



Europäisches Patentamt
 European Patent Office
 Office européen des brevets



(11) **EP 0 987 491 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.03.2000 Patentblatt 2000/12

(51) Int. Cl.⁷: **F23C 7/00**, F23D 17/00,
 F23C 7/02

(21) Anmeldenummer: **98810924.5**

(22) Anmeldetag: **16.09.1998**

(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

(72) Erfinder:
 • **Paschereit, Christian Oliver, Dr.**
5400 Baden (CH)
 • **Keller, Jakob, Prof. Dr.**
5610 Wohlen (CH)

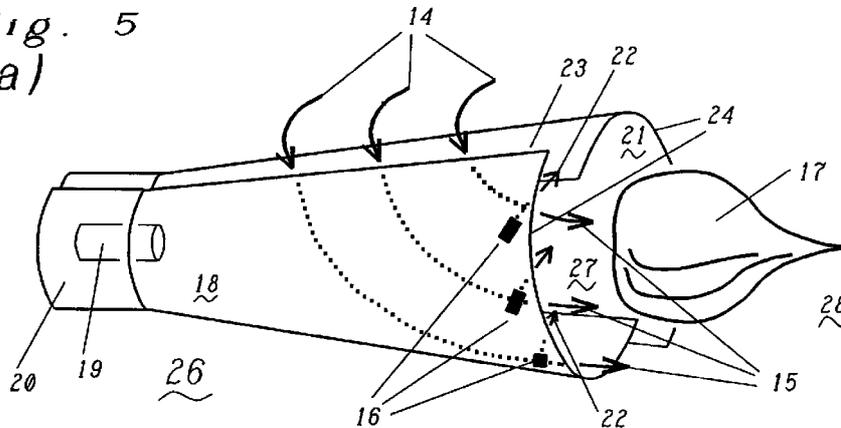
(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG**
5401 Baden (CH)

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

(57) Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Betrieb eines Brenners (26), bei welchem ein Verbrennungsluftstrom (14) Brennstoff in eine Brennkammer (28) transportiert, wo der Brennstoff verbrannt wird, wird die Ausbildung von kohärenten Strömungsinstabi-

täten des Verbrennungsluftstroms (15) nach Austritt in die Brennkammer (28) verhindert, indem Störungsluft (22) in den Verbrennungsluftstrom (15) eingedüst wird.

*Fig. 5
 a)*



EP 0 987 491 A1

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.

STAND DER TECHNIK

10 **[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
 15 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 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 auf der der Brennkammer abgewandten, verjüngten Seite der Halbkonusse der flüssige Brennstoff zentral eingedüst wird. Der Brennstoff wird so gewissermassen von der Verbrennungsluft erfasst und „eingehüllt“, so
 25 dass sich zwischen den Halbkonussen ein kegeliges Flüssigbrennstoffprofil ausbildet, welches sich in Richtung der Brennkammer ausweitet und dort verbrennt. Gasförmiger Brennstoff wird aus Brennstoffzufuhrrohren, die den Lufteintrittsschlitzen entlang verlaufen, durch Bohrungsreihen quer in die eintretende Luft eingedüst.

[0004] Problematisch bei solchen Brennern, und allgemein bei Brennern, bei welchen ein Verbrennungsluftstrom auf ähnliche Weise in eine Brennkammer strömt, ist der Austritt der Verbrennungsluft in die Brennkammer. Während die
 30 Verbrennungsluft im Brenner an den Wänden der Halbkonusse entlang streicht und von diesen geführt wird, 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 nun in der Natur von solchen Scherschichten, dass sich diese irgendwann Aufrollen und Verwirbelungen resultieren. Dieses
 35 Aufrollen verläuft derart, dass sich zunächst auf den Scherschichten sogenannte Kelvin-Helmholtz-Wellen ausbilden, deren Wellenkämme quer zur Strömungsrichtung verlaufen, und welche danach in Wirbel erzeugen.

[0005] Es zeigt sich, dass diese 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
 40 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

45 **[0006]** Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung bzw. einen Brenner, sowie ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, welches die Ausbildung von kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms nach Austritt in die Brennkammer verhindert.

[0007] Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung bzw. einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, indem Störungsluft in den Verbrennungsluftstrom eingedüst wird. Der Kern der Erfindung liegt also darin, dass die eingedüστε
 50 Störungsluft gezielt das Ausschaukeln von thermoakustischen Oszillationen schon bei deren ursächlicher Bildung verhindert.

[0008] Eine erste bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die kohärenten Strömungsinstabilitäten nach Austritt des Verbrennungsluftstroms in die Brennkammer infolge Scherschichten zwischen
 55 dem Verbrennungsluftstrom und im wesentlichen stationären Heissgasen in der Brennkammer auftreten, und dass die Störungsluft an diesen Scherschichten angreift. Bevorzugt wird dann die Störungsluft im wesentlichen senkrecht zu einer Hauptströmungsrichtung des Verbrennungsluftstroms und im wesentlichen parallel zu den Scherschichten, bevorzugt sogar in die Scherschichten, in den Verbrennungsluftstrom eingedüst. Dadurch wird die Ausbildung von Kel-

vin-Helmholz-Wellen in Strömungsrichtung gezielt im Kern erstickt.

