

(19)



(11)

EP 2 538 139 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.12.2012 Patentblatt 2012/52

(51) Int Cl.:
F23R 3/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12171422.4**

(22) Anmeldetag: **11.06.2012**

(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

(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Zajadatz, Martin**
79790 Küssaberg (DE)
• **Sulta, Solaf**
67071 Ludwigshafen (DE)
• **Stay, Berthold**
5400 Baden (CH)

(30) Priorität: **20.06.2011 CH 10392011**

(54) **Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsvorrichtung sowie Verbrennungsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsvorrichtung, welche wenigstens einen mit einer Brennstoffstufung (s) ausgestatteten, mit einer Brennkammer in Verbindung stehenden Vormischbrenner aufweist, bei welchem Verfahren während transients Betriebszustände die Brennstoffstufung (s) des wenigstens einen Vormischbrenners nach Massgabe der in der Brennkammer auftretenden verbrennungsinduzierten Pulsationen verändert wird.

Eine vereinfachte und effektive Regelung wird dadurch erreicht, dass fortlaufend ein Pulsationsniveau (p)

der in der Brennkammer auftretenden Pulsationen bestimmt wird, dass die Brennstoffstufung (s) des wenigstens einen Vormischbrenners zur Absenkung des Pulsationsniveaus (p) geändert wird, wenn das Pulsationsniveau (p) einen vorgegebenen Maximalwert (p_{max}) überschreitet, und dass nach einer vorgegebenen Zeitspanne (Δt) die Brennstoffstufung (s) auf den für den jeweiligen Betriebspunkt massgebenden ungestörten Wert zurückgefahren wird, wenn in dieser Zeitspanne (Δt) der vorgegebenen Maximalwert (p_{max}) nicht überschritten wird.

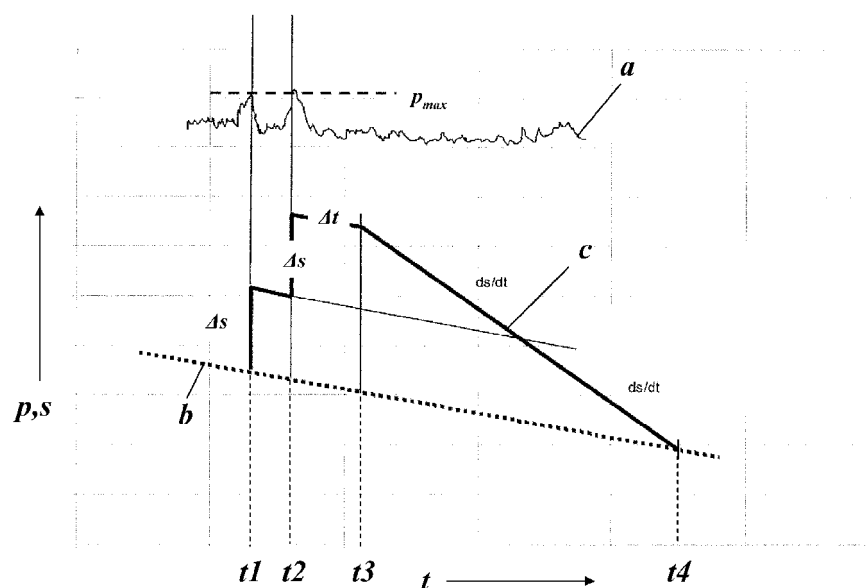


Fig.4

EP 2 538 139 A2

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verbrennungstechnik, insbesondere im Zusammenhang mit Gasturbinen. Sie betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsvorrichtung gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft weiterhin eine Verbrennungsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

STAND DER TECHNIK

[0002] Brennersysteme, die nach dem Konzept der mageren Vormischverbrennung betrieben werden, weisen niedrige Schadstoffemissionen aber auch einen deutlich eingeschränkten Stabilitätsbereich auf. Neben dem Flammenrückschlag ("flash back") in die Mischzone und dem Abheben bzw. Verlöschen der Vormischflamme führen thermoakustische Schwingungen zu deutlichen Einschränkungen im Betriebsverhalten.

[0003] Das Betriebsverhalten von Vormischbrennern kann durch eine gestufte Brennstoffzuführung verbessert werden (siehe z.B. die Druckschriften EP 0 797 051 A2 oder EP 1 205 653 B1 oder EP 1 292 795 B1 oder EP 1 344 002 B1 oder WO 2007/082608).

[0004] Die Brennstoffstufung über eine zentrale, im Brenner angebrachte Vorrichtung ist in Fig. 1 beispielhaft für einen Doppelkegel- oder EV-Brenner gemäss der Druckschrift EP 1 292 795 B1 dargestellt. Fig. 1 zeigt einen Vormischbrenner 10, der einen Doppelkegel 12 aufweist, in den eine zentrale Brennstoffzuführung 11 einmündet. Der zentral eingedüste Brennstoff stellt eine erste Brennstoffstufe 13 dar. Eine zweite Brennstoffstufe 14 ergibt sich dadurch, dass weiterer Brennstoff in die Luftzuführungsschlitze des Doppelkegels 12 eingedüst wird.

