



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑲ Anmeldenummer : **95810291.5**

⑤① Int. Cl.⁶ : **F23D 17/00, F23R 3/18**

⑳ Anmeldetag : **03.05.95**

③① Priorität : **19.05.94 DE 4417538**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
20.12.95 Patentblatt 95/51

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB IT NL

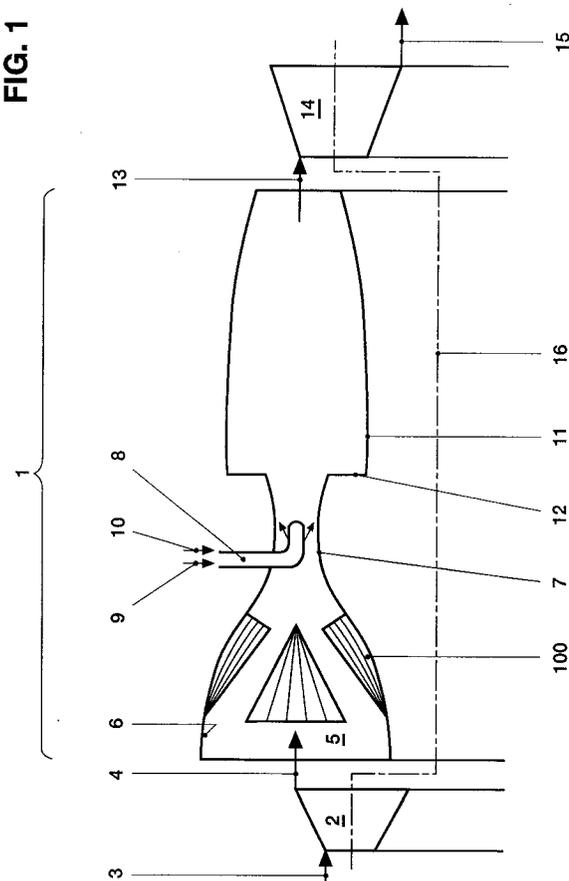
⑦① Anmelder : **ABB Management AG**
Haselstrasse 16
CH-5401 Baden (CH)

⑦② Erfinder : **Althaus, Rolf, Dr.**
The Entente 20F./Nr. 2003,
5-15 Koyo-cho-Naka
Higashinada-ku, Kobe 658 (JP)
Erfinder : **Chyou, Yau-Pin, Dr.**
9F-2, No.7 Lane 387,
Neihu Road,
Sec. 1
Nei-hu District, Taipei 114 (TW)
Erfinder : **Joos, Franz**
Zum Fernblick 5
D-79809 Weilheim/Bannholz (DE)
Erfinder : **Keller, Jakob J., Prof. Dr.**
17610 NE 35th Court
Redmond, Washington 98052 (US)

⑤④ **Brennkammer mit Selbstzündung**

⑤⑦ Bei einer im wesentlichen aus einer Zuströmzone (5) und einer Verbrennungszone (11) bestehenden Brennkammer mit Selbstzündung, weist die Zuströmzone (5) Wirbel-Generatoren (100) auf, von denen über den Umfang des durchströmten Kanals mehrere nebeneinander angeordnet sind. Stromab der Zuströmzone (5) schliesst sich eine Vormischzone (7) an, in welche ein gasförmiger und/oder flüssiger Brennstoff (9) als Sekundärströmung in eine gasförmige Hauptströmung (4) eingedüst wird. Zwischen Vormischzone (7) und der nachgeschalteten Verbrennungszone (11) ist der Übergang durch einen Querschnittsprung (12) charakterisiert, der den anfänglichen Strömungsquerschnitt der Verbrennungszone (11) induziert. Die Eindüsung des Brennstoffes (9) geschieht über eine Anzahl am Umfang verteilte Brennstofflanzen (8), wobei hier der Brennstoff (9) mit einem Anteil Stützluft (10) angereichert ist.

FIG. 1



Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkammer gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1.