[0009] Eine andere Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass es sich beim Brenner um einen Doppelkegelbrenner handelt, dass die Eindüsung der Störungsluft durch Störungsdüsen erfolgt, und dass die Störungsluft unmittelbar bei den Vorderkanten der Halbkonusse erfolgt, dort, wo sich die Scherschichten ausbilden. Werden weiterhin bevorzugt die Störungsdüsen gleichmässig in bestimmten Abständen auf den Umfängen der Vorderkanten der Halbkonusse verteilt, so wird die Periodizität der Wellen auf den Scherschichten gestört, was die Verhinderung der thermoakustischen Oszillationen gezielt im Keime ihrer Bildung bewirkt.

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

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

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

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Scherschicht und die in der Beschreibung verwendeten Grössen inkl. Koordinatensystem;

Fig. 2 zeigt den dimensionslosen Wachstumskoeffizienten als Funktion der dimensionslosen Wellenlänge;

Fig. 3 zeigt die dimensionslose Wellenzahl mit maximalem Wachstum als Funktion der dimensionslosen transversalen Komponente des Wellenvektors;

Fig. 4 zeigt den dimensionslosen Wachstumsfaktor als Funktion der dimensionslosen transversalen Komponente des Wellenvektors; und in

Fig. 5 sind schematische Darstellungen eines Doppelkegelbrenners mit Störungsdüsen abgebildet. a) perspektivische Ansicht, b) Schnitt senkrecht zur Hauptströmungsrichtung durch Störungsdüse, c) Ansicht von oben, d) Ansicht von vorn.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[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 einen Schnitt durch eine idealisierte Scherschicht 10, wie sie für die nachfolgenden Berechnungen vorausgesetzt wird. Die Scherschicht 10 ist von einer Dicke h , und das Koordinatensystem ist derart gelegt, dass die Achsen x und z in der Scherschicht liegen, die Achse y senkrecht dazu, und dass die Hauptströmungsrichtung (longitudinal) entlang x verläuft. Zur Vereinfachung der Rechnungen ist der Ursprung des Koordinatensystems derart gelegt, dass sich die Dicke der Scherschichten 10 entlang y von $-h/2$ bis $+h/2$ erstreckt, und dass sich die in der Figur oben liegende Schicht mit einer Geschwindigkeit U_0 entlang x nach rechts bewegt, während die in Figur 1 unten dargestellte Schicht sich mit einer Geschwindigkeit $-U_0$ entlang x nach links bewegt. Übertragen auf die Situation beim Austritt aus einem Brenner 26 bedeutet das, dass die obere Schicht die austretende Verbrennungsluft 15 mit einer Geschwindigkeit $2 U_0$ entlang x nach rechts darstellt, und dass die untere Schicht die idealisiert stationäre Luft in der Brennkammer repräsentiert. In der Scherschicht 10 wird ein lineares Geschwindigkeitsprofil entlang y angenommen, welches die folgende mathematische Form aufweist:

$$u = u_0(y) = H(y - h/2)U_0 + H(y + h/2)H(-y + h/2)2yU_0/h - H(-y - h/2)U_0$$

$$v = 0, w = 0$$

wobei H die folgende Heaviside-Funktion ist

5

$$H(y) = \begin{cases} 1, & \text{wenn } y > 0 \\ 0.5, & \text{wenn } y = 0 \\ 0, & \text{wenn } y < 0 \end{cases}$$

und u , v , und w die Geschwindigkeiten entlang x , y , und z sind.

10 **[0014]** Geht man von varikosen Störungen entlang der Scherschicht 10 aus, und verwendet nun die Gleichungen für Fluss bei konstantem Volumen (gültig für niedrige Mach-Zahlwerte), sowie Massen- und Drehmomentenerhaltung, so resultiert ein Gleichungssystem mit folgender, an den Punkten $y = \pm h/2$ stetigen Lösung:

15

$$\left(\frac{\alpha h}{U_0}\right)^2 = \left[1 - \frac{k_z^2 h^2}{k^2 h^2}\right] \{\exp(-2kh) - [1 - kh]^2\}.$$

20

[0015] Dabei ist α der Wachstumsexponent der Störung in $1/s$, U_0 die Randgeschwindigkeit an der Scherschicht 10, k ist die Wellenzahl entlang x und z , definiert als $k^2 = k_x^2 + k_z^2$, und k_z ist die Komponente des Wellenvektors entlang z , d.h. in transversaler Richtung.

[0016] Die obige Lösung reduziert sich für den Fall $k_z \rightarrow 0$ auf den Fall der zweidimensionalen Kelvin-Helmholtz-Wellen. Trägt man den dimensionslosen Wachstumsexponenten (linke Seite der obigen Gleichung) für den zweidimensionalen Fall als Funktion der dimensionslosen Wellenlänge der Kelvin-Helmholtz-Wellen, definiert als

25

$$\frac{\lambda}{h} = \frac{2\pi}{k_x h}$$

30 auf, so erhält man den in Figur 2 dargestellten funktionellen Zusammenhang. Interessanterweise zeigt es sich, dass für Wellenlängen $\lambda < 4.91h$ (Bereich 13) die Störung stabil ist, während sie für $\lambda > 4.91h$ (Bereich 12) wächst. Maximales Wachstum erhält man für $\lambda = 7.89h(11)$.