[0005] Durch die Einstellung des Brennstoffanteils über die zentrale Brennstoffeindüsung 11, 13 (Brennstoffstufe Nr.1) im Verhältnis zur Brennstoffeindüsung im Brennerluftschlitz 12, 14 (Brennstoffstufe Nr.2) kann der Betriebsbereich des Brenners 10 hinsichtlich Verlöschen bzw. Abheben der Vormischflamme sowie bezüglich des Flammenrückschlages erweitert werden. Die Brennstoffstufung bietet ausserdem die Möglichkeit, den Betriebsbereich des Brenners 10 hinsichtlich thermo-akustischer Schwingungen und Schadstoffemissionen zu optimieren.

[0006] In Fig. 2 ist ein weiterer Vormischbrenner 20 gemäss der Druckschrift EP 0 797 051 A2 mit einer weiteren Ausführung der Brennstoffstufung dargestellt. Bei der dargestellten Ausführung weist der Brenner 20 einen Doppelkegel 16 auf, an den sich zur Brennkammer 15 hin ein Mischrohr 17 anschliesst. Am Ende des Mischrohrs 17 ist eine externe Brennstoffzuführung 18 angeordnet. Der dort zugeführte Brennstoff bildet eine Brennstoffstufe 19 (Brennstoffstufe Nr.1). Der über die Bren-

nerluftschlitze des Doppelkegels 16 zugeführte Brennstoff bildet eine Brennstoffstufe 21 (Brennstoffstufe Nr. 2). Auch dieses dargestellte Brennersystem kann durch die Brennstoffstufung hinsichtlich der thermo-akustischen Schwingungen und Schadstoffemissionen optimiert werden. Im Gegensatz zu dem in Fig. 1 dargestellten Brennersystem mit einer zentralen Eindüsung weisen Vormischbrenner mit einer externen Brennstoffeindüsung einen deutlich erweiterten Betriebsbereich bezüglich Verlöschen bzw. Abheben der Vormischflamme auf.

[0007] Die Parameter für die Brennstoffstufung werden - wenn die Brenner Teil einer Gasturbine sind - während der Inbetriebnahme der Gasturbine durch Einstellfahrten bestimmt. Die Parameter zur Brennstoffstufung können dabei in Abhängigkeit von der Leistung der Gasturbine, den Umgebungsbedingungen, wie Umgebungstemperatur und Luftfeuchte und der Brennstoffzusammensetzung vorgegeben werden. Die Parameter müssen ausserdem mit einer ausreichenden Reserve vorgegeben werden, damit auch bei transienten Betriebszuständen, wie z.B. Be- oder Entlasten der Gasturbine oder Änderungen der Gaszusammensetzung, ein zuverlässiger Betrieb sichergestellt ist. Da diese transienten Betriebszustände bei Gasturbinen nur selten auftreten, kann der Vormischbrenner weitestgehend nicht bei minimalen Schadstoffemissionen betrieben werden.

[0008] Aus der Druckschrift EP 1 205 653 B1 ist nun ein Verfahren zum Betrieb eines Vormischbrenners mit gestufter Brennstoff-Eindüsung bekannt, der zumindest eine erste und eine stromab der ersten angeordnete zweite Stufe zum Einbringen von Brennstoff in einen Verbrennungsluftstrom aufweist, wobei Pulsationen einer durch den Brenner initiierten Verbrennung und/oder Emissionswerte der Verbrennung erfasst werden, und die Brennstoffzufuhr zur ersten und zweiten Stufe in Abhängigkeit von den erfassten Pulsationen und/oder Emissionswerten gesteuert wird. Bei stationärem Betrieb wird dabei die Brennstoffzufuhr derart gesteuert, dass der Betriebspunkt (dauerhaft) unterhalb des Maximums der Pulsationen liegt. Bei transientem Betrieb wird dagegen die Brennstoffzufuhr derart gesteuert, dass der Betriebspunkt (dauerhaft) oberhalb des Maximums der Pulsationen liegen kann. Dadurch kann die Zuverlässigkeit der Gasturbine während transienten Betriebs eingeschränkt sein.

[0009] Aus der Druckschrift WO 2007/082608 ist ein Verfahren zur Steuerung des Verhältnisses der Brennstoffströme in einer ersten und einer zweiten Brennstoff-Versorgungsleitung zu einer Verbrennungsvorrichtung bekannt, bei dem zunächst bestimmt wird, ob der Wert eines ersten Parameters, der den Betriebspunkt der Vorrichtung hin zu einem ersten unerwünschten Betriebsbereich verschiebt, einen vorbestimmten Grenzwert überschritten hat. Wenn dieser Grenzwert überschritten worden ist, wird das Verhältnis der Brennstoffströme so verändert, dass der Wert des ersten Parameters den Grenzwert unterschreitet. Wenn dieser Grenzwert nicht

