



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 802 372 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**13.06.2001 Patentblatt 2001/24**

(51) Int Cl. 7: **F23N 5/08**

(21) Anmeldenummer: **97710009.8**

(22) Anmeldetag: **15.04.1997**

### (54) Verfahren und Einrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsprozesses in einem Kessel

Method and device for controlling the combustion process of a boiler

Procédé et dispositif de commande d'un processus de combustion dans une chaudière

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT DE DK ES FR GB GR IE IT NL SE**

(56) Entgegenhaltungen:

<b>EP-A- 0 352 620</b>	<b>EP-A- 0 581 451</b>
<b>EP-A- 0 616 200</b>	<b>DE-A- 3 508 253</b>
<b>DE-A- 4 305 645</b>	<b>DE-A- 4 416 270</b>
<b>US-A- 4 701 624</b>	<b>US-A- 4 983 853</b>

(30) Priorität: **17.04.1996 DE 19615141**

- VGB KRAFTWERKSTECHNIK, Bd. 76, Nr. 1,  
1.Januar 1996, Seiten 37-45, XP000547457  
WALTER M ET AL: "BESTIMMUNG UND  
AUSWERTUNG DER  
TEMPERATURVERTEILUNG VON  
VERBRENNUNGSGUT AUF DEM  
VERBRENNUNGSROST VON  
MUELLVERBRENNUNGSANLAGEN"**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.10.1997 Patentblatt 1997/43**

(73) Patentinhaber: **ORFEUS Combustion  
Engineering GmbH  
22453 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder: **Wintrich, Franz, Dipl.-Ing.  
45309 Essen (DE)**

(74) Vertreter: **Sparing, Rolf Klaus et al  
Bonnekamp & Sparing  
Patentanwaltskanzlei  
European Patent & Trade Mark Law Firm  
Postfach 32 10 20  
40425 Düsseldorf (DE)**

EP 0 802 372 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsprozesses in einem Kessel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. Anspruchs 10.

**[0002]** Bei bekannten Verfahren zur Steuerung eines Verbrennungsprozesses in einem Kessel mit Brennern werden Daten über verschiedene Prozeßparameter erfaßt und zum Ableiten von Eingriffen auf Stellgrößen verarbeitet. So werden zum Beispiel Temperatur und Zusammensetzung von Verbrennungsgasen am Kesselaustritt, Dampfparameter wie Temperatur und Dampfmassenstrom und Temperaturen im Kessel gemessen.

**[0003]** In Abhängigkeit der gemessenen Größen werden Eingriffe auf Stellglieder des Verbrennungsprozesses abgeleitet, so daß beispielsweise bei einer hohen NOX-Konzentration im Verbrennungsgas Stellglieder des Brenners betätigt werden, um global höhere Mengen an Verbrennungsluft zuzuführen. In einem anderen Fall kann bei einer Messung eines relativ niedrigen Dampfmassenstroms die Brennstoffzufuhr durch entsprechende Ansteuerung von Stellgliedern erhöht werden. Eine stabile Steuerung des Verbrennungsprozesses mit den bekannten Verfahren ist aufgrund mehrerer gleichzeitig einzuhaltender Parameter relativ schwierig.

**[0004]** Die bekannten Verfahren haben den Nachteil, daß sie den eigentlichen Verbrennungsvorgang des Brennstoffs nicht erfassen und nur indirekt steuern.

**[0005]** EP-A-0 616 200 beschreibt eine Einrichtung zur Steuerung und Bewertung eines Verbrennungsprozesses, bei der eine CCD-Kamera hochauflösend die Felder einer Flamme erfaßt. Hierbei sind jeweils neun Pixel der CCD-Kamera derart gefiltert, daß sie zueinander benachbarte Spektralbänder des sichtbaren Lichts erfassen, wobei die resultierende Kurve der jeweils neun Pixel zu einem Gesamtwert aufaddiert wird. Durch die Unterteilung in neun Bereiche anstelle der von Videokameras bekannten drei Bereiche Rot, Grün und Blau wird zwar die spektrale Auflösung in etwa verdreifacht, dennoch handelt es sich um eine hohe Ortsauflösung und geringe spektrale Auflösung, da alle in einen Bereich fallenden Strahler (Radikalenstrahler) aufaddiert werden und sowohl eine Berücksichtigung der temperaturabhängigen Basis als auch eine präzise Ermittlung von genauer Wellenlänge eines oder mehrerer Peaks im Spektrum nicht zulassen. Durch Peaks aufgrund von Verunreinigung des Brennstoffs, z.B. durch Salze, wird die Auswertung verfälscht und die Regelung entsprechend fehlgeleitet.