[0017] Das bemerkenswerte Resultat des allgemeinen, dreidimensionalen Falls der obigen Lösung ist nun, dass die Scherschicht 10 stabil ist für alle Werte der x -Komponente des Wellenvektors k_x (in Strömungsrichtung), sofern gilt: $|k_z h| > 1.278$! Es ist mit anderen Worten so, dass eine genügend starke transversale Welligkeit mit einer transversalen Wellenlänge λ_z , welche der Bedingung $\lambda_z < 4.91h$ genügt, die Ausbildung von Kelvin-Helmholtz-Wellen verhindern kann. Figur 3 zeigt entsprechend die Norm des Wellenvektors für grösstes Wachstum als Funktion der dimensionslosen transversalen Komponente des Wellenvektors. Die zugehörige Beziehung zwischen dem dimensionslosen Wachstumskoeffizienten und der dimensionslosen transversalen Komponente des Wellenvektors ist in Figur 4 dargestellt. Wie oben erwähnt zeigt es sich, dass für $|k_z h| > 1.278$ jegliches Wachstum der longitudinalen Welligkeit unterbunden ist.

40 **[0018]** Die Idee ist nun, zur Verhinderung der Kelvin-Helmholtz-Wellen eine geeignete transversale Störung in der Scherschicht zu induzieren. Eigentlich müsste zur Berechnung der idealen Art dieser Störung die Dicke der Scherschicht 10 an der Stelle der Wellenbrechung berechnet werden. Einfacher ist es aber, sich gleich an den vorliegenden Verhältnissen der Praxis zu orientieren, und die tatsächlich auftretende Frequenz der Ablösung der Wirbel, hier mit f bezeichnet, in die Rechnung einzubeziehen. Da die Wirbel in der Hauptströmungsrichtung x mit der halben Hauptströmungsgeschwindigkeit propagieren, kann man folgende Beziehung aufstellen:

50

$$\lambda = \frac{U}{2f}$$

wobei U die absolute Strömungsgeschwindigkeit direkt neben der Scherschicht 10 ist. Nimmt man nun an, dass die Frequenz f der Wellenlänge mit maximalem Wachstum entspricht, so ergibt sich die Stabilitätsbedingung

55

$$\lambda_z < 0.312 \frac{U}{f}.$$

[0019] Nimmt man nun eine für Doppelkegelbrenner eher niedrig angesetzte Strömungsgeschwindigkeit von $U = 20$ m/s an und eine konservativ hohe Frequenz von $f = 125$ Hz, so erhält man als Abstand zwischen den Störungen

$$\lambda_z = 0.312 \frac{20 \text{ m/s}}{125 \text{ Hz}} \approx 5 \text{ cm}.$$

5

[0020] In der Praxis bedeutet dies nun folgendes: Stört man, beispielsweise vermittelt Eindüsen von Störungsluft 22 in transversaler Richtung, d.h. senkrecht zur Hauptströmungsrichtung und in der Scherschicht 10 unter einer Beabstandung der Störungsdüsen 16 von ca. 5 cm in x Richtung, die Ausbildung von Kelvin-Helmholtz-Wellen in Strömungsrichtung, so bilden sich auch keine thermoakustischen Oszillationen der oben angenommenen Frequenz von 125 Hz aus.

10

[0021] Figur 5 zeigt verschiedene Ansichten eines Doppelkegelbrenners, anhand derer die technische Realisierung des oben geschilderten Prinzips gezeigt werden soll. Figur 5a zeigt eine perspektivische Ansicht eines Doppelkegelbrenners. Die Verbrennungsluft 14 tritt seitlich durch die Eintrittsschlitze 23 der mit leicht verschobenen Achsen angeordneten, hohlen Halbkonusse 18 und 21 ein, strömt zum vorderen Ende des Brenners unter Beschreibung eines leichten Bogens, und tritt nach Passieren der Vorderkanten 24 der Halbkonusse aus dem Brenner 26 in die Brennkammer. Am verjüngten Ende der Halbkonusse 18 und 21 befindet sich ein zylindrischer Teil 20, in welchem eine Brennstoffdüse angeordnet ist, welche den in diesem Fall flüssigen Brennstoff zentral zwischen die zwei Halbkonusse 18 und 21 eindüst. Der Verbrennungsluftstrom 14 umhüllt den eingedüsten Brennstoff, und es bildet sich ein Brennstoffkegel, welcher sich nach vorne hin aufweitet, und welcher nach Austritt in die Brennkammer 28 bei der Brennermündung 27 in der Flamme 17 verbrennt.

15

20

[0022] In den Halbkonusen 18 und 21 sind nun in regelmässigen Abständen Störungsdüsen 16 unmittelbar bei den Vorderkanten 24 angeordnet. Sie düsen, jede für sich, einen Störungsluftstrom 22 senkrecht zur Verbrennungsluftströmungsrichtung 15 in den Verbrennungsluftstrom 15. Dies geschieht so, wie in Figur 5b) angedeutet: Die Störungsdüsen 16, welche von Leitungen 25 versorgt werden, düsen die Störungsluft 22 unter flachem Winkel unter die Halbkonusse. Dies unmittelbar bei den Vorderkanten 24, so dass die Störungsluft 22 im wesentlichen in die sich hinter der Kante bildende Scherschicht 10 zwischen dem Verbrennungsluftstrom 15 und der im wesentlichen stationären Luft in der Brennkammer 28 einströmt. Die Eindüsung erfolgt senkrecht zur Richtung des Verbrennungsluftstromes 15 (Kreis mit Punkt in der Mitte steht für einen Pfeil, der nach oben gerichtet aus der Papierebene herauschaut) und erzeugt deshalb die von der Theorie geforderte Störung in der Scherschicht 10.

