



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.05.2000 Patentblatt 2000/20

(51) Int Cl.7: **F23C 7/00, F23D 14/02,**
F23D 11/40

(21) Anmeldenummer: **98811115.9**

(22) Anmeldetag: **09.11.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG**
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder: **Keller, Jakob, Prof.Dr.**
5610 Wohlen (CH)

(54) **Verfahren zur Verhinderung von Strömungsinstabilitäten in einem Brenner**

(57) Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Betrieb eines Brenners (19), bei welchem ein Verbrennungsluftstrom (10) Brennstoff in eine Brennkammer (21) transportiert, wo der Brennstoff verbrannt wird, und beim Transport der Verbrennungsluftstrom (10) mit dem Brennstoff vermischt und von Verschalungselementen (13,16) geführt wird, wird die aufschaukelnde Wechsel-

wirkung von kohärenten Strömungsinstabilitäten und akkustischem Feld vermindert, indem die Ausbildung von ersten periodischen, kohärenten Strömungsinstabilitäten in einer Grenzschicht zwischen der Verbrennungsluft (10) und den Verschalungselementen (13,16) gestört wird, und dass eine Ankopplung eines akkustischen Feldes in der Brennkammer (21) an solche ersten Strömungsinstabilitäten vermindert wird.

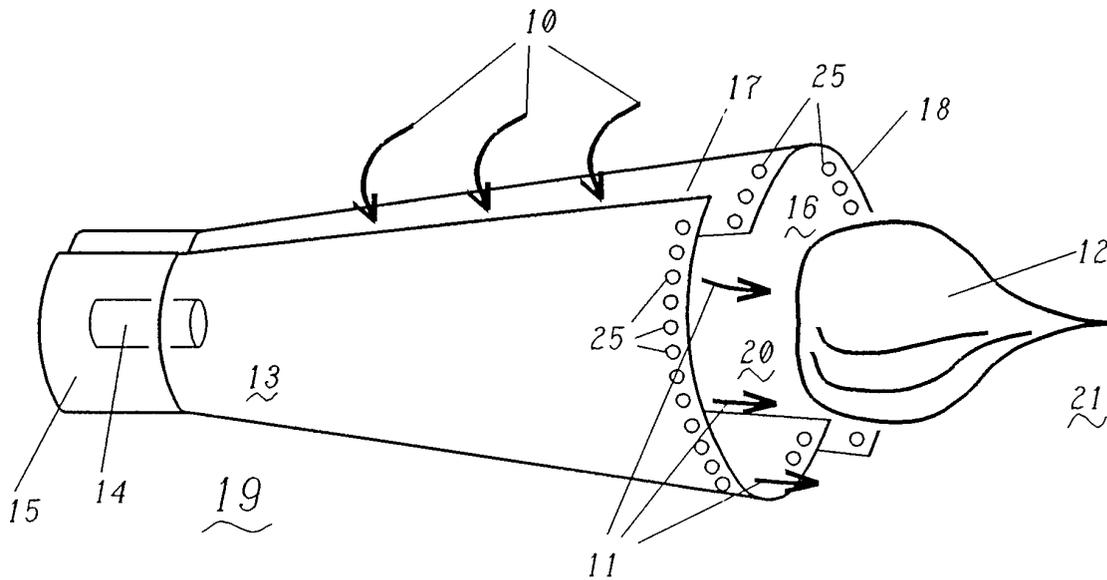


Fig. 2

Beschreibung**Technisches Gebiet**

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Brenner, insbesondere der Brenner zur Verwendung in Gasturbinen. Sie betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners, bei welchem ein Verbrennungsluftstrom Brennstoff in eine Brennkammer transportiert, wo der Brennstoff verbrannt wird, und beim Transport der Verbrennungsluftstrom mit dem Brennstoff vermischt und von Verschalungselementen geführt wird.