**[0006]** EP-A-0 581 451 beschreibt ein Verfahren zur Steuerung eines Verbrennungsprozesses, bei dem der zeitliche Verlauf der verschiedenen Felder des Prozesses aufgezeichnet werden.

**[0007]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. eine Einrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 10 anzu-

geben, mit dem bzw. der eine günstige Erfassung und Regelung der Verbrennung möglich ist.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei dem eingangs genannten Verfahren bzw. bei der eingangs genannten Einrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 10 gelöst.

**[0009]** Durch die Beobachtung und Analyse des Flammenbildungsverhaltens bei dem eigentlichen Verbrennungsvorgang des Brennstoffs in einem Brennernaheld können Daten zu einer direkten Steuerung bereitgestellt werden. Mit einer Regelung der Flamme werden andere Prozeßparameter bereits zwangsläufig mitgeregelt. Wird die Flamme mit einer optimalen Ausbildung gehalten, kann davon ausgegangen werden, daß die üblichen Prozeßparameter zumindest in der Nähe eines optimalen Betriebspunktes liegen. Anhand der verarbeiteten Ausgangssignale des Detektors können die Zufuhr von Primär-Sekundär-und/oder Tertiärluft, die Zufuhr von Brennstoff und strömungstechnische Einstellvorrichtungen des Brenners eingestellt werden. Beispielsweise kann der Drall beim Eintrag des Brennstoffs eingestellt werden. Ferner kann das Brennstoff/Luftverhältnis lokal optimal eingestellt werden. Hierbei wird es ermöglicht, entweder die Menge an Brennstoff oder an Luft gezielt auf einen optimalen Wert einzustellen, um das gewünschte Brennstoff/Luftverhältnis zu erreichen.

**[0010]** Der hochorts- und geringspektralauf lösende Sensor ist bevorzugt als CCD-Kamera ausgebildet. Mit der CCD-Kamera kann auf einfache Weise die Form und das Umfeld der Flamme erfaßt werden. Dieser Sensor erfaßt bevorzugt das Strömungsfeld der Flamme. Er kann auch eine relativ genaue örtliche Verteilung der Temperatur erfassen.

**[0011]** Der geringorts- und hochspektralauf lösende Sensor ist bevorzugt als Glasfaserkabel mit zugeordneten Spektralzerlegungsvorrichtungen ausgebildet. Eine Spektralzerlegungsvorrichtung kann in einfacher Weise als Gitter, Spalt oder Prisma ausgebildet sein. Mit dem geringorts- und hochspektralauf lösenden Sensor wird bevorzugt das Radikalen- und/oder Temperaturfeld der Flamme erfaßt. Hierbei ist die Erfassung einzelner Radikale von besonderer und deren genaue örtliche Zuordnung eher von geringerer Bedeutung.,

**[0012]** Um eine relativ stabile Steuerung des Verbrennungsprozesses zu ermöglichen, werden bevorzugt zeitliche Veränderungen des Temperatur-, Strömungs- und/oder Radikalenfelds der Flamme erfaßt.

**[0013]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind den abhängigen Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen.

**[0014]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in den Abbildungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

**[0015]** Fig. zeigt schematisch einen Ausschnitt eines Kessels zur Kohleverfeuerung.

**[0016]** Fig. 2 zeigt eine Ansicht des Detektors aus Fig. 1.

**[0017]** Der in Fig. 1 schematisch dargestellte Kessel 1 zur Kohleverfeuerung weist einen Brenner 2 auf. Über den Brenner 2 wird Brennstoff und Luft in den Kessel 1 eingetragen und unter Bildung einer Flamme 3 verbrannt.

**[0018]** Der im wesentlichen zylinderförmig ausgebildete Brenner 2 umfaßt einen äußeren Luftkanal 4, einen inneren Luftkanal 5 und einen Eintragskanal 6 zum Brennstoffeintrag. An dem dem Kessel 1 zugewandten Ende des Brenners 2 ist ein Eintragstrichter 7 vorgesehen.