überschritten worden ist, wird bestimmt, ob der Wert eines zweiten Parameters, der den Betriebspunkt der Vorrichtung hin zu einem zweiten unerwünschten Betriebsbereich verschiebt, einen vorbestimmten Grenzwert überschritten hat. Wenn dieser Grenzwert überschritten worden ist, wird das Verhältnis der Brennstoffströme so verändert, dass der Wert des zweiten Parameters den Grenzwert unterschreitet. Wenn dieser Grenzwert nicht überschritten worden ist, werden die vorgenannten Schritte wiederholt, um die Werte des ersten und zweiten Parameters unter dem jeweiligen Grenzwert zu halten. Diese Art der Steuerung ist vergleichsweise aufwändig und kompliziert.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Steuerung eines mit Brennstoffstufungen ausgestatteten Vormischbrenners anzugeben, welches bei unveränderter Wirksamkeit hinsichtlich der Vermeidung von Pulsationen deutlich vereinfacht ist.

[0011] Es ist weiterhin eine Aufgabe der Erfindung, eine Verbrennungsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben.

[0012] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale der Ansprüche 1 und 7 gelöst.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren geht aus von einer Verbrennungsvorrichtung, welche wenigstens einen mit einer Brennstoffstufung ausgestatteten, mit einer Brennkammer in Verbindung stehenden Vormischbrenner aufweist, wobei während transients Betriebszustände die Brennstoffstufung des wenigstens einen Vormischbrenners nach Massgabe der in der Brennkammer auftretenden verbrennungsinduzierten Pulsationen verändert wird. Es ist dadurch gekennzeichnet, dass fortlaufend ein Pulsationsniveau der in der Brennkammer auftretenden Pulsationen bestimmt wird, dass die Brennstoffstufung des wenigstens einen Vormischbrenners zur Absenkung des Pulsationsniveaus geändert wird, wenn das Pulsationsniveau einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet, und dass nach einer vorgegebenen Zeitspanne die Brennstoffstufung auf den für den jeweiligen Betriebspunkt massgebenden ungestörten Wert zurückgefahren wird, wenn in dieser Zeitspanne der vorgegebenen Maximalwert nicht überschritten wird.

[0014] Eine Ausgestaltung des Verfahrens nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Brennstoffstufung bei Überschreitung des Maximalwerts des Pulsationsniveaus um einen fest vorgegebenen Wert geändert wird. Diese Änderung erfolgt insbesondere sprunghaft, wodurch ein besonders einfacher Verfahrensablauf erreicht wird.

[0015] Eine andere Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffstufung bei Überschreitung des Maximalwerts des Pulsationsniveaus sukzessive um mehrere fest vorgegebene Werte geändert wird, bis entweder der vorgegebene Maximalwert des Pulsationsniveaus unterschritten oder ein Extremwert für die Brenn-

stoffstufung erreicht wird. Hierdurch kann die Brennstoffstufung flexibler und feiner an die Gegebenheiten angepasst werden.

[0016] Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffstufung mit einer konstanten Änderungsgeschwindigkeit auf den für den jeweiligen Betriebspunkt massgebenden ungestörten Wert zurückgefahren wird. Bei transienten Zuständen weicht dieser ungestörte Wert in der Regel von dem Ausgangswert der Brennstoffstufung ab, da sich die Vorrichtung in der abgelaufene Zeitspanne zu einem anderen Betriebspunkt hin bewegt hat.

[0017] Eine wieder andere Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die Brennstoffstufung des wenigstens einen Vormischbrenners wenigstens ein weiteres Mal zur Absenkung des Pulsationsniveaus geändert wird, wenn das Pulsationsniveau innerhalb der vorgegebenen Zeitspanne den vorgegebenen Maximalwert erneut überschreitet. Dies kann insbesondere dann erforderlich sein, wenn sich im transienten Betrieb der Betriebspunkt besonders schnell ändert.

[0018] Insbesondere wird beim erfindungsgemässen Verfahren der Gesamtbrennstoffstrom bei der Änderung der Brennstoffstufung konstant gehalten.

[0019] Die erfindungsgemässe Verbrennungsvorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens weist eine Brennkammer sowie wenigstens einen mit der Brennkammer in Verbindung stehenden, mit einer Brennstoffstufung ausgestatteten Vormischbrenner auf, wobei die Brennstoffstufung von einer Steuerung nach Massgabe der von in der Brennkammer angeordneten Messmitteln aufgenommenen, verbrennungsinduzierten Pulsationen verändert werden kann. Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung mit einem Zeitglied in Verbindung steht, durch welches eine Zeitspanne für die Steuerung fest vorgegeben wird. Das Zeitglied kann ein externes Zeitglied oder Teil der Steuerung sein.

[0020] Eine Ausgestaltung der erfindungsgemässen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Vormischbrenner im Rahmen der Brennstoffstufung über wenigstens zwei Verteilleitungen mit Brennstoff versorgt wird, dass die wenigstens zwei Verteilleitungen mit Einstellmitteln in Verbindung stehen, die von der Steuerung derartig betätigbar sind, dass ein gleich bleibender Gesamtbrennstoffstrom auf die wenigstens zwei Verteilleitungen auf unterschiedliche Weise aufteilbar ist.