10 **Stand der Technik**

[0002] Bei modernen Brennern, insbesondere bei Brennern wie sie in Gasturbinen eingesetzt werden, wird es zunehmend wichtiger, die Verbrennung sowohl möglichst effizient, als auch möglichst frei von Schadstoffen zu halten. Schadstoffgrenzwerte werden u.a. von den Behörden vorgeschrieben, und die Richtlinien betreffend CO und NO_x Ausstoss werden immer strenger. Die entsprechende Optimierung der Verbrennung kann auf vielfältige Weise geschehen, so z.B. durch Beimischung von Additiven wie Wasser zum Brennstoff, durch Einsatz von Katalysatoren, oder auch durch die Sicherstellung von für die Verbrennung idealen Brennstoff-Luft-Gemischen. Optimale Brennstoff-Luft-Verhältnisse können dadurch erzeugt werden, dass Brennstoff und Verbrennungsluft vorgemischt werden (sog. Vormischbrenner) oder indem Brennstoff und Verbrennungsluft zusammen auf spezielle Weise vermischt in den Verbrennungsraum eingedüst werden.

20 **[0003]** Aus der EP-B1-0 321 809 ist ein Brenner für flüssige und gasförmige Brennstoffe ohne Vormischstrecke bekannt geworden, bei welchem von aussen zugeführte Verbrennungsluft durch wenigstens zwei Eintrittsschlitze tangential zwischen verschoben angeordnete, hohle Halbkonusse eintritt und dort in Richtung der Brennkammer strömt, und bei welchem entweder auf der der Brennkammer abgewandten, verjüngten Seite der Halbkonusse der flüssige Brennstoff zentral, oder in der Region der Eintrittsschlitze eingedüst wird. Der Brennstoff wird so gewissermassen von der Verbrennungsluft erfasst und "eingehüllt", so dass sich zwischen den Halbkonusen ein kegeliges Flüssigbrennstoffprofil ausbildet, welches sich in Richtung der Brennkammer ausweitet und dort verbrennt. Insbesondere gasförmiger Brennstoff wird aus Brennstoffzufuhrrohren, die den Lufteintrittsschlitzen entlang verlaufen, durch Bohrungsreihen quer in die eintretende Luft eingedüst.

25 **[0004]** Problematisch bei solchen Brennern, und allgemein bei Brennern, bei welchen ein Verbrennungsluftstrom auf ähnliche Weise in eine Brennkammer strömt, sind die Strömung des Brennstoff-Luft-Gemisches entlang der Verschalungselemente des Brenners, sowie der Austritt der Verbrennungsluft in die Brennkammer. So ist sowohl das Entlangstreichen der Verbrennungsluft im Brenner an den Wänden der Halbkonusse meist infolge der Strömungs- und Druckverhältnisse sowie der Geometrie der Verschalung nicht mehr laminar sondern turbulent. Die Strömung in dieser Grenzschicht wird für einen bestimmten Wertebereich der Reynoldszahl kohärent wellig, wobei die Wellenkämme senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufen. Diese Welligkeit in Grenzschichten wird meist als Tolmien-Schlichting-Wellen (TS-Wellen) bezeichnet, und ist meist die erste turbulente Strömungsform nach der laminaren Strömung, welche bei niedrigeren Reynoldszahlen auftritt. Ausserdem bildet sich in Strömungsrichtung der Verbrennungsluft hinter der Vorderkante der Halbkonusse sofort eine Scherschicht. Diese Scherschicht liegt zwischen den sich in der Brennkammer befindenden, im wesentlichen stationären und heissen Verbrennungsgasen, und dem austretenden, strömenden Gemisch von Brennstoff und Verbrennungsluft. Es liegt in der Natur von solchen Scherschichten, dass sich diese, unabhängig von der Reynoldszahl, irgendwann Aufrollen und Verwirbelungen resultieren. Dieses Aufrollen kann derart verlaufen, dass sich zunächst auf den Scherschichten sogenannte Kelvin-Helmholtz-Wellen ausbilden, deren Wellenkämme quer zur Strömungsrichtung verlaufen, und welche danach Wirbel erzeugen.

