



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 25 455 A1** 2004.12.30

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 25 455.2**
 (22) Anmeldetag: **05.06.2003**
 (43) Offenlegungstag: **30.12.2004**

(51) Int Cl.7: **F23R 3/46**
F23R 3/34, F02C 9/28, F02C 3/30

(71) Anmelder:
ALSTOM Technology Ltd, Baden, CH

(74) Vertreter:
Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241 München

(72) Erfinder:
Flohr, Peter, Dr., Birmenstorf, CH; Ni, Alexander, Prof. Dr., Baden, CH; Paschereit, Christian Oliver, Dr., Baden, CH; Patel, Rajeshriben, Ennetbaden, CH; Toquan, Majed, Dr., Zürich, CH

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

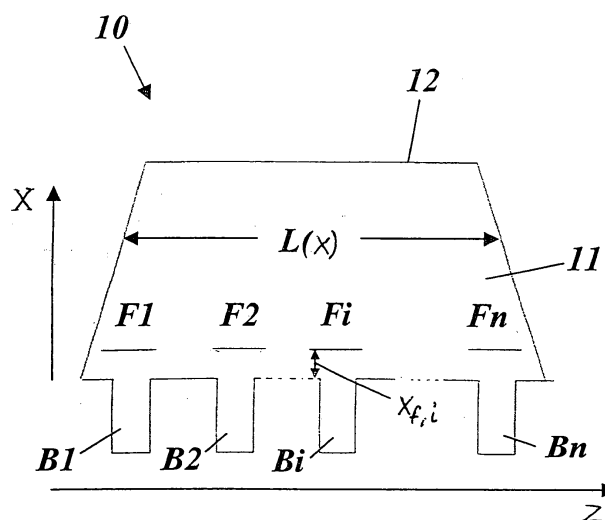
DE 197 26 975 A1
DE 195 45 311 A1
EP 12 55 074 A1
EP 12 15 382 A1
EP 09 76 982 A2
EP 08 70 990 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb einer ringförmigen Brenneranordnung in einer Zwischenerhitzungsstufe einer mehrstufigen Verbrennungseinrichtung einer Gasturbine**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Betrieb einer ringförmigen Brenneranordnung (10) in der Zwischenerhitzungsstufe einer mehrstufigen Verbrennungseinrichtung einer Gasturbine, welche Brenneranordnung eine Mehrzahl von in einem Ring angeordneten gleichartigen Brennern ($B_1, \dots, B_i, \dots, B_n$) umfasst, wird verbesserter Betrieb dadurch erreicht, dass zur Unterdrückung von bei der Verbrennung auftretenden hochfrequenten Instabilitäten in einem vorgegebenen instabilen Betriebsbereich der Brenneranordnung (10) wenigstens ein ausgewählter Teil der Brenner ($B_1, \dots, B_i, \dots, B_n$) für sich genommen in einem stabilen Betriebsbereich betrieben wird.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Brenneranordnungen für Gasturbinen. Sie betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer ringförmigen Brenneranordnung gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

STAND DER TECHNIK

[0002] In einer Gasturbine mit einem Zwischenüberhitzungssystem wird eine zweite Verbrennungszone dadurch erzeugt, dass Brennstoff in eine Hochgeschwindigkeitsströmung verunreinigter Luft eingespritzt wird, die aus einer ersten Turbinenstufe austritt. Derartige Hochgeschwindigkeitsströme, die in einen abgasseitigen Verbrennungsraum eintreten, sind oft anfällig für hochfrequente Instabilitäten, die Pulsationen hoher Amplitude erzeugen können. Die Unterdrückung solcher Druckpulsationen ist entscheidend für die Aufrechterhaltung der Qualität des Verbrennungsprozesses, und für das Vermeiden einer Verschlechterung der Brennerstruktur. Es ist auch herausgefunden worden, dass die Anregung derartiger Hochfrequenz-Instabilitäten empfindlich ist gegenüber geringfügigen Änderungen des Arbeitspunktes (wie z.B. Änderungen im Massenstrom oder der Temperatur), so dass die Verbrennungsart während des Betriebs der Maschine schnell von stabil zu instabil wechseln kann.

