktor F ist, wobei F kleiner 1 ist (Luftzahl-geregelte angefahrere Betriebspunkt). Der erste Parameter $P1$ des genannten, aus der Verbrennungsluftmenge V und der Brennstoffmenge B gebildeten Parameterpaares kann also entweder die Verbrennungsluftmenge V oder die Brennstoffmenge B sein. Dementsprechend ist der zweite Parameter $P2$ dann die Brennstoffmenge B oder die Verbrennungsluftmenge V . Mit diesem neuen kalibrierten Betriebspunkt $P1_{MAX}$, $P2_{SOLL}$ (z.B. V_{MAX} , B_{SOLL} bzw. B_{MAX} , V_{SOLL}) ist ein modulierter Betriebspunkt bei kontrolliert eingestellter Luftzahl λ_{SOLL} eingestellt.

[0014] Ein zweites erfindungsgemäßes Verfahren gemäß Patentanspruch 2 ist dadurch gekennzeichnet, dass nach einem optionalen Schritt entsprechend dem ersten Schritt aus Anspruch 1 in einem ersten Folgeschritt die Brennstoffmenge B bei konstant gehaltener Verbrennungsluftmenge V auf einen gewünschten Wert B_{ZIEL}

eingestellt wird. B_{ZIEL} ist die Brennstoffmenge, die der gewünschten Brennerleistung (Wärmeleistung) entspricht, die zur Erfüllung einer vorliegenden Wärmeanforderung erforderlich ist. Bei konstant gehaltener Brennstoffmenge B_{ZIEL} wird dann in einem zweiten Folgeschritt die Verbrennungsluftmenge V zunächst verringert und auf einen Wert V_{MAX} eingestellt wird, bei dem das Ionisationssignal I ein Maximum I_{MAX} aufweist (Kalibrierpunkt). Anschließend wird die Verbrennungsluftmenge V erhöht und auf einen Wert V_{ZIEL} eingestellt wird, bei dem das Ionisationssignal I sein Bruchteil I_{ZIEL} des Maximums I_{MAX} beträgt, wobei I_{ZIEL} ein Produkt (Multiplikation) aus I_{MAX} und einem vorgebbaren Faktor F ist, wobei F kleiner 1 ist (Luftzahl-geregelte angefahrere Betriebspunkt). Mit diesem kalibrierten Betriebspunkt B_{ZIEL} , V_{ZIEL} wird die vorliegende Wärmeanforderung bei kontrolliert eingestellter Luftzahl λ_{ZIEL} erfüllt. Auf diese Weise kann jeder mögliche Betriebspunkt innerhalb des verfügbaren Leistungsmodulationsbereiches kalibriert und Luftzahl-geregelte angefahren werden.

[0015] Eine geeignete Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 1 ist dadurch gekennzeichnet, dass die Variation des zweiten Parameters $P2$ im zweiten Schritt dann, wenn $P2$ identisch mit der Brennstoffmenge B ist, eine Verringerung der Brennstoffmenge B darstellt. Wenn $P2$ identisch mit der Verbrennungsluftmenge V ist, stellt die Variation des zweiten Parameters $P2$ eine Erhöhung der Verbrennungsluftmenge V dar. Somit ist gewährleistet, dass ein aus Brennstoff und Verbrennungsluft sich bildendes Brennstoff-Luft-Gemisch eine übers-töchiometrische Zusammensetzung mit einer Luftzahl $\lambda = \lambda_{SOLL}$ aufweist, wobei λ_{SOLL} größer 1 ist.

[0016] Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche ist dadurch gekennzeichnet, dass der erste Schritt, der zweite Schritt, der erste Folgeschritt und/oder der zweite Folgeschritt wiederholt werden, bis eine gewünschte Brennerleistung Q_{ZIEL} erreicht wird.