25

30

[0023] Figur 5c) zeigt eine Ansicht von oben auf den Doppelkegelbrenner 26. Hier ist die Beabstandung der Stördüsen 16 gut nachvollziehbar. Die transversale Störung muss, damit die im obigen Zahlenbeispiel genannten 5 cm als Wellenlänge λ_z resultiert, so erfolgen, dass die Störungsdüsen 16 Störungsluftströme 22 erzeugen, welche in x-Richtung, d.h. in Strömungsrichtung des Verbrennungsluftstromes 15 um 5 cm auseinanderliegen. Figur 5d) zeigt eine schematische Frontansicht eines Doppelkegelbrenners 26. Wiederum erkennbar ist das orthogonale Ineinanderströmen der beiden Luftströme 15 und 22. Es ist wichtig, dass die eingedüste Luft 22 keine starken, nach innen gerichteten Komponenten aufweist, damit der Hauptluftstrom 15 nicht gestört wird. Ausserdem muss der Totaldruck der Eindüsung der Störungsluft 22 wenigstens so gross sein, wie der Totaldruck der vorbeiströmenden Verbrennungsluft 15, damit sich überhaupt signifikante transversale Störungen ausbilden können.

35

40

BEZEICHNUNGSLISTE

[0024]

- 45 10 Scherschicht
- 11 Maximum des dimensionslosen Wachstumskoeffizienten
- 12 Bereich ohne Wachstum
- 13 Bereich mit Wachstum
- 14 Verbrennungsluftstrom bei Eintritt
- 50 15 Gemisch von Verbrennungsluft und Brennstoff nach Austritt
- 16 Störungsdüsen
- 17 Flamme
- 18 erster Halbkonus
- 19 Brennstoffdüse
- 55 20 zylindrischer Teil des Brenners
- 21 zweiter Halbkonus
- 22 Störungsluft
- 23 Eintrittsschlitz

- 24 Vorderkante des Halbkonus
- 25 Leitung zu 16
- 26 Brenner
- 27 Brennermündung
- 5 28 Brennkammer

Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zum Betrieb eines Brenners (26), bei welchem ein Verbrennungsluftstrom (14) Brennstoff in eine Brennkammer (28) transportiert, wo der Brennstoff verbrannt wird, dadurch gekennzeichnet, dass Störungsluft (22) in den Verbrennungsluftstrom (15) eingedüst wird, um die Ausbildung von kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms (15) nach Austritt in die Brennkammer (28) zu verhindern.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (26) ein Brenner (26) ohne Vormischstrecke ist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (26) mit flüssigem oder gasförmigem Brennstoff betrieben wird.
- 20 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sich die kohärenten Strömungsinstabilitäten nach Austritt des Verbrennungsluftstroms (15) in die Brennkammer (28) infolge Scherschichten (10) zwischen dem austretenden Gemisch von Verbrennungsluft und Brennstoff (15) und im wesentlichen stationären Heissgasen in der Brennkammer (28) bilden.
- 25 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsinstabilitäten infolge Kelvin-Helmholtz-Wellen auf den Scherschichten (10) auftreten.
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Störungsluft (22) im wesentlichen senkrecht zu einer Hauptströmungsrichtung des Verbrennungsluftstroms (15) und im wesentlichen parallel zu den Scherschichten (10) in den Strom des Gemisches von Verbrennungsluft und Brennstoff (15) eingedüst wird.
- 35 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Störungsluft im wesentlichen in die Scherschichten (10) zwischen Verbrennungsluftstrom (15) und im wesentlichen stationären Heissgasen in der Brennkammer (28) eingedüst wird.
- 40 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Störungsluft (22) im wesentlichen kurz vor dem Austritt des Verbrennungsluft-Brennstoff-Gemisches (15) in die Brennkammer (28) ins Gemisch (15) eingedüst wird.
- 45 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (26) ein Doppelkegelbrenner ist, bei welchem Verbrennungsluft (14) durch wenigstens zwei Eintrittsschlitze (23) tangential zwischen verschoben angeordnete, hohle Halbkonusse (18,21) eintritt und dort in Richtung der Brennkammer (28) strömt, dass auf der der Brennkammer abgewandten, verjüngten Seite der Halbkonusse (18,21) der Brennstoff zentral eingedüst wird, und/oder dass gasförmiger Brennstoff aus zwei den Lufteintrittsschlitzen entlang verlaufenden Gaszufuhrrohren durch Bohrungsreihen quer in die eintretende Luftströmung eingedüst wird, dass die Halbkonusse (18,21) brennkammerseitig von Vorderkanten (24) begrenzt werden, und dass Eindüsung von Störungsluft (22) durch Störungsdüsen (16) erfolgt.
- 50 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Störungsdüsen (16) im wesentlichen unmittelbar vor den Vorderkanten (24) in den Halbkonusen (18,21) eingelassen sind, und dass die Störungsdüsen (16) die Störungsluft (22) in den Verbrennungsluftstrom (15) und im wesentlichen in die unmittelbar hinter den Vorderkanten (24) entstehenden Scherschichten (10) eindüsen.
- 55 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Störungsdüsen (16) angeordnet sind, und dass die Störungsdüsen (16) gleichmässig auf den Umfängen der Halbkonusse (18,21) verteilt die Störungsluft (22) eindüsen.