35 **[0005]** Es zeigt sich, dass diese Instabilitäten in Grenzschichten und deren Ankopplung an die Instabilitäten auf Scherschichten in Kombination mit dem ablaufenden Verbrennungsprozess hauptverantwortlich sind für eine wichtige Klasse von von Reaktionsratenschwankungen ausgelösten, thermoakustischen Oszillationen. Diese weitgehend kohärenten Wellen führen bei einem Brenner der obengenannten Art bei typischen Betriebsbedingungen zu Schwingungen mit Frequenzen von etwa 100 Hz. Da diese Frequenz mit typischen fundamentalen Eigenmoden von von vielen Ringbrennern von Gasturbinen zusammenfallen, stellen die thermoakustischen Oszillationen ein Problem dar.

Darstellung der Erfindung

40 **[0006]** Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung bzw. einen Brenner, sowie ein Verfahren zum Betrieb eines solchen zur Verfügung zu stellen, welches die aufschaukelnde Wechselwirkung von kohärenten Strömungsinstabilitäten und akkustischem Feld vermindert.

45 **[0007]** Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung bzw. einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, indem die Ausbildung von ersten periodischen, kohärenten Strömungsinstabilitäten in einer Grenzschicht zwischen der Ver-

brennungsluft und den Verschalungselementen gestört wird, und indem eine Ankopplung eines akustischen Feldes in der Brennkammer an solche ersten Strömungsinstabilitäten vermindert wird. Der Kern der Erfindung liegt also darin, dass die gezielte Verhinderung von kohärenten Strömungsinstabilitäten das resonante Aufschaukeln von thermoakustischen Oszillationen schon bei deren ursächlicher Bildung verhindert.

5 **[0008]** Eine erste bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den ersten Strömungsinstabilitäten um Tolmien-Schlichting-Wellen in der Grenzschicht zwischen Verbrennungsluftstrom und Verschalungselementen handelt, dass weiter bevorzugt diese in der Lage sind, zweite Strömungsinstabilitäten, welche sich bei Eintritt des Brennstoff-Luft-Gemisches in die Brennkammer an den dabei auftretenden Scherschichten bilden und welche beispielsweise Kelvin-Helmholtz-Wellen sein können, zu takten. Ausserdem findet die Störung der ersten Strömungsinstabilitäten bevorzugt in der Nähe der dem Brennraum zugewandten Vorderkante der Verschalungselemente statt.

10 **[0009]** Eine weitere Ausführungsform weist das Merkmal auf, dass die Störung vermittels durchgängiger Bohrungen in den Verschalungselementen erfolgt. Der Druckabfall über diesen Bohrungen führt dazu, dass die Querwelligkeit in der Grenzschicht gebrochen wird.

15 **[0010]** Weitere Ausführungsformen des Verfahrens und der Vorrichtung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Kurze Erläuterung der Figuren

20 **[0011]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Brenners und das Aufrollen von Kelvin-Helmholtz-Wellen hinter der Austrittsöffnung; und

25 Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Brenners mit Bohrungen, welche die Ausbildung von ersten, kohärenten Strömungsinstabilitäten verhindern.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

30 **[0012]** Das Wirkprinzip des geschilderten Ansatzes soll zunächst aufgrund einiger theoretischer Überlegungen rationalisiert und erläutert werden, anschliessend werden die technischen Ausführungsbeispiele geschildert.

[0013] Figur 1 zeigt schematisch die Strömungsverhältnisse in einem Doppelkegelbrenner. Die Verbrennungsluft tritt seitlich durch die Eintrittsschlitze 17 der mit leicht verschobenen Achsen angeordneten, hohlen Halbkonusse 13 und 18 ein, strömt zum vorderen Ende des Brenners unter Beschreibung eines leichten Bogens, und tritt nach Passieren der Vorderkanten 18 der Halbkonusse aus dem Brenner 19 in die Brennkammer 21. Am verjüngten Ende der Halbkonusse 13 und 16 befindet sich ein zylindrischer Teil 15, in welchem eine Brennstoffdüse 14 angeordnet ist, welche den in diesem Fall flüssigen Brennstoff zentral zwischen die zwei Halbkonusse 13 und 16 eindüst. Gasförmige Brennstoffe werden bevorzugt entlang der Eintrittsschlitze 17 über eine Vielzahl von Löchern eingedüst. Der Verbrennungsluftstrom umhüllt den eingedüsteten Brennstoff, und es bildet sich ein Brennstoffkegel, welcher sich nach vorne hin aufweitet, und welcher nach Austritt in die Brennkammer 21 bei der Brennermündung 20 in einer, in der Figur schematisch dargestellten Flamme 12 verbrennt. Ebenfalls angedeutet in Figur 1 ist das Aufrollen 22 des Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisches hinter der Vorderkante 18 beim Eintritt in die Brennkammer. Da für die thermoakustische Rückkopplung die Eigenschaften der Grenzschicht zwischen strömender Luft 11 und Halbkonusen 13 und 16 entscheidend ist, soll das Verhalten dieser Grenzschicht zunächst genauer untersucht werden.