[0017] Die Faktoren F ergeben sich aus vorgebbaren Grenz- und/oder Sollwerten, Daten eines aktuellen Betriebspunktes und/oder zurückliegender Betriebspunkte, einer Richtung und/oder einem Betrag einer Modulation der Brennerleistung Q hin zu höheren oder niedrigeren Werten und/oder einem Wert des Ionisationssignals I und/oder einer dem Ionisationssignal I überlagerten Frequenz.

[0018] Mit der hier beschriebenen Erfindung ist es nun möglich, den Betrieb eines Brenners in einem weiten Leistungsmodulationsbereich Luftzahl-geregelte durchzuführen. Das Regelungsverfahren braucht keine weiteren Korrekturfaktoren, da beispielsweise der Einfluss der Brennerleistung auf das Ionisationssignal bei der Luftzahl-geregelten Modulation kompensiert wird. Durch die bei jeder Modulation neu angefahrenen Kalibrierpunkte mit daraus abgeleiteten Luftzahl-geregelte angefahrenen Betriebspunkten kann der Modulationsbereich sehr weit ausgedehnt werden, da der Luftzahl-geregelte Zustand in jedem Betriebspunkt eine sehr stabile Flammenbil-

dung bewirkt.

[0019] Die Zeichnungen stellen den Stand der Technik sowie mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und zeigen in den Figuren:

- Fig. 1 den charakteristischen parabelförmigen Zusammenhang zwischen dem Ionisationssignal I und der Luftzahl λ ,
- Fig. 2 den beispielhaften Zusammenhang zwischen dem Ionisationssignal I und der Brennerleistung Q für verschiedene Luftzahlen λ ,
- Fig. 3a die allgemeine Vorgehensweise beim Heruntermodulieren der Brennerleistung (hier: Reduzieren der Brennstoffmenge B),
- Fig. 3b das Detail aus Fig. 3a zum Anfahren des ZIEL-Betriebspunktes,
- Fig. 4a die allgemeine Vorgehensweise beim Hochmodulieren der Brennerleistung (hier: Erhöhen der Brennstoffmenge B),
- Fig. 4b das Detail aus Fig. 4a zum Anfahren des ZIEL-Betriebspunktes.

[0020] Fig. 1 zeigt schematisch den typischen parabelförmigen Verlauf eines Ionisationssignales I in Abhängigkeit von der Luftzahl λ . 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 fetterer Gemische ($\lambda < 1$) und magerer Gemische ($\lambda > 1$) fällt das Ionisationssignal.

[0021] Fig. 2 zeigt schematisch den typischen Verlauf dreier Ionisationssignale I bei verschiedenen Luftzahlen λ in Abhängigkeit einer Brennerleistung Q . Wiederzuerkennen ist, dass die Ionisationssignale I bei stöchiometrischer Verbrennung ($\lambda = 1$) am höchsten sind und zum mageren Gemischbereich ($\lambda > 1$) hin abfallen. Auffällig ist der in etwa konstante Ionisationssignalverlauf bei höheren Brennerleistungen Q und der an Intensität abnehmende Verlauf bei kleineren Brennerleistungen Q - hier verliert das Ionisationssignal I seine eindeutige Zuordnung zur Luftzahl λ .

[0022] Fig. 3a zeigt die allgemeine Vorgehensweise beim Heruntermodulieren der Brennerleistung. Zur Erläuterung des ersten Schrittes aus Patentanspruch 1 wird zum Beispiel die Verbrennungsluftmenge V bei unveränderter Brennstoffmenge B solange variiert, bis das Ionisationssignal I maximal wird. Beispielsweise wird die Verbrennungsluftmenge V reduziert. Nach diesem Beispiel steigt dabei der Wert des Ionisationssignales I , da