- 5 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Beabstandung der gleichmässig auf den Halbkonusen (18,21) verteilten Störungsdüsen (16) Störungen erzeugt, welche ein Anwachsen der kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms (15) verhindern, indem eine dimensionslose Komponente des Wellenvektors senkrecht zur Hauptströmungsrichtung der Verbrennungsluft (22) erzeugt wird, die betragsmässig grösser als ein kritischer Wert ist.
- 10 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der kritische Wert 1.278 ist, und dass entsprechend die Beabstandung der Störungsdüsen (16) als Funktion einer ohne Störungsdüsen (16) auftretenden Frequenz der kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms (15) gewählt wird.
- 15 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Totaldruck der Eindüsung der Störungsluft (22) wenigstens so gross ist, wie der Totaldruck der vorbeiströmenden Verbrennungsluft (14,15).
- 20 15. Brenner (26) zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (26) als Doppelkegelbrenner ausgebildet ist, bei welchem Verbrennungsluft (14) durch wenigstens zwei Eintrittsschlitze (23) tangential zwischen verschoben angeordnete, hohle Halbkonusse (18,21) eintritt und dort in Richtung der Brennkammer (28) strömt, dass die Halbkonusse (18,21) brennkammerseitig von Vorderkanten (24) begrenzt werden, und dass die Eindüsung von Störungsluft (22) durch Störungsdüsen (16) erfolgt, welche unmittelbar vor der Vorderkante (24) der Halbkonusse (18,21) in den Halbkonusen (18,21) derart eingelassen sind, dass sie Störungsluft (22) senkrecht zur Hauptströmungsrichtung der Verbrennungsluft (15) von der Aussenseite der Halbkonusse (18,21) her in die zur Brennkammer (28) strömende Verbrennungsluft (15) eindüsen.
- 25 16. Brenner nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Störungsdüsen (16) derart in den Halbkonusen (18,21) angeordnet sind, so dass sie die Störungsluft (22) im wesentlichen in die hinter der Vorderkante auftretenden Scherschichten (10) eindüsen.
- 30 17. Brenner nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Störungsdüsen (16) angeordnet sind, und dass die Störungsdüsen (16) gleichmässig auf den Umfängen der Halbkonusse (18,21) verteilt sind.
- 35 18. Brenner nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die gleichmässige Beabstandung der Störungsdüsen (16) derart gewählt ist, dass sie gleich oder kleiner ist als ein kritischer Wert, und dass sich der kritische Wert aus der Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft und der beim Brenner ohne Störungsdüsen (16) auftretenden Frequenz der kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms (15) ergibt.
- 40 19. Brenner (26) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass sich der kritische Wert als mit 0.312 multiplizierter Quotient der Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft (15) und der beim Brenner ohne Störungsdüsen (16) auftretenden Frequenz der kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms (15) ergibt.
- 45 20. Brenner (26) nach einem der Ansprüche 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer beim Brenner (26) ohne Störungsdüsen (16) auftretenden Frequenz der kohärenten Strömungsinstabilitäten des Verbrennungsluftstroms (15) im Bereich von 100 bis 125 Hz und einer Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft (15) im Bereich von 20 bis 30 m/s die Störungsdüsen (16) auf den Halbkonusen (18,21) eine Beabstandung im Bereich von 3 bis 5 cm, insbesondere im Bereich von 4.5 bis 5cm aufweisen.
- 50
- 55