5 Stand der Technik

Bei Brennerkonfigurationen mit einer Vormischstrecke und einer in Abströmungsrichtung zum nachgeschalteten Brennraum freien Mündung stellt sich immer wieder das Problem, wie auf einfachste Art und Weise eine stabile Flammenfront bei extrem niedrigen NOx-, CO- und UHC- (= ungesättigte Kohlen/Wasserstoffe) Emissionen erstellt werden kann. Diesbezüglich sind bereits verschiedene Vorschläge bekanntgeworden, die an sich nicht zu befriedigen vermochten. Eine bis anhin bekanntgewordene Ausnahme bildet die in EP-A1-0 321 809 offenbarte Erfindung, deren Vorschläge betreffend die Flammenstabilisierung, den Wirkungsgrad und die Schadstoff-Emissionen, insbesondere was die NOx-Emissionen betrifft, einen Qualitätssprung darstellen. Es gibt indessen Feuerungsanlagen, bei welchen der obengenannte Erfindungsgegenstand aus verschiedenen Gründen nicht zum Einsatz gelangen kann, womit dort gezwungenermassen nach wie vor mit einer überholten Technik gefahren werden muss, sei es, dass Diffusionsbrenner zum Einsatz gelangen, sei es, dass die Vormischstrecke im Bereich der Flammenfront mit Drallerzeugern oder Flammenhaltern ergänzt wird. Im ersten Fall muss stets mit hohen NOx-Emissionen gerechnet werden, deren Ausstossmenge längst nicht mehr mit den neueren Gesetzgebungen der marktmässig wichtigsten Länder im Einklang steht; im zweiten Fall ist trotz Einbau der vorgeschlagenen Vorkehrungen immer noch ein Flammenrückschlag von der Flammenzone ins Innere der Vormischstrecke möglich, insbesondere entlang der Innenwand, wo naturgemäss eine relativ kleine Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft vorherrscht. Eine typische Feuerungsanlage, bei welcher die genannten Techniken gegen einen Flammenrückschlag versagen müssen, betrifft eine auf Selbstzündung ausgelegte Brennkammer. Hier handelt es sich in der Regel um ein weitgehend zylindrisches Rohr oder um eine Ringbrennkammer, worin ein Arbeitsgas mit einer relativ hohen Temperatur einströmt, dort mit einem eingedüsten Brennstoff zur Bildung eines Gemisches kommt, wobei der Brennstoff eine Selbstzündung auslöst. Die kalorische Aufbereitung des Arbeitsgases zu Heissgas findet allein innerhalb dieses Rohres oder dieser Ringbrennkammer statt. Handelt es sich um eine Nachbrennkammer, welche zwischen einer Hochdruck- und Niederdruck-Turbine wirkt, so ist es schon aus Platzgründen unmöglich, Vormischbrenner einzubauen oder Hilfsmittel gegen einen Flammenrückschlag vorzusehen, weshalb bis anhin auf diese an sich attraktive Verbrennungstechnik verzichtet werden musste. Geht das Postulat dahin, eine Ringbrennkammer als Nachbrennkammer einer auf einer Welle gelagerten Gasturbogruppe vorzusehen, so ergeben sich betreffend der Minimierung der Länge dieser Brennkammer zusätzliche Probleme, welche mit der Flammenstabilisierung im Zusammenhang stehen.

35

Darstellung der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Brennkammer der eingangs genannten Art Massnahmen vorzuschlagen, welche eine Flammenstabilisierung induzieren und die Schadstoff-Emissionen minimieren.

40

Die Verbrennungsluft für diese Brennkammer wird über Drallerzeuger (= Wirbel-Generatoren) derart verdrallt, dass in der Vormischstrecke keine Rezirkulationsgebiete im Nachlauf der genannten Wirbel-Generatoren auftreten. In diese grossräumige Drallstrukturen wird ein Brennstoff eingebracht. Hierzu eignet sich eine in den Kanal ragende Brennstofflanze.

45

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass die von den Wirbel-Generatoren stammende Drallströmung zum einen für eine grossräumige Verteilung des eingebrachten Brennstoffes sorgt, zum anderen bewirkt diese Turbulenz eine Homogenisierung bei der Gemischbildung von Verbrennungsluft mit Brennstoff.

50

Indessen, vorgemischte Brennstoff/Luft-Mischungen neigen im allgemeinen zur Selbstzündung, demnach zu einem Flammenrückschlag. Der Vorteil der Erfindung ist hier darin zu sehen, dass die Eindüsung des Brennstoffes hinter einer sich verengenden Stelle im Vormischkanal erfolgt. Diese Verengung bietet den Vorteil, dass die Turbulenz durch Anhebung der Axialgeschwindigkeit vermindert wird, was die Gefahr eines Flammenrückschlages durch die Veränderung der turbulenten Flammengeschwindigkeit minimiert.

55

Des weiteren, die Aufenthaltszeit zur Verhinderung einer Selbstzündung wird verringert.

Ferner, die grossräumige Verteilung des Brennstoffes wird weiterhin gewährleistet, da die Umfangskomponente der Drallströmung nicht beeinträchtigt wird.