**[0019]** Von einer Wandung 8 des Kessels 1 ist ein mit einer Recheneinrichtung 9 verbundener Detektor 10 aufgenommen. Der Detektor 10 ist auf die Flamme 3 gerichtet und umfaßt einen als CCD-Kamera 11 ausgebildeten hochorts- und geringspektralauf lösenden Sensor und einen durch Glasfaserkabel 12 mit zugeordneten Spektralzerlegungsvorrichtungen ausgebildeten geringorts- und hochspektralauf lösenden Sensor.

**[0020]** Wie in der in Fig. 2 schematisch dargestellten Frontansicht des Detektors 10 gezeigt, sind die Glasfaserkabel 12 des Sensors unterhalb des Objektivs der CCD-Kamera 11 angeordnet.

**[0021]** Die Recheneinrichtung 9 ist über weiter nicht dargestellte Signalleitungen mit Stellgliedern des Brenners 2 und einer nichtdargestellten Brennstoffmühle verbunden.

**[0022]** Um einen im wesentlichen gleichgroßen Blickwinkel wie die CCD-Kamera 11 zu ermöglichen, sind die Glasfaserkabel 12 fächerartig angeordnet.

**[0023]** Zur Steuerung des Verbrennungsprozesses in dem Kessel 1 wird die bei der Kohleverbrennung gebildete Flamme 3 durch den Detektor 10 beobachtet und deren Ausbildung erfaßt. Hierbei werden über den Sensor 11 die Form und das Strömungsfeld und über den Sensor 12 das Radikalen- und Temperaturfeld der Flamme 3 erfaßt.

**[0024]** Die Ausgangssignale des Detektors 10 werden an die Recheneinrichtung 9 weitergeleitet und dort zu Steuersignalen für die Stellglieder des Brenners 2 und der Brennstoffmühle zur Regelung der Flamme 3 verarbeitet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Verbrennungsprozesses in einem Kessel (1) mit einem Brenner (2), über den Brennstoff in den Kessel (1) eingetragen und unter Bildung einer Flamme (3) verbrannt wird, bei dem ein Temperaturfeld, ein Strömungsfeld und ein Radikalenfeld der Flamme (3) durch einen Detektor (10) erfaßt wird und die Flamme (3) in Abhängigkeit der in einer Recheneinrichtung (9) verarbeiteten Ausgangssignale des Detektors (10) durch Stellgrößeneingriffe auf den Brenner (2) und/oder eine dem Brenner (2) vorgeschaltete Vorrichtung geregelt wird, wobei der Detektor (10) die Felder

der Flamme (3) mittels eines hochorts- und geringspektralauf lösenden Sensors (11) erfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (10) einzelne Punkte der Flamme (3) mittels eines weiteren geringorts- und hochspektralauf lösenden Sensors (12) erfaßt.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zeitliche Veränderungen des Temperaturfelds, des Strömungsfelds und/oder des Radikalenfelds der Flamme (3) erfaßt werden.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Temperaturfeld und das Strömungsfeld der Flamme (3) durch den hochorts- und geringspektralauf lösenden Sensor (11) erfaßt wird.
- 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Radikalenfeld der Flamme (3) durch den geringorts- und hochspektralauf lösenden Sensor (12) erfaßt wird.
- 20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der geringorts- und hochspektralauf lösende Sensor wenigstens ein auf die Flamme gerichtetes Glasfaserkabel (12) mit zugeordneten Spektralzerlegungsvorrichtungen umfaßt.
- 25 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der geringorts- und hochspektralauf lösende Sensor mehrere fächerförmig angeordnete Glasfaserkabel (12) umfaßt.
- 30 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der hochorts- und geringspektralauf lösende Sensor als CCD-Kamera (11) ausgebildet ist.
- 35 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Stellgrößeneingriffe auf eine dem Brenner (2) vorgeschaltete Brennstoffmühle vorgenommen werden.
- 40 9. , Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß Stellgrößeneingriffe auf eine dem Brenner (2) vorgeschaltete Verbrennungsluftzufuhr vorgenommen werden
- 45 10. Einrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsprozesses in einem Kessel (1) mit einem Brenner (2), über den Brennstoff in den Kessel (1) eingetragen und unter Bildung einer Flamme (3) verbrannt wird, wobei ein Temperaturfeld, ein Strömungsfeld und ein Radikalenfeld der Flamme durch einen von einem an einer Wandung (8) des Kessels (2) angeordneten und auf die Flamme (3) gerichteten und