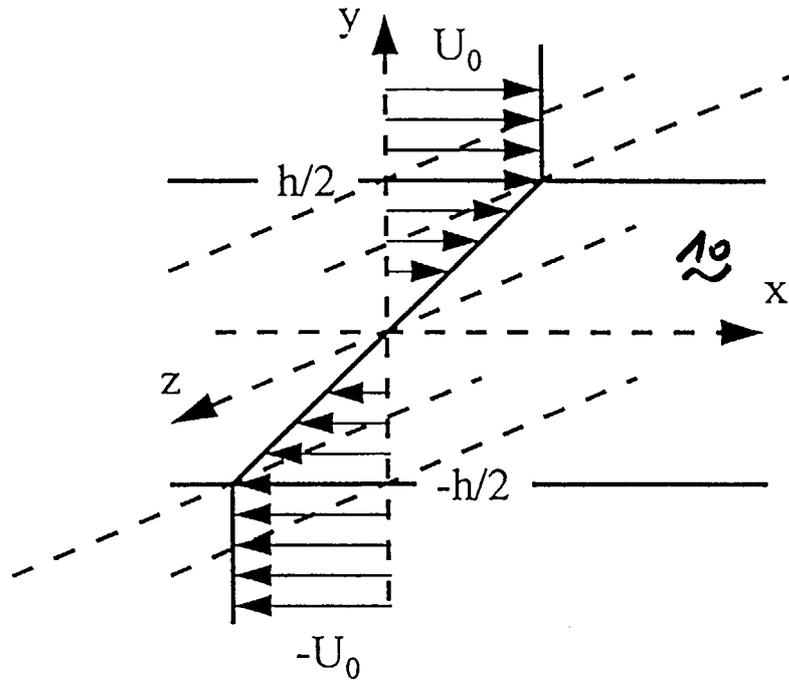


Fig. 1

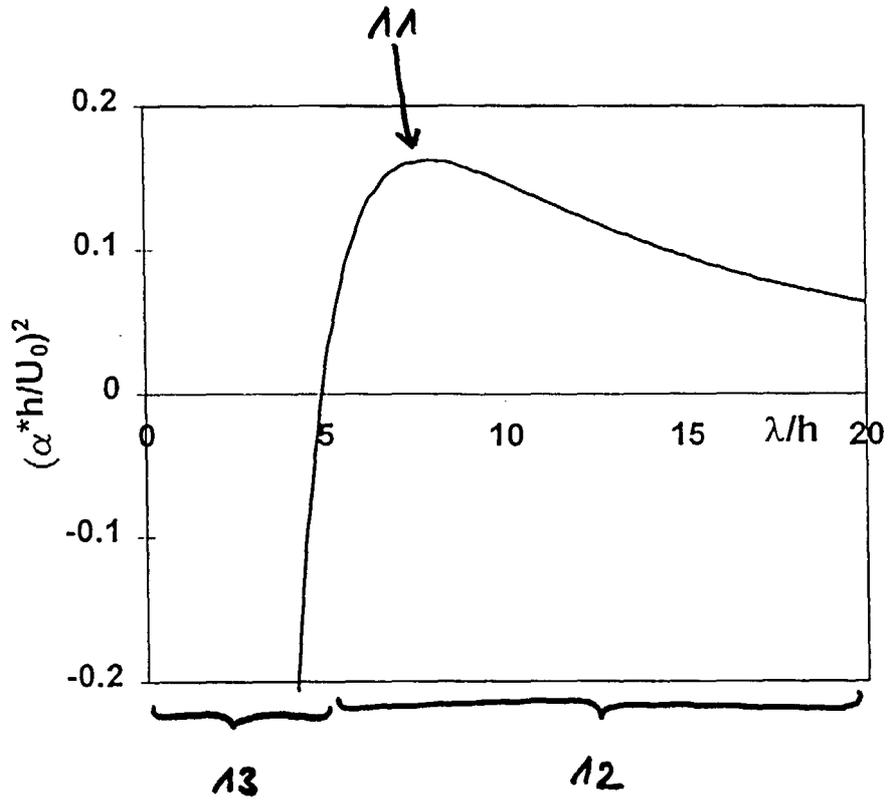


Fig. 2

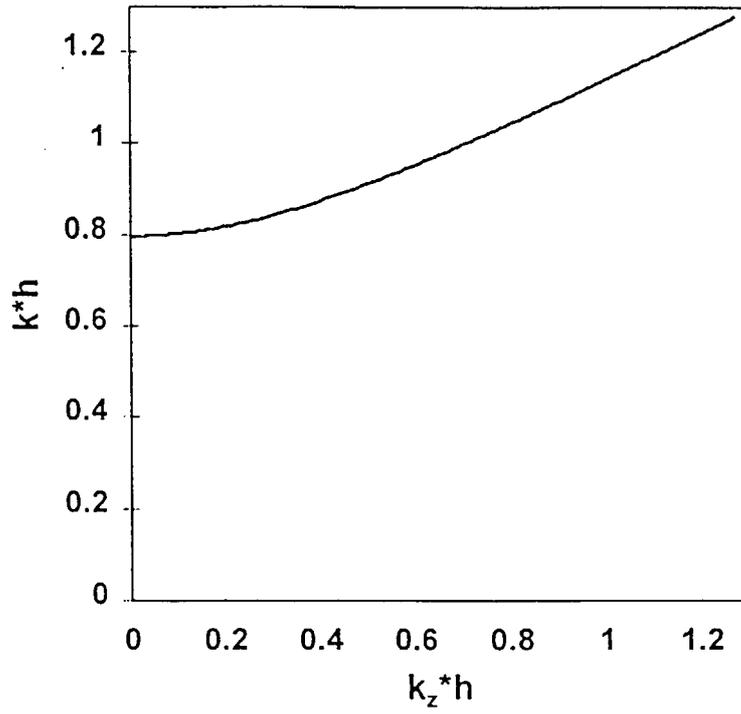