[0021] Vorzugsweise umfassen die Messmittel wenigstens einen in der Brennkammer angeordneten Sensor zur Aufnahme von Druckschwankungen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0022] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

- Fig. 1 in stark vereinfachter Darstellung einen Doppelkegel- oder EV-Brenner, der als Vormischbrenner mit zwei internen Brennstoffstufen für die Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens geeignet ist;
- Fig. 2 in stark vereinfachter Darstellung einen weiteren Vormischbrenner mit zwei Brennstoffstufen, von denen die eine am Ausgang eines Mischrohrs angeordnet ist;
- Fig. 3 das Schema einer Verbrennungsvorrichtung gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und
- Fig. 4 ein Diagramm eines beispielhaften zeitlichen Ablaufs der verbrennungsinduzierten Pulsationen p (Kurve a) in einer Verbrennungsvorrichtung gemäss Fig. 3 und der darauf steuerungstechnisch geänderten Brennstoffstufung s (Kurven b bzw. c) gemäss einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Verfahrens.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0023] Mit dem hier vorgeschlagenen Verfahren wird durch eine dynamische Regelung der Betriebsbereich eines Brennersystems mit Brennstoffstufung optimiert. Die Regelung bezieht sich im Wesentlichen auf transiente Betriebszustände einer Verbrennungsvorrichtung. Das Verfahren kann zur Regelung aller Brenner eingesetzt werden, die eine brennerinterne Brennstoffstufung aufweisen. Die Verbrennungsvorrichtung ist vorzugsweise in eine Gasturbine implementiert, die üblicherweise in der Brennkammer einen bzw. eine Gruppe von Messwertaufnehmern zur Erfassung der flammenerzeugten Pulsationen enthält.

[0024] In Fig. 3 ist das Schema einer entsprechenden Verbrennungsvorrichtung 22 wiedergegeben. Die Verbrennungsvorrichtung 22 umfasst eine Brennkammer 23, in der durch Verbrennung eines Brennstoffs Heissgas erzeugt wird, welches zum Beispiel in einer Gasturbine eine (nicht dargestellte) entsprechende Turbine antreibt. An der Brennkammer 23 sind mehrere gleichartige Vormischbrenner B1,...,B4 angeordnet, die parallel betrieben werden und jeweils mit einer (in diesem Fall zweistufigen) Brennstoffstufung ausgestattet sind. Hierzu wird jeder der Vormischbrenner B1,...,B4 über zwei separate Verteilungen 25 und 26 an zwei unterschiedlichen Stellen mit Brennstoff versorgt, der über eine gemeinsame Brennstoffzuleitung 24 herangeführt wird. Der über die Brennstoffzuleitung 24 ankommende Gesamtbrennstoffstrom wird im dargestellten Beispiel mittels zweier Steuerventile 27 und 28 auf die beiden Verteilungen 25 und 26 in der gewünschten Weise aufgeteilt. Es versteht sich von selbst, dass auch andere Ventilanzordnungen denkbar sind, um die Aufteilung des Brennstoffs zu ermöglichen.

[0025] Die Steuerventile 27 und 28 werden von einer Steuerung 29 betätigt, die Eingangssignale von mehreren Sensoren S1,...,S4 erhält, die in (oder an) der Brennkammer 23 angeordnet sind und in der Brennkammer 23 auftretende, verbrennungsinduzierte (Druck-)Pulsationen aufnehmen. Der Steuerung 29 ist weiterhin ein Zeitglied 30 zugeordnet, das der Steuerung 29 eine feste (eventuell auch einstellbare) Zeitspanne Δt vorgibt, nach der die Steuerung 29 selbsttätig über die Steuerventile 27 und 28 eine Veränderung der Brennstoffstufung vornimmt. Im Beispiel der Fig. 3 wird die Brennstoffstufung aller Vormischbrenner B1,...,B4 gleichzeitig und gemeinsam verändert. Es ist aber auch denkbar, dass nur ausgewählte der Vormischbrenner B1,...,B4 mit einer Brennstoffstufung ausgestattet sind oder verändert werden. Ebenso ist es denkbar, dass Vormischbrenner mit einer 3- oder mehrstufigen Brennstoffstufung zum Einsatz kommen.

[0026] Ziel der Regelung ist es, für einen begrenzten Zeitraum Δt die brennerinterne Brennstoffstufung (s) so anzupassen, dass ein zuverlässiger Betrieb der Verbrennungsvorrichtung bzw. Gasturbine bei transientem Betrieb ermöglicht wird. Nach diesem Zeitraum Δt wird der Regler deaktiviert und die Verbrennungsvorrichtung bzw. Gasturbine kann wieder bei optimaler Brennstoffstufung betrieben werden.