[0003] In einer älteren, noch nicht veröffentlichten Anmeldung der Anmelderin ist ein Verfahren vorgeschlagen worden, mit dem durchbrochene Wände in Zwischenüberhitzungs-Brenneranordnungen so ausgelegt werden können, dass sowohl die Kühlwirkung als auch die akustische Dämpfung maximiert sind. Als Folge davon werden die hohen Frequenzen für einen weiten Bereich von Betriebsparametern im instabilen Bereich heruntergedämpft.

Stand der Technik

[0004] In der DE-A1-199 39 235 wird ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungseinrichtung einer Gasturbine beschrieben, bei der eine Mehrzahl von in eine gemeinsame Brennkammer arbeitenden Brennern gleicher thermischer Leistung zur Unterdrückung von thermo-akustischen Verbrennungsinstabilitäten derart unterschiedlich ausgebildet sind, dass die von ihnen erzeugten Flammen bzw. Flammenfronten entlang der gemeinsamen Achse verteilt positioniert sind. Nachteilig ist dabei die unterschiedliche Ausbildung der Brenner, die zu erhöhten Erstellungs- und Wartungskosten führt.

[0005] Die vorliegende Erfindung zeigt demgegenüber einen anderen Weg zur Unterdrückung von

Hochfrequenzschwingungen in der Verbrennungszone von Zwischenüberhitzungssystemen auf. Sie geht dabei von einer ringförmigen Brenneranordnung mit einer Mehrzahl von in einem Ring angeordneten gleichartigen Brennern aus, die jedoch unter unterschiedlichen Bedingungen betrieben werden können.

Aufgabenstellung

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0006] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betrieb einer Brenneranordnung in der Zwischenüberhitzungsstufe einer mehrstufigen Verbrennungseinrichtung einer Gasturbine anzugeben, mit dem eine wirksame Unterdrückung von Instabilitäten möglich ist, auch wenn die Brenneranordnung in einem an sich instabilen Betriebsbereich betrieben wird.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, dass durch eine geänderte Betriebsweise zumindest ein Teil der einzelnen Brenner in einem stabilen Betriebsbereich betrieben wird. Hierdurch wird das Gesamtsystem derart verstimmt, dass hochfrequente Instabilitäten nicht mehr auftreten können.

[0008] Eine erste bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass in den ausgewählten Brennern die Wärmefreisetzung gegenüber den anderen Brennern geändert ist, dass die geänderte Wärmefreisetzung in den ausgewählten Brennern durch eine Veränderung der Brennstoffzufuhr erreicht wird, und dass zur Veränderung der Brennstoffzufuhr ein steuerbares Ventil oder eine Verengung in der Brennstoffzufuhr verwendet wird.

[0009] Eine zweite bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass in den ausgewählten Brennern die Einlasstemperatur gegenüber den anderen Brennern geändert ist, und dass die geänderte Einlasstemperatur in den ausgewählten Brennern durch eine gezielte Veränderung der Brennstoffzufuhr in der Brenneranordnung der ersten Stufe der Verbrennungseinrichtung erreicht wird.

[0010] Alternativ dazu kann die Brenneranordnung in einem Betriebsbereich mit Zusatz von Wasser betrieben werden, und die geänderte Einlasstemperatur in den ausgewählten Brennern durch eine gezielte Veränderung der Wasserzufuhr erreicht werden.

[0011] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die im instabilen Bereich arbeitenden Brenner über die ringförmige Brenneranordnung in geeigneter Weise verteilt betrieben werden.

[0012] Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Ausführungsbeispiel

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0013] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

[0014] Fig. 1 eine für die Realisierung der Erfindung beispielhafte (schematisierte) ringförmige Brenneranordnung mit n Brennern in einem reduzierten Koordinatensystem (x-Umfangskoordinate; z-axiale Koordinate);

[0015] Fig. 2 die Wachstumsrate der Pulsationen eines einzelnen Brenners in Abhängigkeit von der Strouhalzahl;

[0016] Fig. 3 die Abhängigkeit der Wachstumsrate bei der Strouhalzahl 2 von der Entfernung X_f der Flammenfront vom Auslass des zugehörigen Brenners; und