Fig. 3

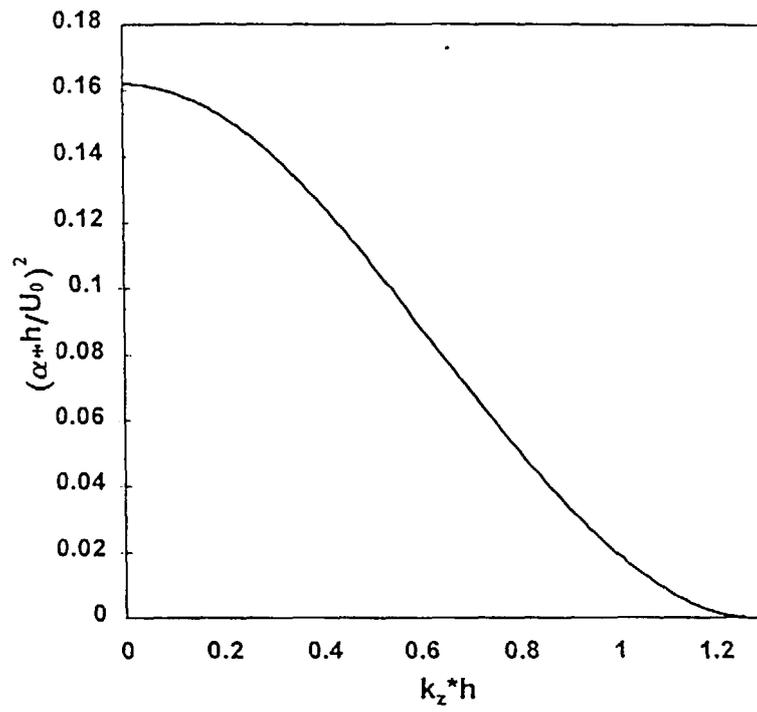


Fig. 4

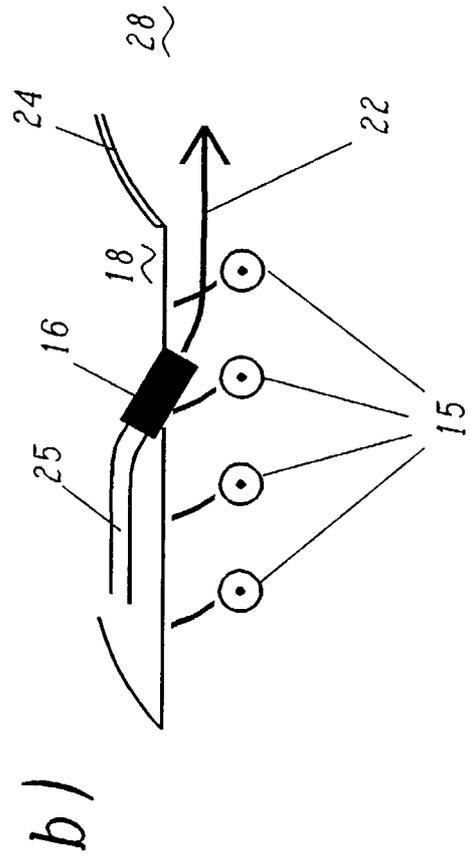
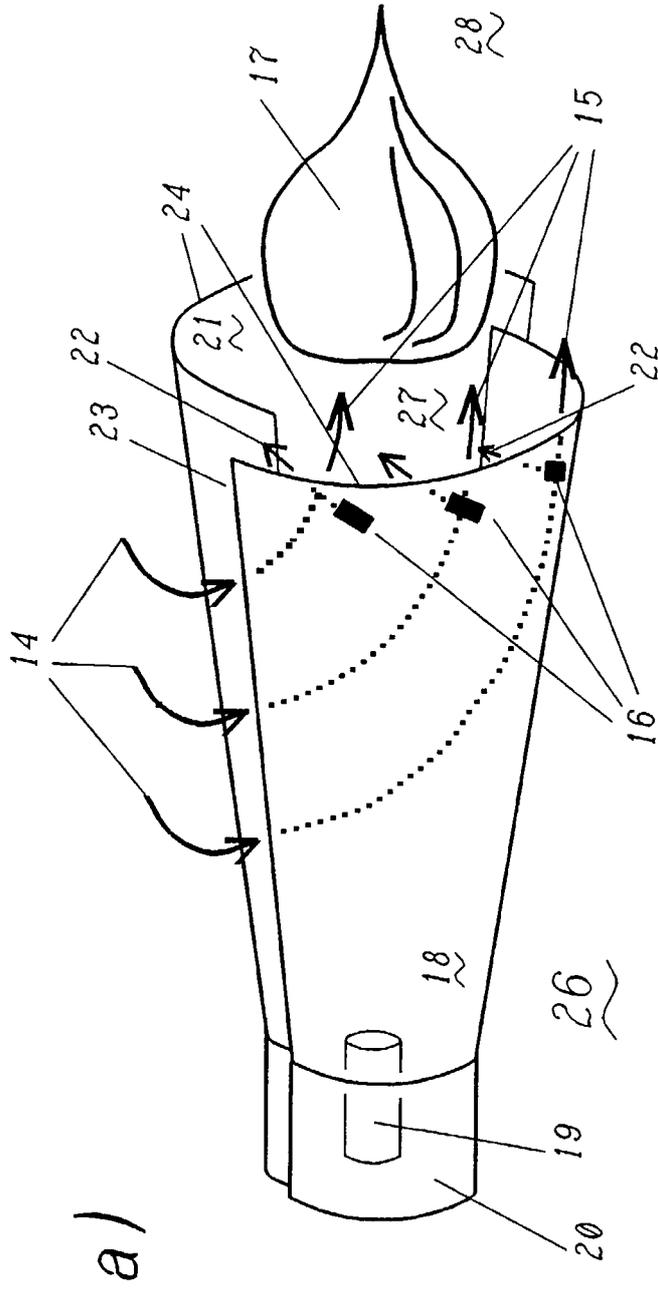