- mit einer Recheneinrichtung (9) verbundenen Detektor (10) aufnehmbar ist, wobei der Brenner (2) und/oder eine dem Brenner (2) vorgeschaltete Vorrichtung mittels von der Recheneinrichtung (9) verarbeiteten Ausgangssignalen des Detektors (10) durch Stellgrößeneingriffe regelbar ist, wobei der Detektor (10) die Ausbildung der Flamme (3) mittels eines hochorts- und geringspektralauflösenden Sensors (11) erfaßt,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 daß der Detektor (10) einzelne Punkte der Flamme (3) mittels eines weiteren geringorts- und hochspektralauflösenden Sensors (12) erfaßt
11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der geringorts- und hochspektralauflösende Sensor wenigstens ein auf die Flamme gerichtetes Glasfaserkabel (12) mit zugeordneten Spektralzerlegungsvorrichtungen umfaßt.
12. Einrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der hochorts- und geringspektralauflösende Sensor als CCD-Kamera (11) ausgebildet ist.
13. Einrichtung nach Anspruch 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasfaserkabel (12) unterhalb des Objektivs der CCD-Kamera (11) angeordnet sind.
14. Einrichtung nach Anspruch 11 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der geringorts- und hochspektralauflösende Sensor mehrere fächerförmig angeordnete Glasfaserkabel (12) umfaßt.
- Claims**
1. Process for controlling a combustion process in a boiler (1) with a burner (2), whereby fuel is introduced into the boiler (1) and burnt with the formation of a flame (3), in which a temperature field, a flow field and a radical field of the flame (3) are detected by a sensor (10) and the flame (3) is controlled as a function of the output signals of the sensor (10) processed in a processing unit (9) through controlled-variable action on the burner (2) and/or a device placed upstream of the burner (2), whereby the sensor (10) detects the fields of the flame (3) by means of a high-local and low-spectral resolution sensor (11),  
 characterised by the fact  
 that the sensor (10) detects individual points of the flame (3) by means of a further low-local and high-spectral resolution sensor (12).
2. Process according to Claim 1, characterised by the fact that changes over time in the temperature field,  
 the flow field and/or the radical field of the flame (3) are detected.
3. Process according to Claim 1 or 2, characterised by the fact that the temperature field and the flow field of the flame (3) are detected by the high-local and low-spectral resolution sensor (11).
4. Process according to one of Claims 1 to 3, characterised by the fact that the radical field of the flame (3) is detected by the low-local and high-spectral resolution sensor (12).
5. Process according to one of Claims 1 to 4, characterised by the fact that the low-local and high-spectral resolution sensor includes at least one glass-fibre cable (12) directed towards the flame, with all-allocated spectral analysis devices.
6. Process according to Claim 5, characterised by the fact that the low-local and high-spectral resolution sensor includes several glass-fibre cables (12) arranged in a fan configuration.
7. Process according to one of Claims 1 to 6, characterised by the fact that the high-local and low-spectral resolution sensor is in the form of a CCD camera (11).
8. Process according to one of Claims 1 to 7, characterised by the fact that controlled-variable actions are carried out on a fuel mill placed upstream of the burner (2).
9. Process according to one of Claims 1 to 8, characterised by the fact that controlled-variable actions are carried out on a combustion air supply placed upstream of the burner (2).
10. Device for controlling a combustion process in a boiler (1) with a burner (2), whereby fuel is introduced into the boiler (1) and burnt with the formation of a flame (3), in which a temperature field, a flow field and a radical field of the flame are detectable by a sensor (10) mounted on a wall (8) of the boiler (2) and directed towards the flame (3) and connected to a processing unit (9), whereby the burner (2) and/or a device placed upstream of the burner (2) is adjustable through controlled-variable actions based on the output signals of the detector (10) processed by the processing unit (9), whereby the sensor (10) detects the form of the flame (3) by means of a high-local and low-spectral resolution sensor (11),  
 characterised by the fact  
 that the sensor (10) detects individual points of the