45 **[0014]** Für laminare Strömung ist die Verdrängungsdicke δ_1 , definiert als

$$50 \quad \delta_1 = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{u(y)}{U} \right) dy,$$

der Grenzschicht zwischen Verschalung 13 oder 16 und strömendem Brennstoff-Luft-Gemisch gegeben durch:

$$55 \quad \delta_1 = 1.7208 \sqrt{\nu x / U}$$

wobei x eine charakteristische Länge, ν die kinematische Viskosität, und U die Strömungsgeschwindigkeit ausserhalb

der Grenzschicht darstellt. Für turbulentes Strömungsverhalten der Grenzschicht ist die Verdrängungsdicke gegeben durch:

5

$$\delta_1 = 0.04625x \left[\frac{\nu}{ux} \right]^{1/5}.$$

10 Obwohl die Strömung in einer solchen Grenzschicht bei planen Grenzschichten für einen grossen Bereich von Reynoldszahlen $Re_x = Ux/\nu$ laminar ist, ist unter den Bedingungen, wie sie bei Doppelkegelbrennern anzutreffen sind, d.h. konkave Wände und Störung durch den Brennstoffzumischungsprozess, ein turbulentes Strömungsverhalten zu erwarten. Die Verdrängungsdicke der Grenzschicht im Bereich der Vorderkante 18 der Verschaltungselemente ist deshalb am besten durch die dritte Formel beschrieben.

15 **[0015]** Für die Ankopplung des akkustischen Feldes an die Turbulenzen in dieser Grenzschicht ist es notwendig, dass die Turbulenzen einen kohärent welligen Charakter aufweisen, dass sich mit anderen Worten sog. Tolmien-Schlichting-Wellen ausbilden. Die Fähigkeit einer turbulenten Grenzschicht, Tolmien-Schlichting-Wellen aufzubauen, hängt einerseits vom Formfaktor H_{12} der Grenzschicht, als auch von der als Funktion der Verdrängungsdicke formulierten Reynoldszahl $Re_{\delta_1} = U\delta_1 / \nu$ ab. Da der Formfaktor H_{12} , definiert als Quotient aus Verdrängungsdicke δ_1 und Impulsmangeldicke δ_2 , mit

20

$$\delta_2 = \int_0^{\infty} \frac{u(y)}{U} \left(1 - \frac{u(y)}{U} \right) dy,$$

25

bei den hier betrachteten Anwendungen normalerweise oberhalb von 1.8 liegt, kann ein wesentliches Wachstum von Tolmien-Schlichting-Wellen erwartet werden, wenn

30

$$Re_{\delta_1} = U\delta_1 / \nu > 10^4.$$

35

[0016] Nimmt man eine charakteristische Länge von $x = 250\text{mm}$ für einen Doppelkegelbrenner des Typs EV17, und eine charakteristische Länge von $x = (185/175) \cdot 250\text{mm}$ für einen Brenner des Typs EV18 der Anmelderin an, so lassen sich die folgenden Bedingungen in der Kantenregion 18 berechnen. Die effektive Strömungsgeschwindigkeit U verhält sich dabei zur nominalen Strömungsgeschwindigkeit U_N gemäss $U = U_N \sqrt{\xi}$, wobei ξ der Druckabfallkoeffizient des Brenners ist.