Fig. 5

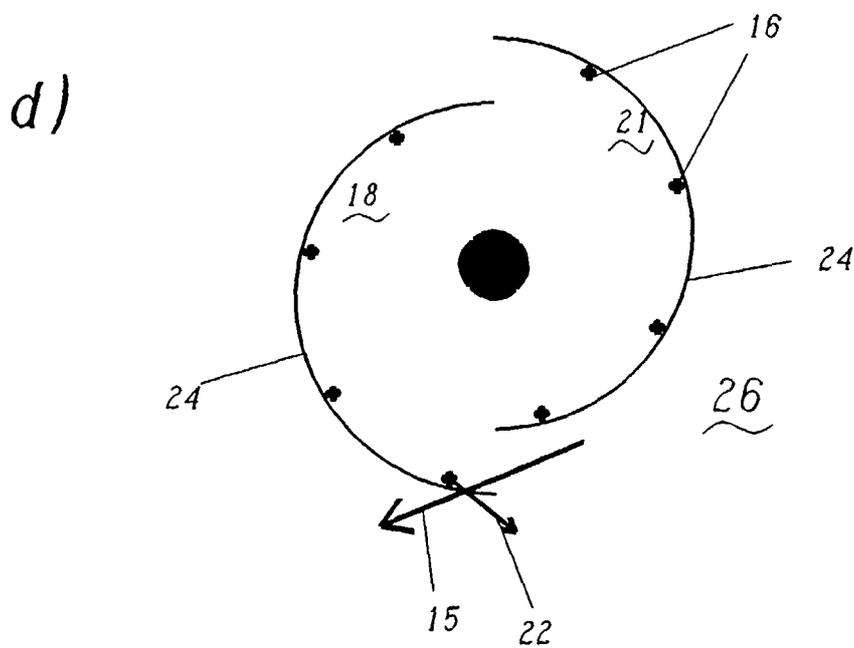
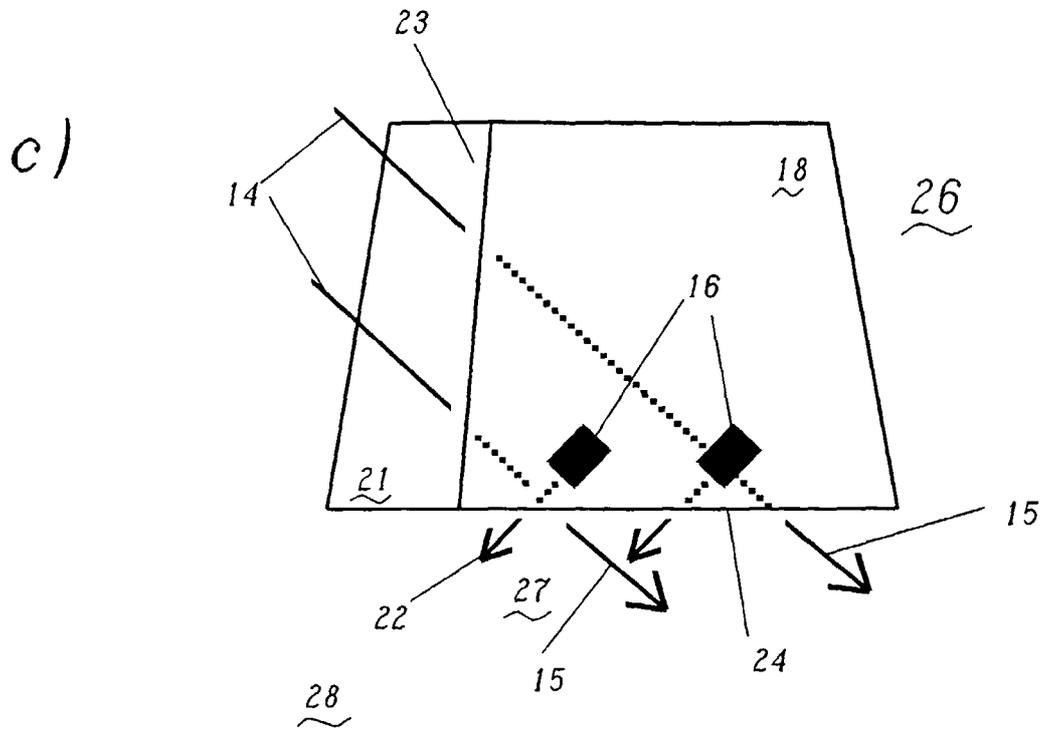


Fig. 5



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 81 0924

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US 3 879 939 A (MARKOWSKI STANLEY J) 29. April 1975 * Spalte 2, Zeile 62 - Spalte 3, Zeile 16 * * * Spalte 14, Zeile 25 - Zeile 38 * * Spalte 15, Zeile 1 - Zeile 9; Abbildungen 1,2,34 * ---	1-4, 6, 7	F23C7/00 F23D17/00 F23C7/02
A	EP 0 433 790 A (ASEA BROWN BOVERI) 26. Juni 1991 * das ganze Dokument * ---	9, 15	
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 7 * * Spalte 3, Zeile 34 - Zeile 43; Abbildung 1 * ---	1	
A	US 5 345 768 A (WASHAM ROY M ET AL) 13. September 1994 * Spalte 1, Zeile 59 - Spalte 2, Zeile 5 * * Spalte 2, Zeile 33 - Zeile 56; Abbildung 3 * -----	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) F23C F23D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 11. Februar 1999	Prüfer Coli, E
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 : nichtschriftliche 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 0924

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

11-02-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3879939 A	29-04-1975	KEINE	
EP 0433790 A	26-06-1991	CH 680467 A	31-08-1992
		AT 119650 T	15-03-1995
		CA 2032562 A	23-06-1991
		DE 59008639 D	13-04-1995
		JP 4136606 A	11-05-1992
		RU 2011117 C	15-04-1994
		US 5169302 A	08-12-1992
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 5345768 A	13-09-1994	KEINE	