Nach der verengenden Stelle im Vormischkanal wird die Axialkomponente durch die dort stattfindende Öffnung wieder vermindert: der Vorteil daraus ist darin zu sehen, dass die nun stärker werdende Turbulenz

für eine homogene Vermischung sorgt.

Abströmungsseitig des Vormischkanals findet eine Querschnittserweiterung statt, deren Grösse den eigentlichen Strömungsquerschnitt des Brennraumes oder der Verbrennungszone ergibt. Innerhalb dieser Querschnittserweiterung bilden sich während des Betriebes Randzonen, in welchen durch den dort strömungsbedingt entstehenden Unterdruck Wirbelablösungen, d.h. Wirbelringe, entstehen, welche wiederum zu einer Stabilisierung der Flammenfront führen. Diese Konfiguration ist besonders dort vorteilhaft, wo die Brennkammer auf Selbstzündung ausgelegt ist. Eine solche Brennkammer hat nämlich vorzugsweise im wesentlichen die Form einer annularen oder ringförmigen Brennkammer, sie ist von kurzer axialer Baulänge, und sie wird mit einem Arbeitsgas hoher Temperatur und hoher Geschwindigkeit durchströmt. Die genannten peripheren Wirbelablösungen stabilisieren die Flammenfront, dergestalt, dass keine zusätzliche Vorkehrungen mehr gegen eine Rückzündung der Flamme vonnöten sind.

Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den weiteren abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden werden anhand der Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

20

Es zeigt:

- Fig. 1 eine selbstzündende Brennkammer, als Ringbrennkammer konzipiert,
- Fig. 2 eine perspektivische Darstellung des Wirbel-Generators,
- Fig. 3 eine Ausführungsvariante des Wirbel-Generators,
- 25 Fig. 4 eine Anordnungsvariante des Wirbel-Generators nach Fig. 3,
- Fig. 5 einen Wirbel-Generator im Vormischkanal,
- Fig. 6-12 Varianten der Brennstoffzuführung im Zusammenhang mit Wirbel-Generatoren,
- Fig. 13 eine Ausführung einer Lanze zur Eindüsung von Brennstoff und Stützluft, in Anströmungsrichtung und von vorne gesehen und
- 30 Fig. 14 ein Anfahrtdiagramm der Brennkammer bezüglich der Interdependenz zwischen Brennstoff und Stützluft.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwertbarkeit

Fig. 1 zeigt, wie aus der Wellenachse 16 hervorgeht, eine Ringbrennkammer 1, welche im wesentlichen die Form eines zusammenhängenden annularen oder quasi-annularen Zylinders aufweist. Darüber hinaus kann eine solche Brennkammer auch aus einer Anzahl axial, quasi-axial oder schraubenförmig angeordneter und einzeln in sich abgeschlossener Brennräume bestehen. Solche Ringbrennkammern eignen sich vorzüglich, als selbstzündende Brennkammern betrieben zu werden, welche in Strömungsrichtung zwischen zwei auf einer Welle gelagerten Turbinen plaziert sind. Wird eine solche Ringbrennkammer 1 auf Selbstzündung betrieben, so ist die stromauf wirkende Turbine 2 nur auf eine Teilentspannung der Heissgase 3 ausgelegt, womit die Abgase 4 stromab dieser Turbine 2 noch mit einer recht hohen Temperatur in die Zuströmzone 5 der Ringbrennkammer 1 strömen. Diese Zuströmzone 5 ist innenseitig und in Umfangsrichtung der Kanalwand 6 mit einer Reihe von wirbelerzeugenden Elementen 100, im folgenden nur noch Wirbel-Generatoren genannt, bestückt, auf welche weiter unten noch näher eingegangen wird. Die Abgase 4 werden durch die Wirbel-Generatoren 100 derart verdrallt, dass in der anschliessenden Vormischstrecke 7 keine Rezirkulationsgebiete im Nachlauf der genannten Wirbel-Generatoren 100 auftreten. In Umfangsrichtung dieser als Venturikanal ausgebildete Vormischstrecke 7 sind mehrere Brennstoffflanzen 8 disponiert, welche die Zuführung eines Brennstoffes 9 und einer Stützluft 10 übernehmen. Auf diese Brennstoffflanzen 8 wird weiter unten näher eingegangen. Die Zuführung dieser Medien zu den einzelnen Brennstoffflanzen 8 kann beispielsweise über eine nicht gezeigte Ringleitung vorgenommen werden. Die von den Wirbel-Generatoren 100 ausgelöste Drallströmung sorgt für eine grossräumige Verteilung des eingebrachten Brennstoffes 9, allenfalls auch der zugemischten Stützluft 10. Des weiteren sorgt die Drallströmung für eine Homogenisierung des Gemisches aus Verbrennungsluft und Brennstoff. Der durch die Brennstofflanze 8 in die Abgase 4 eingedüster Brennstoff 9 löst eine Selbstzündung aus, soweit diese Abgase 4 jene spezifische Temperatur aufweisen, welche die brennstoffabhängige Selbstzündung auszulösen vermag. Wird die Ringbrennkammer 1 mit einem gasförmigen Brennstoff betrieben, muss für die Inizierung einer Selbstzündung eine Temperatur der Abgase 4 grösser 850°C vorliegen. Bei einer solchen Verbrennung besteht, wie bereits oben gewürdigt, an sich die Gefahr eines Flammenrückschlages. Dieses Problem wird behoben, indem einerseits die Vormischzone 7 als Venturikanal ausgebildet wird, andererseits indem die Eindüsung des Brennstoffes 9 im Bereich der grössten Einschnürung in der Vor-