[0027] Eine schematische Darstellung der für die Regelung relevanten Parameter ist in Fig. 4 für eine Laständerung der Gasturbine dargestellt. Die Brennstoffstufung im stationären Betrieb ist dabei durch die punktierte Kurve b wiedergegeben. Die Aktivierung des Reglers bzw. die Änderung der Brennstoffstufung s wird im Zeitpunkt t_1 durch Überschreiten eines (gestrichelt eingezeichneten) Grenzwertes $p_{\max}$ des Pulsationsniveaus p der flammenerzeugten Pulsationen (Kurve a) initiiert, der bei der Laständerung auftritt. Mit der Aktivierung des Reglers wird das Verhältnis der Brennstoffströme zu den einzelnen Brennstoffstufen s bei konstantem Gesamtbrennstoffstrom so verändert, dass der Vorgang durch die sprunghafte Änderung der Brennstoffstufung um den vorgegebenen Änderungsbetrag (Stufungsdifferenz) Δs mit ausreichender Betriebssicherheit durchgeführt werden kann (durchgezogene Kurve c).

[0028] Der Vorgang kann je nach Höhe des Pulsationsniveaus auch mehrfach wiederholt werden. Nach einem vorgegebenen Zeitraum Δt mit ausreichend niedrigem Pulsationsniveaus (z.B. zum Zeitpunkt t_3) wird das Brennstoffverhältnis wieder auf den für den neuen Betriebspunkt optimalen Wert für die Brennstoffstufungen mit einem Gradienten ds/dt (Änderungsgeschwindigkeit) eingestellt. Danach (ab dem Zeitpunkt t_4) wird die Regelung deaktiviert. Wird innerhalb des Zeitraums Δt der Grenzwert $p_{\max}$ des Pulsationsniveaus p der flammenerzeugten Pulsationen erneut überschritten (Zeitpunkt t_2 in Fig. 4), wird die Brennstoffstufung s erneut um Δs verändert. Der Zeitraum bzw. die Zeitspanne Δt beginnt dann erneut zu laufen.

[0029] Je nach Randbedingung oder Art des transien-

ten Vorgangs können sich unterschiedliche Brennstoffstufungen für die Betriebssicherheit der Gasturbine ergeben. In einem solchen Fall kann die Anpassung der Brennstoffstufung in mehreren Intervallen $\Delta t'$ wiederholt werden, bis die flammenerzeugten Pulsationen den Grenzwert unterschreiten oder ein maximaler Wert für die Brennstoffstufung $s_{\max}$ erreicht wird. Steigen die Pulsationen selbst bei maximalem Wert der Brennstoffstufung weiter, kann z.B. die Gasturbine durch ein Schutzentlasten abgeschaltet werden.

[0030] Insgesamt wird mit der Erfindung insbesondere eine Regelung einer Gasturbine mit wenigstens einem Vormischbrenner mit zwei oder mehr Brennstoffstufungen, die im stationären Betrieb zur Reduktion von Schadstoffemissionen optimiert ist, ermöglicht, indem während transients Betriebszustände wenigstens eine der Brennstoffstufungen in Abhängigkeit von verbrennungsinduzierten Pulsationen angepasst wird.

[0031] Die Regelung kann sich dabei auf gasförmige und/oder flüssige Brennstoffe beziehen.

[0032] Die Regelung ist insbesondere für transiente Vorgänge, wie Frequenzstützung, Änderung der Gaszusammensetzung oder des Gasvordrucks sowie Laständerungen mit niedrigen Schadstoffemissionen anwendbar.

[0033] Die Anpassung der Brennstoffstufung kann dabei in mehreren, gleichen oder unterschiedlichen Schritten erfolgen.

[0034] Es ist aber auch denkbar, die Regelung zur Anpassung der stationären Betriebskurve der Brennstoffstufung heranzuziehen, falls der Dauerbetrieb auf der optimalen Brennstoffstufung aufgrund erhöhter verbrennungsinduzierter Pulsationen nicht möglich ist.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0035]

10,20	Vormischbrenner
11	zentrale Brennstoffzuführung
12,16	Doppelkegel
13,14	Brennstoffstufe
15,23	Brennkammer
17	Mischrohr
18	externe Brennstoffzuführung
19,21	Brennstoffstufe
22	Verbrennungsvorrichtung
24	Brennstoffzuleitung
25,26	Verteilleitung
27,28	Steuerventil
29	Steuerung
30	Zeitglied
B1,...,B4	Vormischbrenner
p	Pulsationsniveau
S1,...,S4	Sensor
s	Brennstoffstufung
Δs	Stufungsdifferenz (Änderungsbetrag)
Δt	Zeitspanne