das Brennstoff-Luft-Gemisch fetter wird. Das Erreichen des Maximums $I_{\text{MAX},1}$ wird genau genommen am geringfügigen Überschreiten des Maximums und dabei fallenden I -Werten erkannt. Die Verbrennungsluftmenge V wird auf den Wert $V_{\text{MAX},1}$ eingestellt, bei dem das Ionisationssignal den Maximalwert $I_{\text{MAX},1}$ annimmt. An diesem Betriebspunkt eines maximalen Ionisationssignales weist das Brennstoff-Luft-Gemisch die Luftzahl $\lambda = 1,0$ auf. Im zweiten Schritt wird nun die Brennstoffmenge B bei unveränderter Verbrennungsluftmenge $V_{\text{MAX},1}$ variiert und auf einen Wert B_{SOLL} eingestellt unter der Vorgabe, dass das sich dabei ändernde Ionisationssignal einen Wert I_{som} annimmt, der sich aus der Multiplikation von $I_{\text{MAX},1}$ mit einem vorgebbaren Faktor F ergibt. Beispielsweise wird die Brennstoffmenge B reduziert. Nach diesem Beispiel fällt dabei der Wert des Ionisationssignales I , da das Brennstoff-Luft-Gemisch magerer wird. Das Erreichen des SOLL-Betriebspunktes B_{SOLL} wird am Erreichen des berechneten Ionisationswertes I_{SOLL} erkannt, der das Erreichen eines Betriebspunktes mit der Luftzahl λ_{SOLL} bedeutet. Die gewünschte Luftzahl λ_{SOLL} beträgt beispielsweise $\lambda_{\text{SOLL}} = 1,2$.

[0023] Fig. 3a zeigt daneben auch die vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 4, wonach ein erster Schritt, ein zweiter Schritt, ein weiterer (wiederholter) erster Schritt, ein erster Folgeschritt und ein zweiter Folgeschritt durchlaufen werden, bis eine gewünschte Brennerleistung Q_{ZIEL} erreicht wird.

[0024] Die weitere Vorgehensweise zum Anfahren des ZIEL-Betriebspunktes ist detaillierter der Fig. 3b zu entnehmen. Zunächst wird ein Schritt gemäß dem oben erläuterten ersten Schritt durchgeführt mit einer Reduzierung der Verbrennungsluftmenge auf $V_{\text{MAX},2}$. Nach diesem Beispiel steigt dabei der Wert des Ionisationssignales I auf einen Wert $I_{\text{MAX},2}$. Die Verbrennungsluftmenge V wird auf den Wert $V_{\text{MAX},2}$ eingestellt, bei dem das Ionisationssignal den Maximalwert $I_{\text{MAX},2}$ annimmt. An diesem Betriebspunkt eines maximalen Ionisationssignales weist das Brennstoff-Luft-Gemisch wieder die Luftzahl $\lambda = 1,0$ auf. In einem ersten Folgeschritt wird die Brennstoffmenge B bei konstant gehaltener Verbrennungsluftmenge $V_{\text{MAX},2}$ auf einen gewünschten Wert B_{ZIEL} eingestellt. Bei konstant gehaltener Brennstoffmenge B_{ZIEL} wird die Verbrennungsluftmenge V dann in einem zweiten Folgeschritt zunächst verringert und auf einen Wert $V_{\text{MAX},3}$ eingestellt, bei dem das Ionisationssignal I ein Maximum $I_{\text{MAX},3}$ aufweist ($\lambda = 1$). Anschließend wird die Verbrennungsluftmenge V erhöht und auf einen Wert V_{ZIEL} eingestellt, bei dem das Ionisationssignal I ein Bruchteil I_{ZIEL} des Maximums $I_{\text{MAX},3}$ beträgt, wobei I_{ZIEL} ein Produkt aus $I_{\text{MAX},3}$ und einem vorgebbaren Faktor F ist, wobei F kleiner 1 ist. Die gewünschte Luftzahl λ_{ZIEL} beträgt beispielsweise $\lambda_{\text{ZIEL}} = 1,2$.