[0017] Fig. 4 eine Tabelle der Wachstumsrate einer Brenneranordnung mit 24 identischen Brennern, die auf unterschiedliche Weise in einem stabilen und instabilen Modus betrieben werden.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0018] Die Anregung von Verbrennungs-Instabilitäten kann verschiedene Ursachen haben, wie z.B. einen Rückkopplungsmechanismus zwischen Scherschicht-Instabilitäten und Schwankungen in der Wärmefreisetzung, oder einen Rückkopplungsmechanismus zwischen der lokalen Wärmefreisetzung und Schwankungen im Äquivalenzverhältnis, bedingt durch eine schwankende Luftsäule innerhalb des Brennelements. Typischerweise lassen sich die meisten dieser Effekte durch eine charakteristische Zeitverzögerung beschreiben, die im wesentlichen auf einer konvektiven Zeitskala zwischen dem Ort der Brennstoffeindüsung (oder auch: dem Ursprung der Scherschicht-Instabilität) und der örtlichen Lage der Flammenfront basiert. Als Folge davon sind diese Mechanismen sensibel gegenüber dem mittleren Flammenort.

[0019] Die in einem System mit sequentieller Verbrennung und Hochgeschwindigkeitsströmungen beobachteten Frequenzen liegen typischerweise im Bereich 1-10 kHz.

[0020] Die Frequenz f kann dabei auch dimensionslos als Strouhalzahl

$$Str = \frac{f \cdot L}{U}$$

dargestellt werden, wobei L eine charakteristische Brennerlänge und U eine charakteristische Brennergeschwindigkeit sind. In diesem Bereich verursachen selbst kleine Variationen im Flammenort deutliche Wirkungen auf den Mechanismus der Schallerzeugung, d.h., Änderungen von stabilen zu instabilen Zuständen.

[0021] Die akustische Wechselwirkung in einer ringförmigen Brenneranordnung für die Zwischenüberhitzung mit einer beliebigen Anzahl von Brennern kann wie folgt mit einem Modell beschrieben werden:

Das Modell geht davon aus, dass es insbesondere zwei Parameter bzw. Verfahren gibt, um mit nur geringen konstruktiven Änderungen an den Brennern Inhomogenitäten in die Zwischenüberhitzungs-Brenneranordnung einzuführen, mit deren Hilfe man das Auftreten von hochfrequenten Schwingungen vermeiden kann, nämlich

- die Einlasstemperatur an der Zwischenüberhitzungs-Brenneranordnung mittels eines abgestuften Betriebs von Brennergruppen in der ersten Verbrennungsstufe; und
- die Wärmefreisetzung in der Zwischenüberhitzungs-Brenneranordnung mittels individueller Regelventile oder -düsen in den Brennstoff-Versorgungsleitungen der Zwischenüberhitzungsbrenner.

[0022] Der Einfluss der Inhomogenitäten, die durch die beiden o.g. Verfahren (Einlasstemperatur, Wärmefreisetzung) eingeführt werden, auf die Stabilität der Brenneranordnung ist mit numerischen Methoden untersucht worden.

[0023] Der herkömmliche lineare Stabilitätsansatz bildet die Basis der Untersuchung. Gemäss diesem Ansatz werden die Strömungsgleichungen linearisiert und die Entwicklung von Strömungsstörungen wird geprüft. Die Strömungsstörungen (Druck, Geschwindigkeit etc.) werden mit einer exponentiellen zeitlichen Abhängigkeit angenommen

$$f(\vec{r}, t) = F(\vec{r}) \exp(i\omega t), \quad (1)$$

wobei die Störungsamplitude F ausschliesslich eine Funktion der räumlichen Koordinaten ist. Mathematisch reduziert sich das Problem der Stabilität auf ein Problem der Eigenfunktionen. Die Lösung des Problems ergibt die Eigenfunktionen $F(\vec{r})$ und Eigenfrequenzen ω von möglichen Pulsationsmoden der Brenneranordnung. Die Eigenfrequenzen sind im allgemeinen komplex. Unter Berücksichtigung der exponentiellen Abhängigkeit der Strömungsstörungen von der Zeit gemäss Gleichung (1) können die folgenden Stabilitätskriterien formuliert werden:

- Wenn $\text{Im}\omega > 0$ ist, verschwinden die Pulsationen

mit der Zeit und der zugehörige Pulsationsmode ist stabil.

– Wenn $\text{Im}\omega < 0$ ist, wachsen die Störungen exponentiell mit der Zeit und der zugehörige Pulsationsmode ist instabil.

– Der dazwischenliegende Fall $\text{Im}\omega = 0$ entspricht dem neutralen Mode. Der Imaginärteil $\text{Im}\omega$ der Frequenz charakterisiert die Wachstumsrate der Störungen und gibt ein Mass für die Instabilität der Brenneranordnung.