mischzone 7 disponiert wird. Durch die Verengung in der Vormischzone 7 wird die Turbulenz durch die Anhebung der Axialgeschwindigkeit vermindert, was die Rückschlaggefahr durch die Verminderung der turbulenten Flammengeschwindigkeit minimiert wird. Andererseits wird die grossräumige Verteilung des Brennstoffes 9 weiterhin gewährleistet, da die Umfangskomponente der von den Wirbel-Generatoren 100 stammenden Drallströmung nicht beeinträchtigt wird. Hinter der relativ kurz gehaltenen Vormischzone 7 schliesst sich eine Verbrennungszone 11 an. Der Uebergang zwischen der beiden Zonen wird durch einen radialen Querschnittsprung 12 gebildet, der zunächst den Durchflussquerschnitt der Verbrennungszone 11 induziert. In der Ebene des Querschnittsprunges 12 stellt sich auch eine Flammenfront ein. Um eine Rückzündung der Flamme ins Innere der Vormischzone 7 zu vermeiden muss die Flammenfront stabil gehalten werden. Zu diesem Zweck werden die Wirbel-Generatoren 100 so ausgelegt, dass in der Vormischzone 7 noch keine Rezirkulation stattfindet; erst nach der plötzlichen Querschnittserweiterung ist das Aufplatzen der Drallströmung erwünscht. Die Drallströmung unterstützt das schnelle Wiederanlegen der Strömung hinter dem Querschnittsprung 12, so dass durch die möglichst vollständige Ausnutzung des Volumens der Verbrennungszone 11 ein hoher Ausbrand bei kurzer Baulänge erzielt werden kann. Innerhalb dieses Querschnittsprunges 12 bildet sich während des Betriebes eine strömungsmässige Randzone, in welcher durch den dort vorherrschenden Unterdruck Wirbelablösungen entstehen, welche dann zu einer Stabilisierung der Flammenfront führen. Die in der Verbrennungszone 11 aufbereiteten Abgase 4 zu Heissgasen 14 beaufschlagen anschliessend eine weitere stromab wirkende Turbine 14. Die Abgase 15 können anschliessend zum Betrieb eines Dampfkreislaufes herangezogen werden, wobei im letztgenannten Fall die Anlage dann eine Kombianlage ist.

In den Figuren 2, 3 und 4 ist die eigentliche Zuströmzone 5 nicht dargestellt. Dargestellt ist hingegen durch einen Pfeil die Strömung der Abgase 4, womit auch die Strömungsrichtung vorgegeben ist. Gemäss diesen Figuren besteht ein Wirbel-Generator 100, 101, 102 im wesentlichen aus drei frei umströmten dreieckigen Flächen. Es sind dies eine Dachfläche 110 und zwei Seitenflächen 111 und 113. In ihrer Längserstreckung verlaufen diese Flächen unter bestimmten Winkeln in Strömungsrichtung. Die Seitenwände der Wirbel-Generatoren 100, 101, 102, welche vorzugsweise aus rechtwinkligen Dreiecken bestehen, sind mit ihren Längsseiten auf der bereits angesprochenen Kanalwand 6 fixiert, vorzugsweise gasdicht. Sie sind so orientiert, dass sie an ihren Schmalseiten einen Stoss bilden unter Einschluss eines Pfeilwinkels α . Der Stoss ist als scharfe Verbindungskante 116 ausgeführt und steht senkrecht zu jeder Kanalwand 6, mit welcher die Seitenflächen bündig sind. Die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen 111, 113 sind in Fig. 4 symmetrisch in Form, Grösse und Orientierung, sie sind beidseitig einer Symmetrieachse 117 angeordnet, welche gleichgerichtet wie die Kanalachse ist.