[0025] Fig. 4a zeigt die allgemeine Vorgehensweise beim Hochmodulieren der Brennerleistung Q . Zur Erläuterung des ersten Schrittes aus Patentanspruch 1 wird zum Beispiel die Brennstoffmenge B bei unveränderter Verbrennungsluftmenge V solange variiert, bis das Ioni-

sationssignal 1 maximal wird. Beispielsweise wird die Brennstoffmenge B erhöht. Nach diesem Beispiel steigt dabei der Wert des Ionisationssignales 1, da das Brennstoff-Luft-Gemisch fetter wird. Das Erreichen des Maximums $I_{MAX,1}$ wird genau genommen am geringfügigen Überschreiten des Maximums und dabei fallenden I-Werten erkannt. Die Brennstoffmenge B wird auf den Wert B_{MAX} eingestellt, bei dem das Ionisationssignal den Maximalwert $I_{MAX,1}$ annimmt. An diesem Betriebspunkt eines maximalen Ionisationssignales weist das Brennstoff-Luft-Gemisch die Luftzahl $\lambda = 1,0$ auf. Im zweiten Schritt wird nun die Verbrennungsluftmenge V bei unveränderter Brennstoffmenge B_{MAX} variiert und auf einen Wert V_{SOLL} eingestellt unter der Vorgabe, dass das sich dabei ändernde Ionisationssignal einen Wert I_{SOLL} annimmt, der sich aus der Multiplikation von $I_{MAX,1}$ mit einem vorgebbaren Faktor F ergibt. Beispielsweise wird die Verbrennungsluftmenge V erhöht. Nach diesem Beispiel fällt dabei der Wert des Ionisationssignales I, da das Brennstoff-Luft-Gemisch magerer wird. Das Erreichen des SOLL-Betriebspunktes V_{SOLL} wird am Erreichen des berechneten Ionisationswertes I_{SOLL} erkannt, der das Erreichen eines Betriebspunktes mit der Luftzahl λ_{SOLL} bedeutet. Die gewünschte Luftzahl λ_{SOLL} beträgt beispielsweise $\lambda_{SOLL} = 1,2$.

[0026] Die weitere Vorgehensweise zum Anfahren des ZIEL-Betriebspunktes ist detaillierter der Fig. 4b zu entnehmen. Ausgehend von dem Betriebspunkt V_{SOLL} / B_{MAX} wird die Brennstoffmenge B bei konstant gehaltener Verbrennungsluftmenge V_{SOLL} auf einen gewünschten Wert B_{ZIEL} eingestellt. Bei konstant gehaltener Brennstoffmenge B_{ZIEL} wird die Verbrennungsluftmenge V dann zunächst verringert und auf einen Wert V_{MAX} eingestellt, bei dem das Ionisationssignal I ein Maximum $I_{MAX,2}$ aufweist ($\lambda = 1,0$). Anschließend wird die Verbrennungsluftmenge V erhöht und auf einen Wert V_{ZIEL} eingestellt, bei dem das Ionisationssignal I ein Bruchteil I_{ZIEL} des Maximums $I_{MAX,2}$ beträgt, wobei I_{ZIEL} ein Produkt aus $I_{MAX,2}$ und einem vorgebbaren Faktor F ist, wobei F kleiner 1 ist. Die gewünschte Luftzahl λ_{ZIEL} beträgt beispielsweise $\lambda_{ZIEL} = 1,2$.