[0024] Für die Stabilitätsanalyse werden die folgenden vereinfachenden Näherungen verwendet: Die ringförmige Brenneranordnung wird als unendlich dünn angenommen (siehe dazu: S.R. Stow, A. Dowling, Thermoacoustic oscillations in an annular combustor, ASME Turbo Expo 2001, Paper 2001-GT-0038, (2001)).

[0025] Innerhalb dieser Näherung wird die radiale Abhängigkeit der Störungen vernachlässigt. Dies trifft zu, wenn die Wellenlänge viel grösser ist als die radiale Dicke der ringförmigen Brenneranordnung. Diese Näherung reduziert die Anzahl der unabhängigen räumlichen Variablen von 3 auf 2, nämlich auf eine Umfangskoordinate und eine axiale Koordinate. In **Fig. 1** ist eine schematische dargestellte Abwicklung einer ringförmigen Brenneranordnung **10** mit n Brennern $B_1, \dots, B_i, \dots, B_n$ wiedergegeben, die in eine gemeinsame Brennkammer **11** mit einem Brennkammerauslass **12** arbeiten. Die Koordinate z bezeichnet dabei die Umfangsrichtung, und x die axiale Erstreckung, in Durchströmungsrichtung. Für einen vorgegebenen Wert der axialen Koordinate x ist das Strömungsmuster periodisch mit der Periode $L(x)$, die durch die Gestalt der Brenneranordnung **10** festgelegt wird. Die Flammen $F_1, \dots, F_i, \dots, F_n$, die von den Brennern $B_1, \dots, B_i, \dots, B_n$ ausgehen, sind in **Fig. 1** ebenfalls eingezeichnet. Der Abstand zwischen dem Auslass des i -ten Brenners B_i und der zugehörigen Flamme F_i ist als $x_{f,i}$ bezeichnet.

[0026] Das Brenner-Modell, das in einem früheren Artikel (A. Ni, W. Polifke and F. Joos, Ignition delay time as a contribution to thermo-acoustic instability in sequential combustion, ASME Turbo Expo 2000, Paper 2000-GT-0103 (2000)) vorgeschlagen worden ist, bestimmt das akustische Verhalten des einzelnen Brenners in der Stabilitätsanalyse. Die Eingangsgrößen des Modells sind: Geometrie des Brenners, Druckabfall in der Brennstoffversorgungsleitung, Brennstoffmassenstrom, mittlere hydrodynamische und thermodynamische Parameter (Geschwindigkeit, Druck, Dichte, Temperatur) der Strömung im Brenner, Ort der Flammenfront und Brennstoffmischlänge. Der angewandte Mechanismus der Pulsationsanregung ist der von Rayleigh angegebene (J.W.S. Rayleigh, The theory of sound, 1945, New York Dover Publications). Akustische Wellen, die sich im Brenner ausbreiten, werden am Einlass des Bren-

ners, an seinem Auslass und an der Flamme reflektiert. Druckschwankungen ergeben Schwankungen im Äquivalenzverhältnis und folglich in der Wärme-freisetzung, die dann Druckschwankungen anregen. Der oben beschriebene Mechanismus stellt einen geschlossenen Regelkreis mit Rückkopplung dar, der dann instabil wird, wenn das Rayleighkriterium erfüllt ist (siehe dazu z.B. die DE-A1-199 39 235). Ziel der Untersuchung war eine Prüfung der Empfindlichkeit der Regelschleife gegenüber den verschiedenen o.g. Regelparametern. In dem o.g. Artikel von A. Ni et al. ist der Fall eines einzelnen Brenners betrachtet worden. Im vorliegenden Fall werden die kollektiven Effekte aufgrund der akustischen Wechselwirkung zwischen den Brennern über die in der ringförmigen Brenneranordnung sich ausbreitenden akustischen Wellen mitberücksichtigt.