40

Typ	U_N [m/s]	U [m/s]	T [K]	p [bar]	Re_{δ_1}
GT13E2	25.0	70.7	688	15.0	$8.84 \cdot 10^3$
GT8C	30.8	87.2	733	15.9	$1.01 \cdot 10^4$
GT11N2	38.0	107.5	693	13.7	$1.14 \cdot 10^4$
GT26	29.6	83.8	815	30.0	$1.48 \cdot 10^4$

45

50

[0017] Die Berechnungen zeigen, dass die Werte der Reynoldszahl für die bei Doppelkegelbrennern vorliegenden Bedingungen gerade im für die Bildung von Tolmien-Schlichting-Wellen guten Bereich liegen, und stark von der nominalen Strömungsgeschwindigkeit und der Temperatur abhängen.

55

[0018] Die kohärente Welligkeit in der Grenzschicht in der Region der Vorderkante 18, d.h. kurz bevor der Luftstrom 11 sich ablöst und in die Brennkammer 21 austritt, ist nun in der Lage, die Turbulenzen in der hinter der Vorderkante 18 zwischen stationärer Luft in der Brennkammer und austretender Luft 11 auftretenden Scherschicht zu beeinflussen. Da diese Scherschicht unabhängig von der Reynoldszahl bezüglich Wellenlängen grösser als ca. 5 Mal der Dicke der Scherschicht instabil ist, bilden sich dort sogenannte Kelvin-Helmholtz-Wellen (KH) 22 aus. Diese sind kohärent, und sie können insbesondere in Frequenz und Phase von den Tolmien-Schlichting-Wellen der davor liegenden Grenzschicht getaktet werden. Die Verbrennung in den Verwirbelungen 24 der Kelvin-Helmholtz-Wellen pulsiert ebenfalls

EP 1 001 214 A1

mit der gleichen Frequenz und treibt dabei das akkustische Feld in der Brennkammer 21. Da das akkustische Feld in der Lage ist, die Tolmien-Schlichting-Wellen (TS) in der ersten Grenzschicht zu takten, bildet sich folgender Rückkopplungskreis aus:

5

→ TS → KH → Pulsierende Verbrennung → akkustisches Feld → TS → KH →...

[0019] Weil derartige Aufschaukelungsprozesse die Effizienz der Betriebs reduzieren und ausserdem die Frequenz zusätzlich mit Eigenfrequenzen von Brennkammern zusammenfallen kann, ist deren Verhinderung von enormer Wichtigkeit.

10

[0020] Im Prinzip ist es möglich, den Rückkopplungsprozess durch Verhinderung eines beliebigen der oben aufgelisteten Phänomene zu unterbinden, es zeigt sich aber, dass gerade die Zerstörung der Kohärenz der Tolmien-Schlichting-Wellen sich sowohl in theoretischer als auch in praktischer Hinsicht am besten eignet. Die Tolmien-Schlichting-Wellen übernehmen hier gewissermassen die Funktion der vibrierenden Lippen beim Pfeifen mit dem Mund. Unterbindet man diese, so trifft man den resonanten Kreis an einer entscheidenden und leicht zu beeinflussenden Stelle.

15

[0021] Die Ausbildung von zur Strömungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches 11 senkrecht verlaufenden TS-Wellen lässt sich beispielsweise durch Anbringung von haifischzahn-ähnlichen, im wesentlichen der zentralen Achse des Brenners 19 zugewandten Vorsprüngen an den Vorderkanten 18 verhindern. Die kohärente Querwelligkeit in der Grenzschicht wird so von einer Längsstörung überlagert und von dieser zerstört. Problematisch an solchen "Haifischzähnen" kann aber sein, dass sie infolge der Hitze und der Strahlung abgebrannt werden können.