[0027] Die Luftzahlen λ_{SOLL} und λ_{ZIEL} müssen nicht notwendigerweise miteinander übereinstimmen. Ebenso können die Faktoren F bei den einzelnen Rechenschritten voneinander abweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Brenners mit Luftzahl-geregelter Verbrennung eines Brennstoffs und zum Luftzahl-geregelten Modulieren einer Brennerleistung Q, bei dem ein modulierbares und/oder schaltbares Gebläse eine Verbrennungsluftmenge V zuführt, ein modulierbares und/oder schaltbares Brennstoffregelventil eine Brennstoffmenge B zuführt, eine Ionisationselektrode ein aufgrund einer an einer Brennerflamme angelegten Spannung ent-

stehendes Ionisationssignal I erfasst, und ein Regelgerät eine Zufuhr von Brennstoff und/oder Verbrennungsluft aufgrund von Betriebsdaten und/oder Sollvorgaben beeinflusst,

dadurch gekennzeichnet, dass

- in einem ersten Schritt ein erster Parameter P1 des Parameterpaares Verbrennungsluftmenge V und Brennstoffmenge B bei konstant gehaltenem zweiten Parameter P2 desselben Parameterpaares variiert und auf einen Wert $P1_{MAX}$ eingestellt wird, bei dem das Ionisationssignal I ein Maximum I_{MAX} aufweist, und
- in einem zweiten Schritt der zweite Parameter P2 bei konstant gehaltenem ersten Parameter $P1_{MAX}$ variiert und auf einen Wert $P2_{SOLL}$ eingestellt wird, bei dem das Ionisationssignal I ein Bruchteil I_{SOLL} des Maximums I_{MAX} beträgt, wobei I_{SOLL} ein Produkt aus I_{MAX} und einem vorgebbaren Faktor F ist, wobei F kleiner 1 ist.

2. Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach einem optionalen Schritt entsprechend dem ersten Schritt aus Anspruch 1

- in einem ersten Folgeschritt die Brennstoffmenge B bei konstant gehaltener Verbrennungsluftmenge V auf einen gewünschten Wert B_{ZIEL} eingestellt wird, und
- in einem zweiten Folgeschritt bei konstant gehaltener Brennstoffmenge B_{ZIEL} die Verbrennungsluftmenge V zunächst verringert und auf einen Wert V_{MAX} eingestellt wird, bei dem das Ionisationssignal I ein Maximum I_{MAX} aufweist, und anschließend erhöht und auf einen Wert V_{ZIEL} eingestellt wird, bei dem das Ionisationssignal I ein Bruchteil I_{ZIEL} des Maximums I_{MAX} beträgt, wobei I_{ZIEL} ein Produkt aus I_{MAX} und einem vorgebbaren Faktor F ist, wobei F kleiner 1 ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Variation des zweiten Parameters P2 im zweiten Schritt,

- wenn P2 identisch mit der Brennstoffmenge B ist, eine Verringerung der Brennstoffmenge B darstellt, und
- wenn P2 identisch mit der Verbrennungsluftmenge V ist, eine Erhöhung der Verbrennungsluftmenge V darstellt,

sodass ein aus Brennstoff und Verbrennungsluft sich bildendes Brennstoff-Luft-Gemisch eine überschichtmetrische Zusammensetzung mit einer Luftzahl λ_{SOLL} aufweist, wobei λ_{SOLL} größer 1 ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der erste Schritt, der zweite Schritt, der erste Folgeschritt und/oder der zweite Folgeschritt wiederholt werden, bis eine gewünschte Brennerleistung Q_{ZIEL} erreicht wird. 5
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass sich die Faktoren F aus vorgebbaren Grenz- und/oder Sollwerten, Daten eines aktuellen Betriebspunktes und/oder zurückliegender Betriebspunkte, einer Richtung und/oder einem Betrag einer Modulation der Brennerleistung Q hin zu höheren oder niedrigeren Werten und/oder einem Wert des Ionisationssignals I und/oder einer dem Ionisationssignal I überlagerten Frequenz ergibt. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