[0027] Nachfolgend werden die Ergebnisse der Berechnungen betrachtet, die durchgeführt worden sind, um den Einfluss der Ungleichmässigkeit aufgrund unterschiedlicher Brennercharakteristiken auf die Wachstumsgeschwindigkeit der Pulsationen aufzuklären. Die Berechnungen sind für eine reale Geometrie der Brenneranordnung durchgeführt worden. In **Fig. 2** ist das Verhalten der Pulsations-Wachstumsrate

$$\text{G.R.} \frac{\text{Im}\omega}{2\pi}$$

eines einzelnen Brenners in Abhängigkeit von der zugehörigen dimensionslosen Frequenz, Strouhalzahl Str , wiedergegeben. In dieser Berechnung ist die Position der Flammenfront $X_f/L = 0,53$. Man sieht im Ergebnis eine ausgeprägte (negative) Spitze bei einer Frequenz von ungefähr $\text{Str} = 2$, die auch in Experimenten festgestellt worden ist. In **Fig. 3** ist die Abhängigkeit der Wachstumsrate G.R. bei dieser Strouhalzahl von der Position der Flammenfront (X_f/L) dargestellt. Man erkennt eine starke Abhängigkeit der Wachstumsrate von X_f/L . Eine Verschiebung der Flammenfront von weniger als $X_f/L = 0,53$ bringt den ($\text{Str} = 2$)-Mode vom instabilen in den stabilen Zustand und wieder zurück. Übertragen auf die dimensionsbehafteten Grössen heisst das, dass einer Verschiebung der Flammenfront um einige wenige Zentimeter vom instabilen in den stabilen Zustand führt und zurück. Dieses Ergebnis stimmt mit Experimenten überein, die in einer Testanordnung mit einem einzelnen Brenner durchgeführt worden sind.

[0028] Die Berechnungen für einen einzelnen Brenner sind konsistent mit denen für eine ringförmige Brenneranordnung mit $n = 24$ identischen Brennern. Nach den Berechnungen für die ringförmige Brenneranordnung ist das System instabil, wenn die Flammenfronten aller 24 Brenner die Koordinate $X_f/L = 0,67$ haben. Die Wachstumsrate der Instabilität ist in der Tabelle der **Fig. 4** wiedergegeben. Wenn die Flammenfronten aller 24 Brenner die Koordinate X_f/L

= 0,4 haben, ist das System stabil.

[0029] Die Resultate der Berechnungen für die gemischten Fälle, in denen einige Brenner stabil und einige Brenner instabil sind, sind in der Tabelle der Fig. 4 zusammengestellt. Die Brenner sind in der azimuthalen Richtung aufeinanderfolgend nummeriert. In der ersten Spalte der Tabelle sind die aufeinanderfolgenden Ordnungsnummern der instabil betriebenen Brenner mit der dimensionslosen Flammenfrontposition $X_f/L = 0,67$ aufgeführt. Alle übrigen Brenner sind stabil betrieben und haben die Koordinate $X_f/L = 0,4$. Bei den Berechnungen ist ausserdem der Einfluss der Brenner untersucht worden, die bis zur Stabilität gedrosselt worden sind. Die Drosselung ist dabei durch eine Reduktion der Brennstoffzufuhr zum jeweiligen Brenner nachgebildet worden. Die dritte Spalte der Tabelle enthält die Nummern der Brenner, die um 50% gedrosselt worden sind. In der vierten Spalte ist die berechnete Wachstumsrate für die jeweilige Brennerkonfiguration angegeben. Die Daten in der 10. Reihe der Tabelle bedeuten beispielsweise, dass die drei Brenner 1, 2 und 3 die dimensionslose Flammenfrontposition $X_f/L = 0,67$ haben und die Brenner 1 und 2 gedrosselt sind.

[0030] Die Berechnungen können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Die Stabilität hängt von der Anzahl der instabilen Brenner ab. Je mehr instabile Brenner vorhanden sind, desto grösser ist die Wachstumsrate.
2. Die Stabilität hängt von der wechselseitigen Positionierung der instabilen Brenner ab. Vergleicht man die Daten in den Reihen 5 und 7, kann man zu dem Schluss kommen, dass in beiden Fällen 4 instabile Brenner vorhanden sind; jedoch ist der zweite Fall stabiler (die Wachstumsrate ist kleiner). In den Reihen 3 und 4 gibt es drei instabile Brenner; sie sind jedoch beide stabiler als der Fall in Reihe 7.
3. Die Stabilität wird auch stark durch die Anzahl und Position der gedrosselten Brenner bestimmt.