Die Dachfläche 110 liegt mit einer quer zum durchströmten Kanal verlaufenden und sehr schmal ausgebildeten Kante 115 an der gleichen Kanalwand 6 an wie die Seitenflächen 111, 113. Ihre längsgerichteten Kanten 112, 114 sind bündig mit den in den Strömungskanal hineinragenden, längsgerichteten Kanten der Seitenflächen 111, 113. Die Dachfläche 110 verläuft unter einem Anstellwinkel Θ zur Kanalwand 6, deren Längskanten 112, 114 bilden zusammen mit der Verbindungskante 116 eine Spitze 118. Selbstverständlich kann der Wirbel-Generator 100, 101, 102 auch mit einer Bodenfläche versehen sein, mit welcher er auf geeignete Weise an der Kanalwand 6 befestigt ist. Eine derartige Bodenfläche steht indessen in keinem Zusammenhang mit der Wirkungsweise des Elementes.

Die Wirkungsweise des Wirbel-Generators 100, 101, 102 ist die folgende: Beim Umströmen der Kanten 112 und 114 wird die Hauptströmung in ein Paar gegenläufiger Wirbel umgewandelt, wie dies in den Figuren schematisch skizziert ist. Die Wirbelachsen liegen in der Achse der Hauptströmung. Die Drallzahl und der Ort des Wirbelaufplatzens (Vortex Breakdown), sofern letzteres angestrebt wird, werden durch entsprechende Wahl des Anstellwinkels Θ und des Pfeilwinkels α bestimmt. Mit steigenden Winkeln wird die Wirbelstärke bzw. die Drallzahl erhöht, und der Ort des Wirbelaufplatzens verschiebt sich stromaufwärts bis hin in den Bereich des Wirbel-Generators 100, 101, 102 selbst. Je nach Anwendung sind diese beiden Winkel Θ und α durch konstruktive Gegebenheiten und durch den Prozess selbst vorgegeben. Angepasst werden müssen diese Wirbel-Generatoren nur noch bezüglich Länge und Höhe, wie dies weiter unten unter Fig. 5 noch detailliert zur Ausführung gelangen wird.

In Fig. 2 bildet die Verbindungskante 116 der beiden Seitenflächen 111, 113 die stromabwärtsseitige Kante des Wirbel-Generators 100. Die quer zum durchströmten Kanal verlaufende Kante 115 der Dachfläche 110 ist somit die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagte Kante.

In Fig. 3 ist ein sogenannter halber "Wirbel-Generator" auf der Basis eines Wirbel-Generators nach Fig. 2 gezeigt. Beim hier gezeigten Wirbel-Generator 101 ist nur die eine der beiden Seitenflächen mit dem Pfeilwinkel $\alpha/2$ versehen. Die andere Seitenfläche ist gerade und in Strömungsrichtung ausgerichtet. Im Gegensatz zum symmetrischen Wirbel-Generator wird hier nur ein Wirbel an der gepfeilten Seite erzeugt, wie dies in der Figur versinnbildlicht wird. Demnach liegt stromab dieses Wirbel-Generators kein wirbelneutrales Feld vor, sondern der Strömung wird ein Drall aufgezwungen.

Fig. 4 unterscheidet sich gegenüber Fig. 2 insoweit, als hier die scharfe Verbindungskante 116 des Wirbel-Generators 102 jene Stelle ist, welche von der Kanalströmung zuerst beaufschlagt wird. Das Element ist demnach um 180 gedreht. Wie aus der Darstellung ersichtlich ist, haben die beiden gegenläufigen Wirbel ihren Drehsinn geändert.

5 Fig. 5 zeigt die grundsätzliche Geometrie eines in einem Kanal 5 eingebauten Wirbel-Generators 100. In der Regel wird man die Höhe h der Verbindungskante 116 mit der Kanalhöhe H , oder der Höhe des Kanalteils, welchem dem Wirbel-Generator zugeordnet ist, so abstimmen, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromab des Wirbel-Generators 100 bereits eine solche Grösse erreicht, dergestalt, dass damit die volle Kanalhöhe H ausgefüllt wird. Dies führt zu einer gleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung in dem beaufschlagten Querschnitt. Ein weiteres Kriterium, das Einfluss auf das zu wählende Verhältnis der beiden Höhen h/H nehmen kann, ist der Druckabfall, der beim Umströmen des Wirbel-Generators 100 auftritt. Es versteht sich, dass mit grösserem Verhältnis h/H auch der Druckverlustbeiwert ansteigt.