ds/dt	Änderungsgeschwindigkeit der Brennstoffstufung
t1,...,t4	Zeitpunkt

Patentansprüche

- Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsvorrichtung (22), welche wenigstens einen mit einer Brennstoffstufung (s) ausgestatteten, mit einer Brennkammer (23) in Verbindung stehenden Vormischbrenner (B1,...,B4) aufweist, bei welchem Verfahren während transients Betriebszustände die Brennstoffstufung (s) des wenigstens einen Vormischbrenners (B1,...,B4) nach Massgabe der in der Brennkammer (23) auftretenden verbrennungsinduzierten Pulsationen verändert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** fortlaufend ein Pulsationsniveau (p) der in der Brennkammer (23) auftretenden Pulsationen bestimmt wird, dass die Brennstoffstufung (s) des wenigstens einen Vormischbrenners (B1,...,B4) zur Absenkung des Pulsationsniveaus (p) geändert wird, wenn das Pulsationsniveau (p) einen vorgegebenen Maximalwert ($p_{\max}$) überschreitet, und dass nach einer vorgegebenen Zeitspanne (Δt) die Brennstoffstufung (s) auf den für den jeweiligen Betriebspunkt massgebenden ungestörten Wert zurückgefahren wird, wenn in dieser Zeitspanne (Δt) der vorgegebene Maximalwert ($p_{\max}$) nicht überschritten wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffstufung (s) bei Überschreitung des Maximalwerts ($p_{\max}$) des Pulsationsniveaus (p) um einen fest vorgegebenen Wert (Δp) geändert wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffstufung (s) bei Überschreitung des Maximalwerts ($p_{\max}$) des Pulsationsniveaus (p) sukzessive um mehrere fest vorgegebene Werte geändert wird, bis entweder der vorgegebene Maximalwert ($p_{\max}$) des Pulsationsniveaus (p) unterschritten oder ein Extremwert für die Brennstoffstufung (s) erreicht wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffstufung (s) mit einer konstanten Änderungsgeschwindigkeit (ds/dt) auf den für den jeweiligen Betriebspunkt massgebenden ungestörten Wert zurückgefahren wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffstufung (s) des wenigstens einen Vormischbrenners (B1,...,B4) wenigstens ein weiteres Mal zur Absenkung des Pulsationsniveaus (p) geändert wird, wenn das Pulsationsniveau (p) innerhalb der vorgegebenen Zeitspanne (Δt) den vorgegebenen Maximalwert ($p_{\max}$)

erneut überschreitet.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gesamtbrennstoffstrom bei der Änderung der Brennstoffstufung (s) konstant gehalten wird. 5

7. Verbrennungsvorrichtung (22) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-6, welche Verbrennungsvorrichtung (22) eine Brennkammer (23) sowie wenigstens einen mit der Brennkammer (23) in Verbindung stehenden, mit einer Brennstoffstufung (s) ausgestatteten Vormischbrenner (B1,...,B4) aufweist, wobei die Brennstoffstufung (s) von einer Steuerung (29) nach Massgabe der von in der Brennkammer (23) angeordneten Messmitteln (S1,...,S4) aufgenommenen, verbrennungsinduzierten Pulsationen verändert werden kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung (29) mit einem Zeitglied (30) in Verbindung steht, durch welches eine Zeitspanne (Δt) für die Steuerung fest vorgegeben wird. 10
15
20

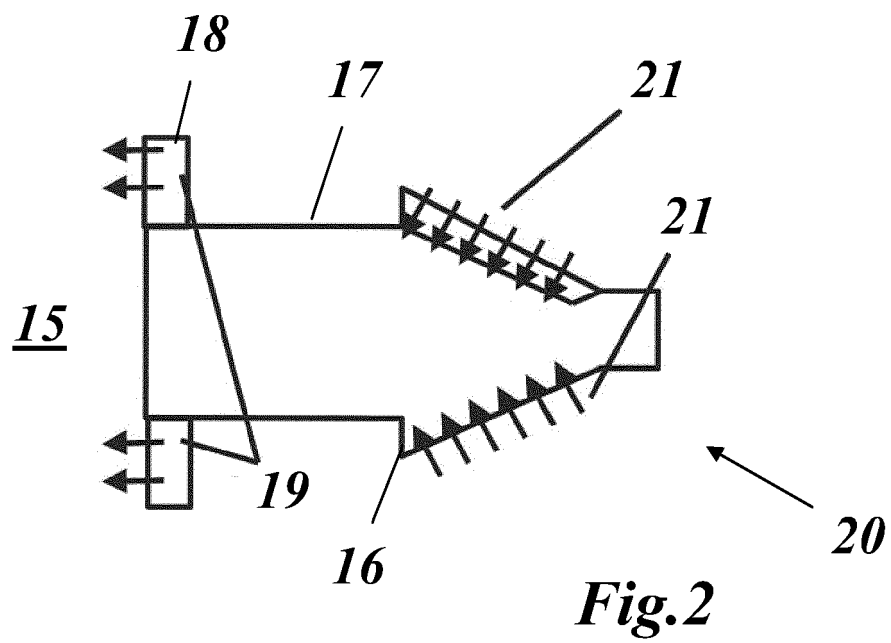
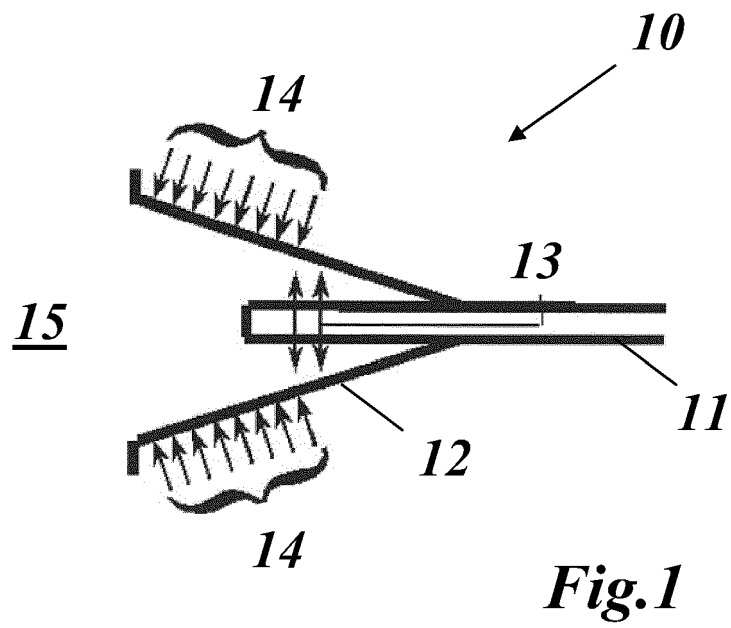
8. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Vormischbrenner (B1,...,B4) im Rahmen der Brennstoffstufung über wenigstens zwei Verteilleitungen (25, 26) mit Brennstoff versorgt wird, dass die wenigstens zwei Verteilleitungen (25, 26) mit Einstellmitteln (27, 28) in Verbindung stehen, die von der Steuerung (29) derartig betätigbar sind, dass ein gleich bleibender Gesamtbrennstoffstrom auf die wenigstens zwei Verteilleitungen (25, 26) auf unterschiedliche Weise aufteilbar ist. 25
30
35