- flame (3) by means of a further low-local and high-spectral resolution sensor (12).
11. Device according to Claim 10, characterised by the fact that the low-local and high-spectral resolution sensor includes at least one glass-fibre cable (12) directed towards the flame, with allocated spectral analysis devices.
12. Device according to Claim 10 or 11, characterised by the fact that the high-local and low-spectral resolution sensor is in the form of a CCD camera (11).
13. Device according to Claim 11 and 12, characterised by the fact that the glass-fibre cable (12) is arranged below the lens of the CCD camera (11).
14. Device according to Claim 11 or 13, characterised by the fact that the low-local and high-spectral resolution sensor includes several glass-fibre cables (12) arranged in a fan configuration.
- Revendications**
1. Procédé de commande d'un processus de combustion dans une chaudière (1) avec un brûleur (2), par l'intermédiaire duquel un combustible est introduit dans la chaudière (1) et brûlé en formant une flamme (3), dans lequel un champ de température, un champ d'écoulement et un champ de radicaux de la flamme (3) sont relevés par un détecteur (10) et la flamme (3) est régulée en fonction des signaux de sortie du détecteur (10) traités dans un dispositif de calcul (9) par des interventions sur des grandeurs de réglage sur le brûleur (2) et/ou sur un dispositif placé avant le brûleur (2), le détecteur (10) relevant les champs de la flamme (3) au moyen d'un capteur (11) à haute résolution spatiale et faible résolution spectrale, caractérisé en ce que le détecteur (10) relève divers points de la flamme (3) au moyen d'un autre capteur (12) à faible résolution spatiale et haute résolution spectrale.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les variations temporelles du champ de température, du champ d'écoulement et/ou du champ de radicaux de la flamme (3) sont relevées.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le champ de température et le champ d'écoulement de la flamme (3) sont relevés par le capteur (11) à haute résolution spatiale et faible résolution spectrale.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le champ de radicaux de la flamme (3) est relevé par le capteur (12) à faible résolu-
- tion spatiale et haute résolution spectrale.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le capteur à faible résolution spatiale et haute résolution spectrale comprend au moins un câble de fibres de verre (12) dirigé vers la flamme avec des dispositifs associés de décomposition spectrale.
- 10 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le capteur à faible résolution spatiale et haute résolution spectrale comprend plusieurs câbles de fibres de verre (12) disposés en éventail.
- 15 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le capteur à haute résolution spatiale et faible résolution spectrale est conformé en appareil de photographie CCD (11).
- 20 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les interventions sur des grandeurs de réglage sont effectuées sur un pulvérisateur de combustible placé avant le brûleur (2).
- 25 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les interventions sur des grandeurs de réglage sont effectuées sur une alimentation en air de combustion placée avant le brûleur (2).
- 30 10. Dispositif pour commander un processus de combustion dans une chaudière (1) avec un brûleur (2), par l'intermédiaire duquel un combustible est introduit dans la chaudière (1) et brûlé en formant une flamme (3), un champ de température, un champ d'écoulement et un champ de radicaux de la flamme pouvant être relevés par un détecteur (10) placé sur une paroi (8) de la chaudière (2) et dirigé vers la flamme (3) et relié à un dispositif de calcul (9) ; le brûleur (2) et/ou un dispositif placé avant le brûleur (2) pouvant être réglé au moyen de signaux de sortie du détecteur (10) traités dans un dispositif de calcul (9) par des interventions sur des grandeurs de réglage, le détecteur (10) relevant la configuration de la flamme (3) au moyen d'un capteur (11) à haute résolution spatiale et faible résolution spectrale, caractérisé en ce que le détecteur (10) relève divers points de la flamme (3) au moyen d'un autre capteur (12) à faible résolution spatiale et haute résolution spectrale.
- 40 11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le capteur à faible résolution spatiale et haute résolution spectrale comprend au moins un câble de fibres de verre (12) dirigé vers la flamme avec des dispositifs associés de décomposition spectrale.
- 45 50 55

12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que le capteur à haute résolution spatiale et faible résolution spectrale est conformé en appareil de photographie CCD (11).

5

13. Dispositif selon la revendication 11 et 12, caractérisé en ce que les câbles de fibres de verre (12) sont placés sous l'objectif de l'appareil de photographie CCD (11).

10

14. Dispositif selon la revendication 11 ou 13, caractérisé en ce que le capteur à faible résolution spatiale et haute résolution spectrale comprend plusieurs câbles de fibres de verre (12) disposés en éventail.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