10 Die Wirbel-Generatoren 100, 101, 102 werden hauptsächlich dort eingesetzt, wo es darum geht, zwei Strömungen miteinander zu mischen. Die Hauptströmung 4 in Form von Verbrennungsluft attackiert in Pfeilrichtung die quergerichtete Kante 115 respektiv die Verbindungskante 116. Die Sekundärströmung in Form eines gasförmigen und/oder flüssigen Brennstoffes, der allenfalls mit einem Anteil Stützluft angereichert ist (Vgl. Fig. 13), weist einen wesentlichen kleineren Massenstrom als die Hauptströmung auf. Diese Sekundärströmung wird im vorliegenden Fall stromab des Wirbel-Generators in die Hauptströmung eingeleitet, wie dies aus Fig. 1 besonders gut hervorgeht.

20 Im dargestellten Beispiel gemäss Fig. 1 sind vier Wirbel-Generatoren 100 mit Abstand über den Umfang des Kanals 5 verteilt. Selbstverständlich können die Wirbel-Generatoren in Umfangsrichtung auch so aneinander gereiht werden, dass keine Zwischenräume an der Kanalwand 6 freigelassen werden. Für die Wahl der Anzahl und der Anordnung der Wirbel-Generatoren ist letztlich der zu erzeugenden Wirbel entscheidend.

25 Die Figuren 6-12 zeigen weitere mögliche Formen der Einführung des Brennstoffes in die Verbrennungsluft 4. Diese Varianten können auf vielfältige Weise miteinander und mit einer zentralen Brennstoffeindüsung, wie sie beispielsweise aus Fig. 1 hervorgeht, kombiniert werden.

30 In Fig. 6 wird der Brennstoff, zusätzlich zu Kanalwandbohrungen 120, die sich stromabwärts der Wirbel-Generatoren befinden, auch über Wandbohrungen 121 eingedüst, die sich unmittelbar neben der Seitenflächen 111, 113 und in deren Längserstreckung in der gleichen Kanalwand 6 befinden, an der die Wirbel-Generatoren angeordnet sind. Die Einleitung des Brennstoffes durch die Wandbohrungen 121 verleiht den erzeugten Wirbeln einen zusätzlichen Impuls, was die Lebensdauer des Wirbel-Generators verlängert.

35 In Fig. 7 und 8 wird der Brennstoff über einen Schlitz 122 oder über Wandbohrungen 123 eingedüst, wobei sich beide Vorkehrungen unmittelbar vor der quer zum durchströmten Kanal verlaufenden Kante 115 der Dachfläche 110 und in deren Längserstreckung in der gleichen Kanalwand 6 befinden, an der die Wirbel-Generatoren angeordnet sind. Die Geometrie der Wandbohrungen 123 oder des Schlitzes 122 ist so gewählt, dass der Brennstoff unter einem bestimmten Eindüsungswinkel in die Hauptströmung 4 eingegeben wird und den nachplazierten Wirbel-Generator als Schutzfilm gegen die heisse Hauptströmung 4 durch Umströmung weitgehend abschirmt.

40 In den nachstehend beschriebenen Beispielen wird die Sekundärströmung (Vgl. oben) zunächst über nicht gezeigte Führungen durch die Kanalwand 6 ins hohle Innere der Wirbel-Generatoren eingeleitet. Damit wird, ohne weitere Dispositiven vorzusehen, eine interne Kühlmöglichkeit für die Wirbel-Generatoren geschaffen.

45 In Fig. 9 wird der Brennstoff über Wandbohrungen 124 eingedüst, welche sich innerhalb der Dachfläche 110 unmittelbar hinter und entlang der quer zum durchströmten Kanal verlaufenden Kante 115. Die Kühlung des Wirbel-Generators erfolgt hier mehr extern als intern. Die austretende Sekundärströmung bildet beim Umströmen der Dachfläche 110 eine diese gegen die heisse Hauptströmung 4 abschirmende Schutzschicht.

In Fig. 10 wird der Brennstoff über Wandbohrungen 125 eingedüst, welche innerhalb der Dachfläche 110 entlang der Symmetrielinie 117 gestaffelt angeordnet sind. Mit dieser Variante werden die Kanalwände 6 besonders gut vor der heissen Hauptströmung 4 geschützt, da der Brennstoff zunächst am Aussenumfang der Wirbel eingeführt wird.