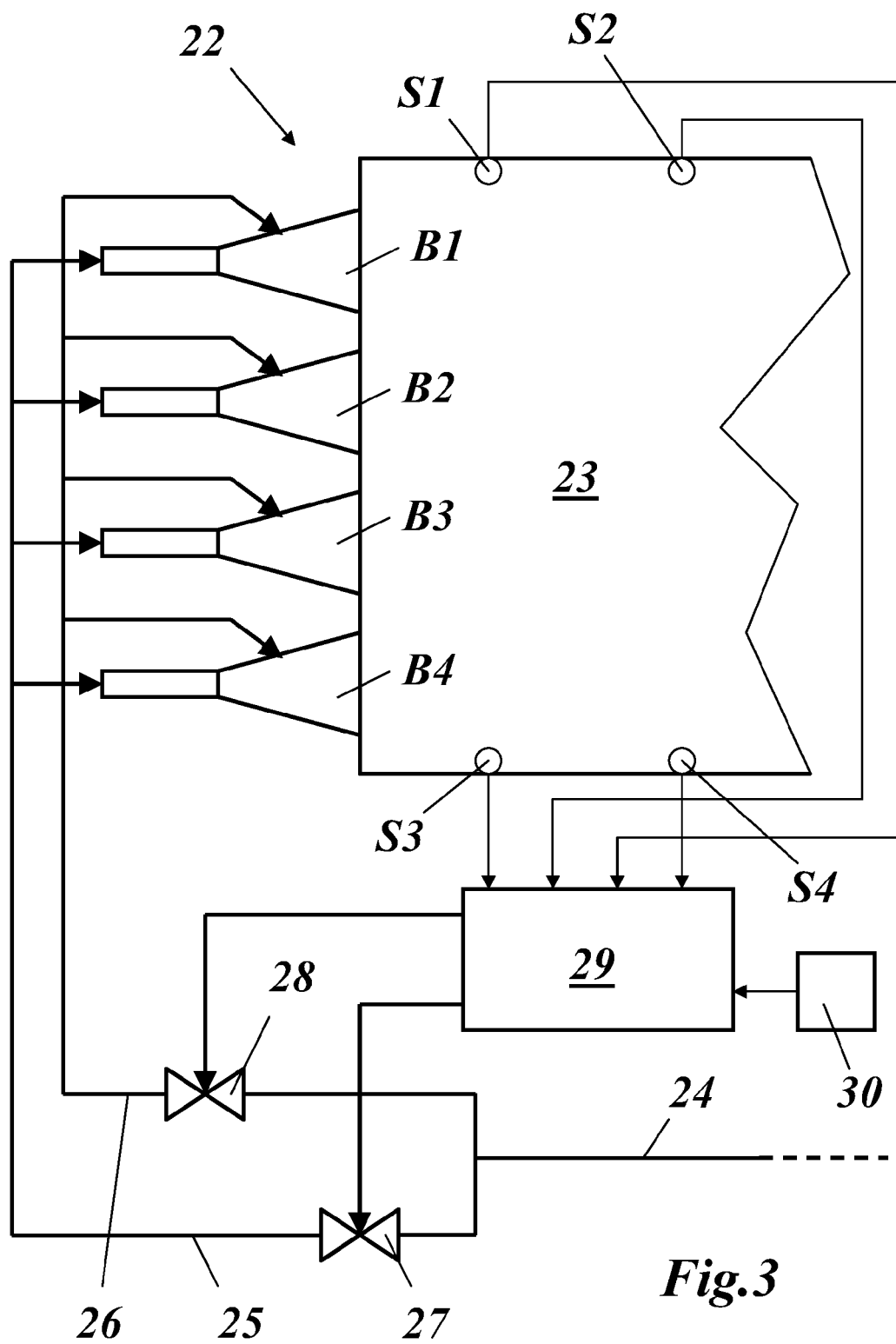
9. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messmittel wenigstens einen in der Brennkammer (23) angeordneten Sensor (S1,...,S4) zur Aufnahme von Druckschwankungen umfassen. 40