20

[0022] In analoger Weise wirkt ein Ring von durchgängigen Bohrungen 25 in den Verschalungselementen 13 und/oder 16, so, wie sie in Figur 2 dargestellt sind. Die Bohrungen 25 werden dabei in der Region der Vorderkante 18 und in ihrer Aneinanderreihung im wesentlichen parallel zur Vorderkante angeordnet. Ist der Druckabfall über die Bohrungen 25 dem Druckabfall über den ganzen Brenner 19 vergleichbar, so sind derartige Bohrungen in der Lage, die Grenzschicht im Bereich der Vorderkante 18 stark zu stören und damit die TS-Wellen in dieser Region zu zerstören. Der Durchmesser der Bohrungen 25 sollte dabei wenigstens mit der Dicke der Grenzschicht vergleichbar sein. Für einen EV17 Brenner der Anmelderin ist somit ein Durchmesser von einigen Millimetern, insbesondere von 3 mm zu bevorzugen. Zudem sollte der Abstand zwischen den Bohrungen 25 grob im Bereich der Wellenlänge der höchsten auftretenden thermoakkustischen Frequenz liegen. Um zu verhindern, dass sich die Sogwirkungen benachbarter Bohrungen 25 nicht gegenseitig aufheben, sollte ausserdem darauf geachtet werden, dass der Abstand zwischen den Bohrungen 25 nicht wesentlich kleiner ist als der Abstand der Bohrungen 25 von der Vorderkante.

25

30

Bezugszeichenliste

35

[0023]

10 Verbrennungsluftstrom bei Eintritt

40

11 Gemisch von Verbrennungsluft und Brennstoff nach Austritt

12 Flamme

13 erster Halbkonus

45

14 Brennstoffdüse

15 zylindrischer Teil des Brenners

50

16 zweiter Halbkonus

17 Eintrittsschlitz

18 Vorderkante des Halbkonus

55

19 Brenner

20 Brennermündung

- 21 Brennkammer
- 22 Kelvin-Helmholtz Wellen
- 5 23 Wellenkämme von 22
- 24 Verbrennungszone von 22
- 25 Bohrungen

10

Patentansprüche

- 15 1. Verfahren zum Betrieb eines Brenners (19), bei welchem ein Verbrennungsluftstrom (10) Brennstoff in eine Brennkammer (21) transportiert, wo der Brennstoff verbrannt wird, und beim Transport der Verbrennungsluftstrom (10) mit dem Brennstoff vermischt und innerhalb des Brenners von Verschalungselementen (13,16) geführt wird dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbildung von ersten periodischen, kohärenten Strömungsinstabilitäten in einer Grenzschicht zwischen der Verbrennungsluft (10) und den Verschalungselementen (13,16) gestört wird, derart dass eine Ankopplung eines akustischen Feldes in der Brennkammer (21) an solche ersten Strömungsinstabilitäten vermindert wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den ersten Strömungsinstabilitäten in der Grenzschicht zwischen der Verbrennungsluft (10) und den Verschalungselementen (13,16) um Tolmien-Schlichting-Wellen handelt.
- 25 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Strömungsinstabilitäten kohärente zweite Strömungsinstabilitäten (22) einer Scherschicht zwischen im wesentlichen stationärer Luft in der Brennkammer und aus dem Brenner (19) austretender Verbrennungsluft (11) takten.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den zweiten Strömungsinstabilitäten um Kelvin-Helmholtz-Wellen (22) handelt.
- 35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennung des Gemisches (11) aus Verbrennungsluft und Brennstoff in der Scherschicht in einer Verbrennungszone (24) abläuft, dass diese Verbrennung im wesentlichen mit der Frequenz der zweiten Strömungsinstabilität (22) pulsierend verläuft, und dass die Frequenz des akustischen Feldes in der Brennkammer (21) im wesentlichen durch diese pulsierende Verbrennung bestimmt ist.
- 40 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Störung der Kohärenz der ersten Strömungsinstabilitäten im Bereich einer der Brennkammer (21) zugewandten Vorderkante (18) der Verschalungselemente (13,16) vorgenommen wird.
- 45 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Störung der Kohärenz der ersten Strömungsinstabilitäten durch eine Mehrzahl von durchgängigen Bohrungen (25) durch die Verschalungselemente (13,16) im Bereich der Vorderkante (18) vorgenommen wird.
- 50 8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Störung der Kohärenz der ersten Strömungsinstabilitäten durch eine Mehrzahl von zahnförmigen, im Bereich der Vorderkante (18) an den Verschalungselementen (13,16) angebrachten, im wesentlichen in Richtung der zentralen Achse des Brenners (19) ausgerichteten Vorsprüngen bewirkt wird.
- 55 9. Brenner (19) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (25) vorgesehen sind, welche die kohärente Periodizität der ersten Strömungsinstabilitäten vermindern.
10. Brenner (19) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sich beim Brenner (19) um einen Doppelkegelbrenner handelt, dessen Verschalungselemente von zwei gegeneinander leicht verschobenen Halbkonusen (13,16) gebildet werden, und dass die Mittel (25) als Mehrzahl von Bohrungen (25) ausgebildet sind, welche Bohrungen (25) parallel zur Vorderkante (18) der Halbkonusen (13,16) im wesentlichen in einer Reihe angeordnet ist.