50 In Fig. 11 wird der Brennstoff über Wandbohrungen 126 eingedüst, die sich in den längsgerichteten Kanten 112, 114 der Dachfläche 110 befinden. Diese Lösung gewährleistet eine gute Kühlung der Wirbel-Generatoren, da der Brennstoff an dessen Extremitäten austritt und somit die Innenwandungen des Elementes voll umspült. Die Sekundärströmung wird hier direkt in den entstehenden Wirbel hineingegeben, was zu definierten Strömungsverhältnissen führt.

55 In Fig. 12 geschieht die Eindüsung über Wandbohrungen 127, die sich in den Seitenflächen 111 und 113 befinden, einerseits im Bereich der Längskanten 112 und 114, andererseits im Bereich der Verbindungskante 116. Diese Variante ist wirkungsähnlich wie jene aus Fig. 6 (Bohrungen 121) und aus Fig. 11 (Bohrungen 126).

Fig. 13 zeigt eine Ausführung einer Brennstofflanze 8 in Anströmungsrichtung 4 und von vorne. Diese Lan-

ze ist für eine zentrale Brennstoffeindüsung ausgelegt. Sie ist für etwa 10% des Gesamtvolumenstrom durch den Kanal dimensioniert, wobei der Brennstoff 9 quer zur Strömungsrichtung eingedüst wird. Selbstverständlich kann auch eine Längseindüsung des Brennstoffes in Strömungsrichtung vorgesehen werden. In diesem Fall entspricht der Eindüsungsimpuls etwa jenem der Hauptströmung. Der eingedüste Brennstoff 9 wird in Verbindung mit einem Anteil an Stützluft 10 über mehrere radiale Oeffnungen 17 von den stromauf initiierten Wirbeln mitgerissen und mit der Hauptströmung 4 vermischt. Der eingedüste Brennstoff 9 folgt dem schraubenförmigen Verlauf der Wirbel (Vgl. Fig. 2-4) und wird stromab der Wirbel in der Kammer gleichmässig feinverteilt. Dadurch reduziert sich die Gefahr von Aufprallstrahlen an der gegenüberliegenden Kanalwand sowie die Bildung von sogenannten "hot spots", wie dies bei einer unverwirbelten Strömung der Fall ist. Da der hauptsächliche Mischprozess in den Wirbeln erfolgt, und er weitgehend unempfindlich gegen den Eindüsungsimpuls der Sekundärströmung ist, kann die Brennstoffeinspritzung flexibel gehalten werden und an andere Grenzbedingungen angepasst werden. So kann im ganzen Lastbereich an sich der gleiche Eindüsungsimpuls beibehalten werden, wobei hier der Vollständigkeit halber auf die Ausführungen unter Fig. 14 verwiesen wird. Demnach, da die Mischungsgüte weitgehend von der Geometrie der Wirbel-Generatoren bestimmt wird, muss allenfalls bloss im transienten Bereich auf die Brennstoffeindüsung eingegriffen werden. Indem der Verbrennungsprozess durch Anpassen der Zündverzugszeit des Brennstoffes 9 an der Mischzeit der Wirbel optimiert wird, ist eine allgemeine Minimierung der Schadstoff-Emissionen gewährleistet. Des weiteren ist hervorzuheben, dies im Zusammenhang mit der Beschreibung der Wirbel-Generatoren unter Fig. 2-4, dass die intensive Vermischung ein gutes Temperaturprofil über den ganzen durchströmten Querschnitt ergibt, was bewirkt, dass das Auftreten von thermoakustischen Instabilitäten reduziert wird. Sonach wirken die Wirbel-Generatoren, für sich allein betrachtet, als Dämpfungsmassnahme gegen thermoakustische Schwingungen. Die Brennstofflanze 8 weist des weiteren die bereits angetippte Zuführung von Stützluft 10 auf. Nachfolgend wird auf diese Betriebsart näher eingetreten.

Fig. 14 zeigt ein Schema betreffend Zuführung von Brennstoff 9 und Stützluft 10, und nach welchem die beschriebene Brennkammer angefahren wird. Dabei geht es hier darum, beim Anfahren jene Bedingungen zu erstellen, welche eine optimale Mischung des eingedüsten Brennstoffes gegenüber der Hauptströmung gewährleisten, also optimales Zündungsverhalten und optimale Verbrennung im transienten Bereich bis hin zur Vollast der Brennkammer. Die Ordinate Y trägt die Menge der eingedüsten Medien zueinander auf, die Abszisse X die Last der Anlage. Nun ist ersichtlich, dass beim Start die Menge Stützluft 10 maximal ist; sie nimmt mit zunehmender Last der Brennkammer sukzessiv ab, während der eingedüste Brennstoff 9 allmählich zunimmt. Bei Vollast weist der Brennstoff 9 immer noch einen Anteil Z an Stützluft 10 auf. Der Vorteil dieser Verfahrensweise ist darin zu sehen, dass die Stützluft 10 sich gut eignet, Flexionen des Brennstoffimpulses, welche eine Verschlechterung der Vermischung bewirken, abzufangen. Des weiteren, schlagartige Veränderungen des Brennstoffimpulses führen zu thermoakustischen Instabilitäten innerhalb der Brennkammer. Dies wird durch eine ständige Zuführung eines minimalen Anteils Z an Stützluft 10 verhindert.