45

50

55





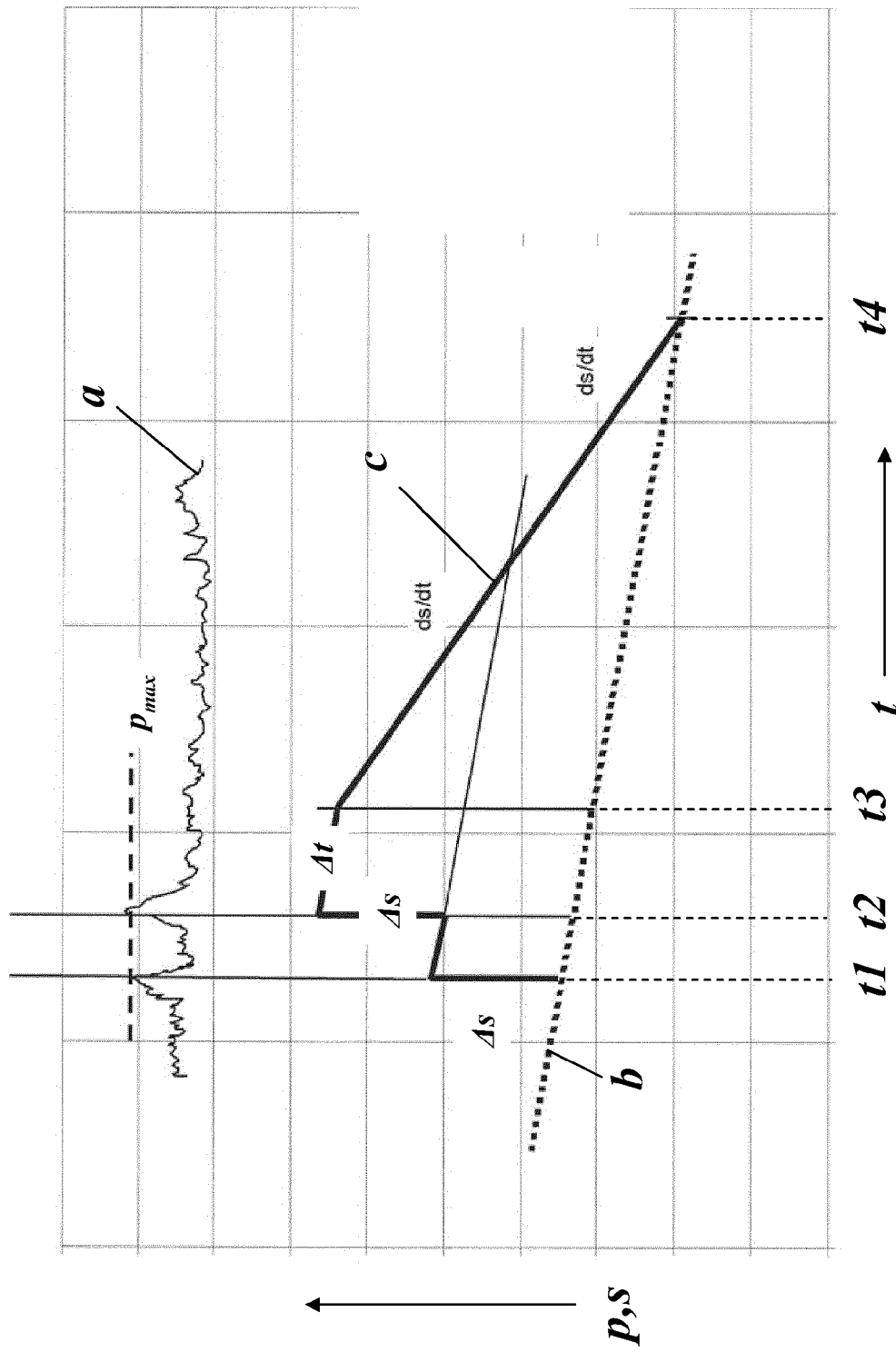


Fig.4

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

- EP 0797051 A2 [0003] [0006]
- EP 1205653 B1 [0003] [0008]
- EP 1292795 B1 [0003] [0004]
- EP 1344002 B1 [0003]
- WO 2007082608 A [0003] [0009]