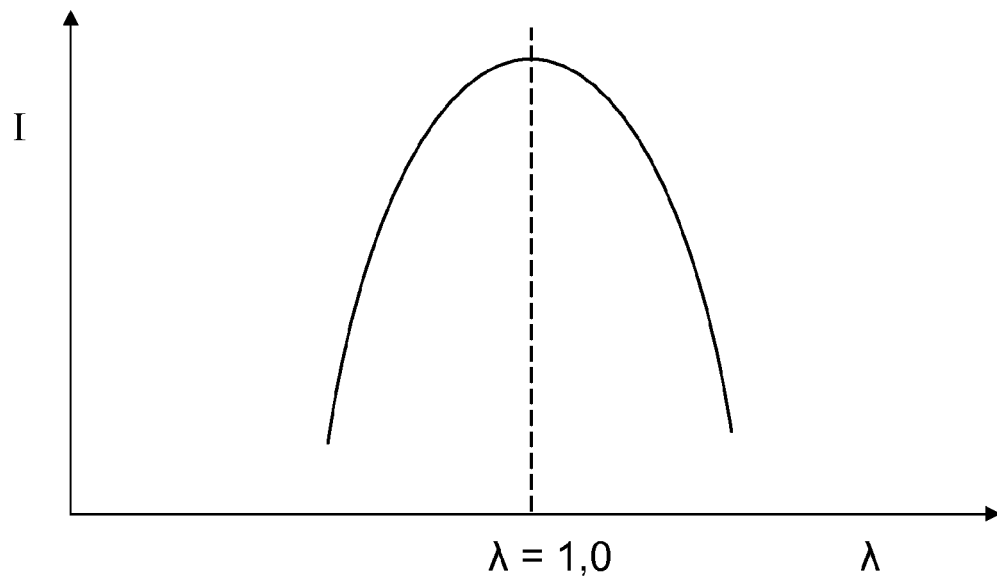


Fig. 2

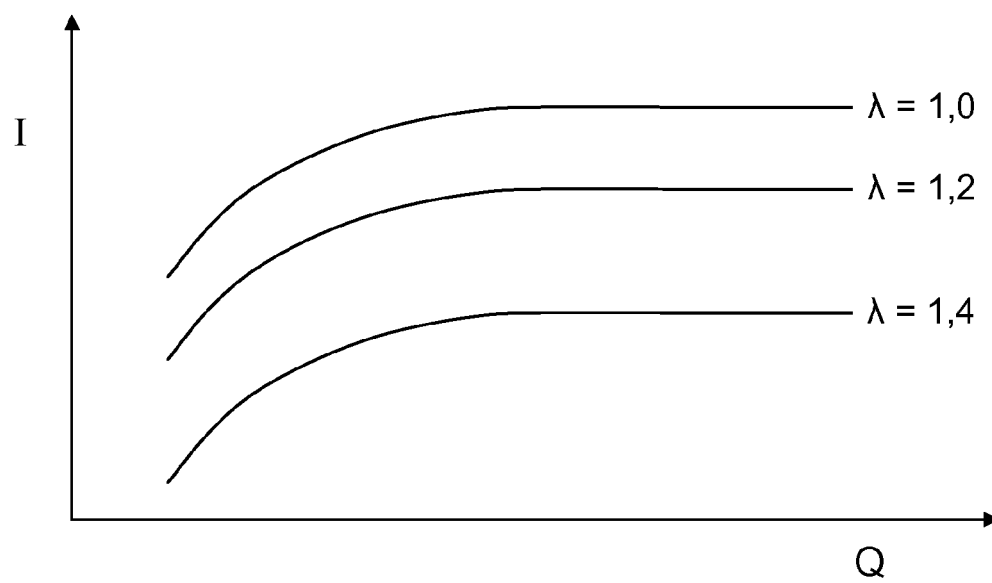


Fig. 3a