EP 1 001 214 A1

11. Brenner (19) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrungen einen Durchmesser im Bereich der Dicke der die ersten Strömungsinstabilitäten bewirkenden Grenzschicht zwischen der Verbrennungsluft (10) und den Verschalungselementen (13,16) aufweisen.

5 12. Brenner nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrungen einen Durchmesser von 2 bis 5 mm, insbesondere von 3 mm aufweisen.

10 13. Brenner nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Beabstandung der Bohrungen (25) im Bereich der höchsten auftretenden thermoakkustischen Wellenlänge liegt, und dass die Beabstandung im wesentlichen grösser oder gleich dem Abstand der Bohrungen (25) von der Vorderkante (18) ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

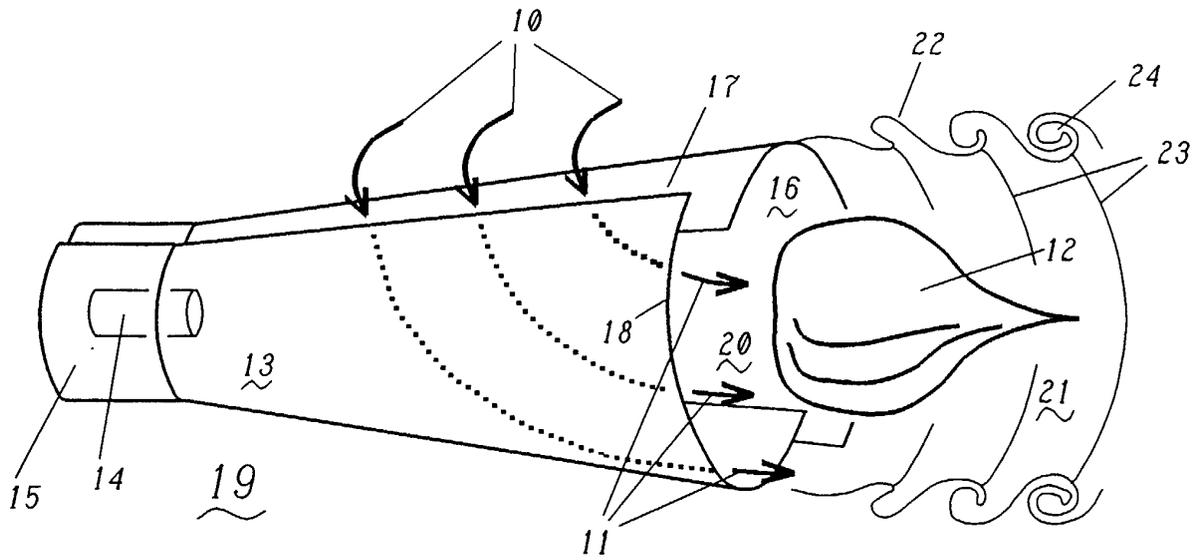


Fig. 1

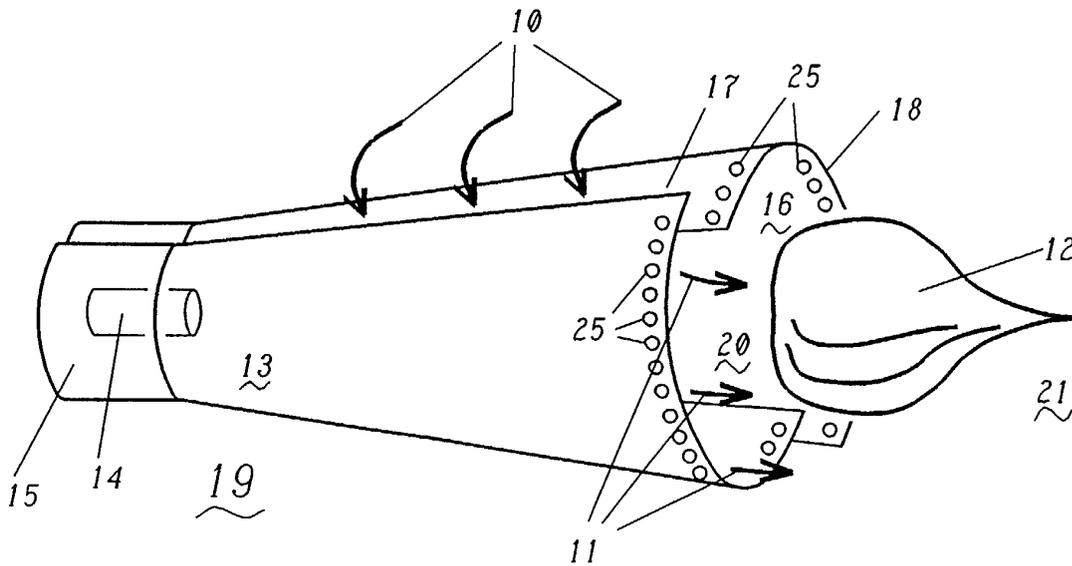


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 81 1115

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US 5 408 830 A (LOVETT JEFFERY A) 25. April 1995 * Spalte 4, Zeile 32 - Spalte 6, Zeile 14 * * Spalte 6, Zeile 43 - Zeile 62 * * Abbildungen 2-6 *	1,6,7, 9-11	F23C7/00 F23D14/02 F23D11/40
A	US 5 758 587 A (LEUCKEL WOLFGANG ET AL) 2. Juni 1998 * Spalte 1, Zeile 59 - Spalte 2, Zeile 10 * * Spalte 2, Zeile 63 - Spalte 3, Zeile 55 * * Spalte 4, Zeile 10 - Zeile 65 * * Abbildungen 1,4 *	1,5,6,9	