[0031] Aus der Analyse können die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Kleine Änderungen im Ort der Flammenfront bei jedem der einzelnen Brenner schieben das System in einen stabilen Betriebsbereich hinein bzw. aus dem Bereich heraus.
- Die steuernden Parameter des Systems sind bei vorgegebener Geometrie und akustischen Randbedingungen
 - Einlasstemperatur,
 - Wärmefreisetzung in der Brenneranordnung,
 - Druckabfall in der Brennstoffdüse, und
 - Mischungs- und Zündzeit.
- In einem ringförmigen System mit einer Mehrzahl von Brennern hat die jeweilige Kombination von instabilen und stabilen Brennern einen entscheidenden Einfluss auf die resultierende

Wachstumsrate der Instabilität.

– Die Stabilität des Gesamtsystems hängt von der Anzahl der instabilen Brenner ab. Je mehr Brenner instabil sind, umso grösser ist die Wachstumsrate.

– Die Stabilität der Brenneranordnung hängt von der relativen Position der instabilen Brenner innerhalb des Systems ab. Eine zusammenhängende Gruppe von instabilen Brennern macht das gesamte System instabil. Statistisch verteilte instabile Brenner führen nicht notwendigerweise zu einem instabilen Verbrennungssystem.

[0032] Aus der Analyse kann nun ein Betriebskonzept gemäss der Erfindung entwickelt werden, in welchem die Einführung von kleinen, aber kontrollierten Inhomogenitäten in die Zwischenerhitzungs-Brenneranordnung benutzt werden kann, um wirkungsvoll das Auftreten von hochfrequenten Schwingungen zu vermeiden. Diese Inhomogenitäten können entweder in die Zwischenerhitzungs-Brenneranordnung selbst eingeführt werden, oder sie können stromaufwärts in der Brenneranordnung der ersten Stufe eingeführt werden, derart, dass ein azimuthal inhomogenes Temperaturfeld in die Zwischenerhitzungs-Brenneranordnung hineinreicht.

[0033] Zur Unterdrückung von bei der Verbrennung auftretenden hochfrequenten Instabilitäten wird dabei in einem vorgegebenen instabilen Betriebsbereich der Brenneranordnung **10** wenigstens ein ausgewählter Teil der Brenner $B_1, \dots, B_i, \dots, B_n$ für sich genommen in einem stabilen Betriebsbereich betrieben.

[0034] Dies kann einerseits dadurch geschehen, dass in den ausgewählten Brennern die Wärmefreisetzung gegenüber den anderen Brennern geändert ist, wobei insbesondere die geänderte Wärmefreisetzung in den ausgewählten Brennern durch eine Veränderung der Brennstoffzufuhr erreicht wird. Zur Veränderung der Brennstoffzufuhr wird dabei vorzugsweise ein steuerbares Ventil oder eine Verengung in der Brennstoffzufuhr verwendet.

[0035] Alternativ kann in den ausgewählten Brennern die Einlasstemperatur gegenüber den anderen Brennern geändert sein, wobei insbesondere die geänderte Einlasstemperatur in den ausgewählten Brennern durch eine gezielte Veränderung der Brennstoffzufuhr in der Brenneranordnung der ersten Stufe der Verbrennungseinrichtung erreicht wird.

[0036] Wenn die Brenneranordnung in einem Betriebsbereich mit Zusatz von Wasser betrieben wird, kann aber auch die geänderte Einlasstemperatur in den ausgewählten Brennern durch eine gezielte Veränderung der Wasserzufuhr erreicht werden.

Bezugszeichenliste

10	Brenneranordnung (ringförmig)
11	Brennkammer
12	Brennkammerauslass
B1, B2, Bi, Bn	Brenner
F1, F2, Fi, Fn	Flamme
x	axiale Koordinate
Z	Umfangs-Koordinate