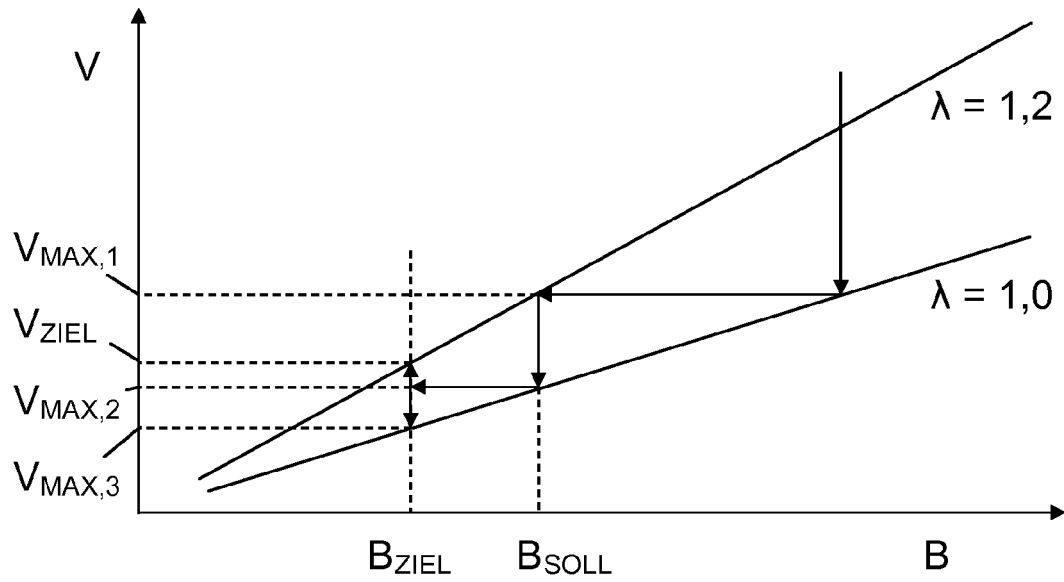


Fig. 3b

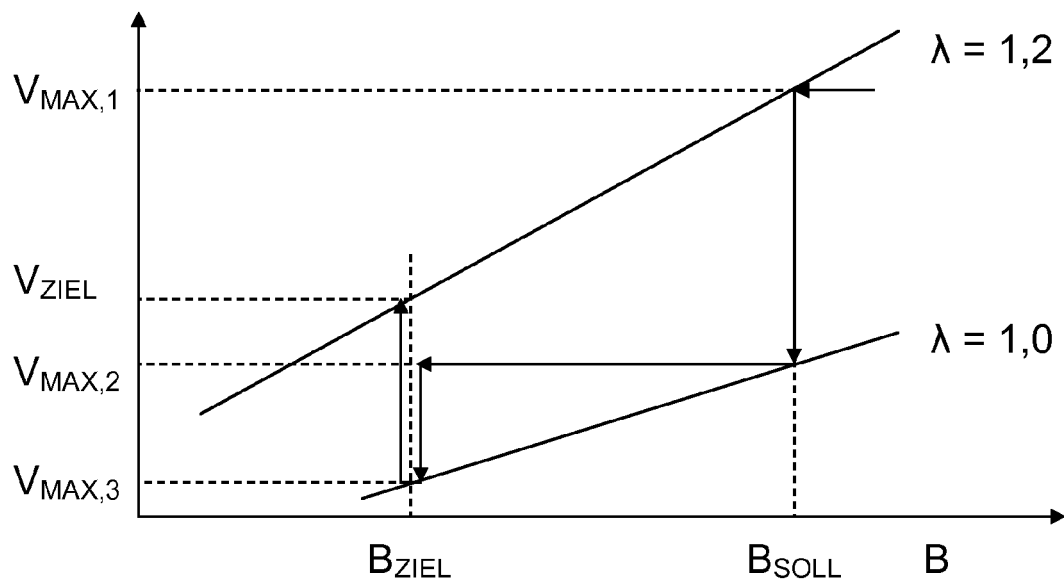


Fig. 4a

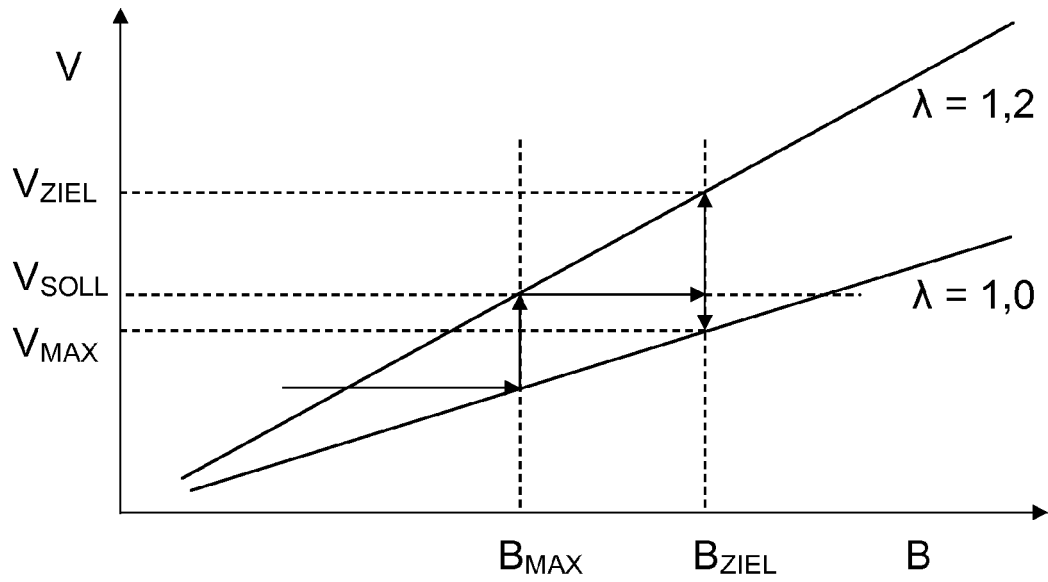