A	US 5 676 538 A (LOVETT JEFFERY ALLAN) 14. Oktober 1997 * Spalte 2, Zeile 44 - Spalte 3, Zeile 8 * * Abbildungen 1,2 *	1,6,8,9	
D,A	EP 0 321 809 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 28. Juni 1989 * das ganze Dokument *	1,9,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) F23C F15D F02K F23D F23M
A	GB 1 134 996 A (SORKIN LEV IOSIFOVICH) 27. November 1968		
A	US 4 244 441 A (TOLMAN ALAN G) 13. Januar 1981		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 12. April 1999	Prüfer Coquau, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 81 1115

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-04-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5408830 A	25-04-1995	EP 0667492 A	16-08-1995
		JP 7305848 A	21-11-1995
US 5758587 A	02-06-1998	DE 19526369 A	23-01-1997
		AT 170968 T	15-09-1998
		CN 1146543 A	02-04-1997
		CZ 9602026 A	12-02-1997
		DE 19542681 A	22-05-1997
		DE 59600532 D	15-10-1998
		EP 0754908 A	22-01-1997
		JP 9178113 A	11-07-1997
US 5676538 A	14-10-1997	KEINE	
EP 0321809 A	28-06-1989	CH 674561 A	15-06-1990
		AT 63628 T	15-06-1991
		CA 1312816 A	19-01-1993
		JP 1203809 A	16-08-1989
		JP 2608320 B	07-05-1997
		KR 129752 B	09-04-1998
		US 4932861 A	12-06-1990
		US 5193995 A	16-03-1993
GB 1134996 A		DE 1576783 A	26-03-1970
		FR 1527529 A	06-11-1968
US 4244441 A	13-01-1981	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang ; siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82