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer ringförmigen Brenneranordnung (**10**) in der Zwischenerhitzungsstufe einer mehrstufigen Verbrennungseinrichtung einer Gasturbine, welche Brenneranordnung eine Mehrzahl von in einem Ring angeordneten gleichartigen Brennern (B1, ..., Bi, ..., Bn) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Unterdrückung von bei der Verbrennung auftretenden hochfrequenten Instabilitäten in einem vorgegebenen instabilen Betriebsbereich der Brenneranordnung (**10**) wenigstens ein ausgewählter Teil der Brenner (B1, ..., Bi, ..., Bn) für sich genommen in einem stabilen Betriebsbereich betrieben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in den ausgewählten Brennern die Wärmefreisetzung gegenüber den anderen Brennern geändert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die geänderte Wärmefreisetzung in den ausgewählten Brennern durch eine Veränderung der Brennstoffzufuhr erreicht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Veränderung der Brennstoffzufuhr ein steuerbares Ventil oder eine Verengung in der Brennstoffzufuhr verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in den ausgewählten Brennern die Einlasstemperatur gegenüber den anderen Brennern geändert ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die geänderte Einlasstemperatur in den ausgewählten Brennern durch eine gezielte Veränderung der Brennstoffzufuhr in der Brenneranordnung der ersten Stufe der Verbrennungseinrichtung erreicht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Brenneranordnung in einem Betriebsbereich mit Zusatz von Wasser betrieben wird, und dass die geänderte Einlasstemperatur in den ausgewählten Brennern durch eine gezielte Veränderung der Wasserzufuhr erreicht wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die verbleibenden, im instabilen Bereich arbeitenden Brenner über die ringförmige Brenneranordnung (**10**) in geeigneter Weise verteilt betrieben werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