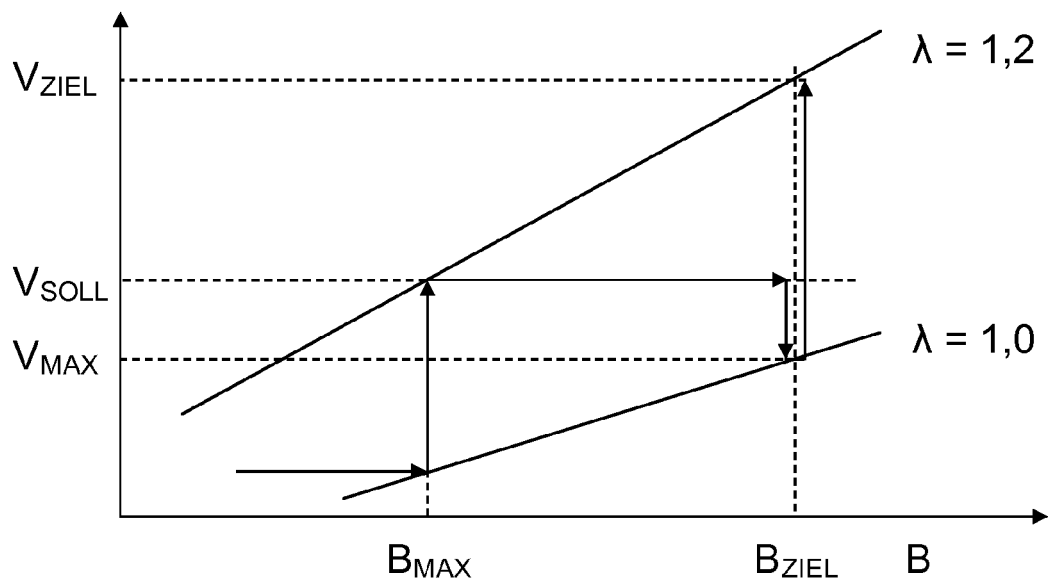


Fig. 4b



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 [0009]