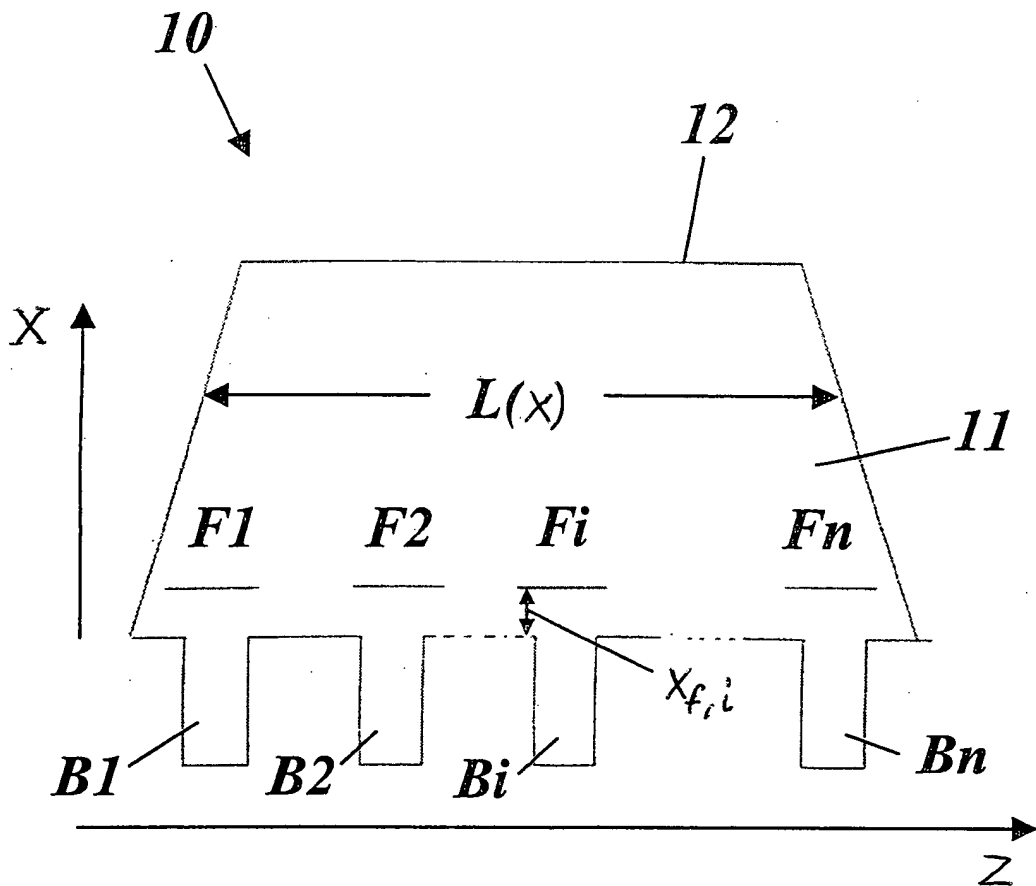


Fig.1

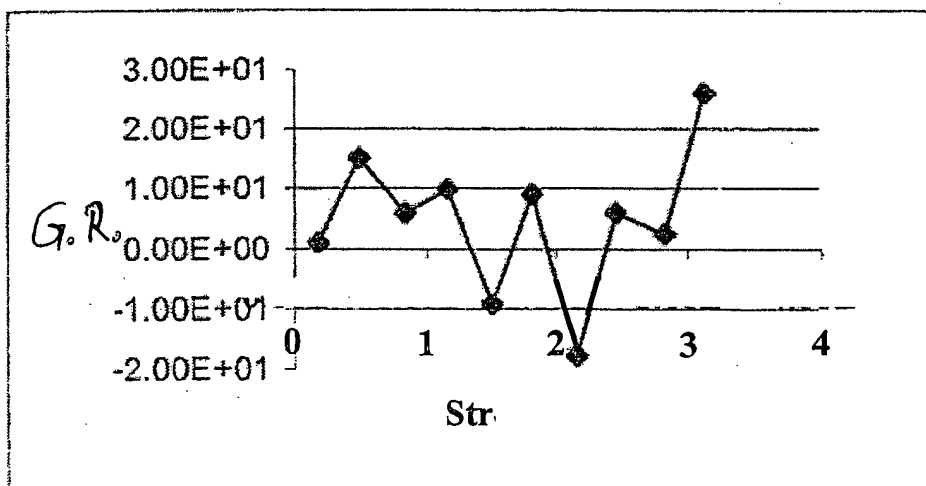


Fig.2

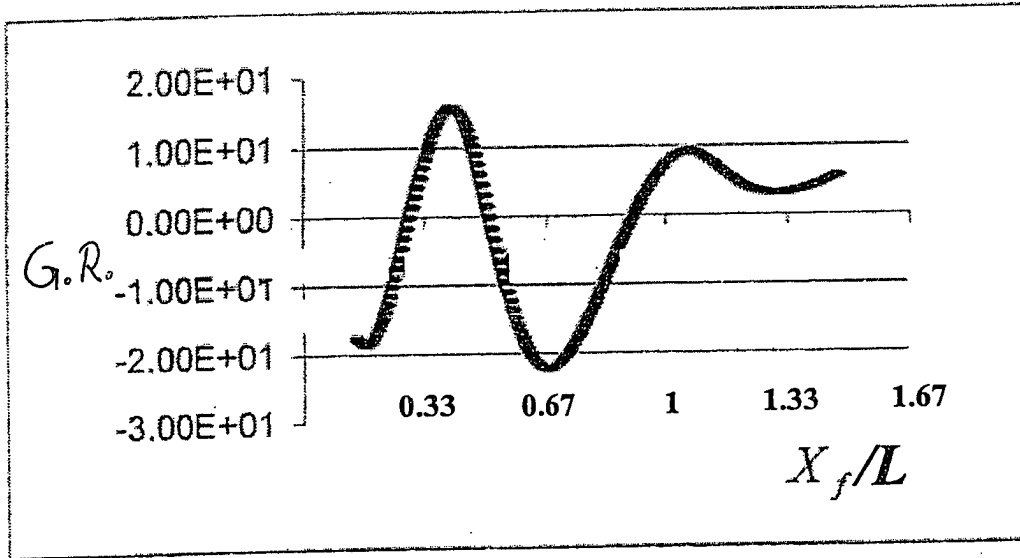


Fig.3

$X_f/L=0.67$	$X_f/L=0.4$	$q=q_0/2$	G.R.
1, ..., 24	-		27.2
1, ..., 24	-	1	26.9
1, 2, 3	4, ..., 24		23.6
1, 2, 12	3, ..., 11, 13, ..., 24		16.8
1, 2, 3, 4	5, ..., 24		24.9
1, 2, 3, 12	4, ..., 11, 13, ..., 24		23.3
1, 2, 12, 13	3, ..., 11, 14, ..., 24		15.3
1, 2, 6, 7	3, 4, 5, 8, ..., 24		17.5
1, 2, 3	4, ..., 24	1	21.8
1, 2, 3	4, ..., 24	1, 2	17.1
1, 2, 3, 12, 13, 14	4, ..., 11, 15, ..., 24	1, 2	23.2
1, 2, 12, 13	3, ..., 11, 14, ..., 24	1, 2	12.2
1, 2, 7, 8, 13, 14, 20, 21	3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 15, ..., 19, 22, 23, 24		20.6
1, 2, 12, 13	3, ..., 11, 14, ..., 24	1, 12	11.4
1, 2, 3, 12, 13, 14	4, ..., 11, 15, ..., 24	1, 12	21.0
1, 2, 3	4, ..., 24	1, 12, 13, 14	21.8

Fig.4