Bezugszeichenliste

1	Ringbrennkammer
2	Turbine
3	Heissgase
4	Abgase
5	Zuströmzone, Kanal der Zuströmzone
6	Kanalwand der Zuströmzone
7	Vormischzone
8	Brennstofflanze
9	Brennstoff
10	Stützluft
11	Verbrennungszone
12	Querschnittssprung
13	Heissgase
14	Turbine
15	Abgase
16	Wellenachse
17	Oeffnungen für Eindüsung Brennstoff/Stützluft
100, 101, 102	Wirbel-Generatoren
110	Dachfläche
111, 113	Seitenflächen

	112, 114	Längsgerichtete Kanten
	115	Querverlaufende Kante
	116	Verbindungskante
	117	Symmetrieachse
5	120-127	Bohrungen zur Eindüsung eines Brennstoffes
	L, h,	Abmessungen des Wirbel-Generators
	H	Höhe des Kanals
	α	Pfeilwinkel
	Θ	Anstellwinkel
10	Y	Ordinate Schema Fig. 14
	X	Abszisse Schema Fig. 14
	Z	Anteil Stützluft bei Vollast

15 Patentansprüche

1. Brennkammer mit Selbstzündung, welche im wesentlichen aus einer Zuströmzone und einer Verbrennungszone besteht, wobei beide Zonen nacheinander geschaltet sind und dieselbe Strömungsrichtung aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuströmzone (5) Wirbel-Generatoren (100, 101, 102) aufweist, von denen über dem Umfang des durchströmten Kanals mehrere nebeneinander angeordnet sind, dass sich stromab der Zuströmzone (5) eine Vormischzone (7) anschliesst, in welche ein gasförmiger und/oder flüssiger Brennstoff (9) als Sekundärströmung in eine gasförmige Hauptströmung (4) eindüsbar ist, dass zwischen Vormischzone (7) und Verbrennungszone (11) ein Querschnittsprung (12) vorhanden ist, der den anfänglichen Strömungsquerschnitt der Verbrennungszone (11) induziert.
2. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoff (9) mit einem Anteil Stützluft (10) versehen ist.
3. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1, 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vormischzone (7) ein venturiförmiger Kanal ist, und dass der Brennstoff (9) über eine Brennstoffdüse (8) längs oder quer zur Hauptströmung (4) im Bereich der grössten Einschnürung des venturiförmigen Kanals eindüsbar ist.
4. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer eine Ringbrennkammer (1) ist.
5. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wirbel-Generator (100) drei frei umströmte Flächen aufweist, die sich in Strömungsrichtung erstrecken, von denen eine die Dachfläche (110) und die beiden anderen die Seitenflächen (111, 113) bilden, dass die Seitenflächen (111, 113) mit einem gleichen Wandsegment des Kanals (5) bündig sind und miteinander den Pfeilwinkel (α) einschliessen, dass die Dachfläche (110) mit einer quer zum durchströmten Kanal (5) verlaufende Kante (115) am gleichen Wandsegment des Kanals (6) anliegt wie die Seitenflächen (111, 113), und dass längsgerichtete Kanten (112, 114) der Dachfläche (110) bündig mit den in den Kanal (5) hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen (111, 113) sind und unter einem Anstellwinkel (Θ) zum Wandsegment des Kanals (5) verlaufen.
6. Brennkammer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel (α) einschliessenden Seitenflächen (11, 113) des Wirbel-Generators (100) symmetrisch um eine Symmetrieachse (117) angeordnet sind.
7. Brennkammer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel (α , $\alpha/2$) einschliessenden Seitenflächen (111, 113) eine Verbindungskante (116) miteinander umfassen, welche zusammen mit den längsgerichteten Kanten (112, 114) der Dachfläche (110) eine Spitze (118) bilden, und dass die Verbindungskante (116) in der Radiale des kreisförmigen Kanals (5) liegt.
8. Brennkammer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungskante (116) und/oder die längsgerichteten Kanten (112, 114) der Dachfläche (110) zumindest annähernd scharf ausgebildet ist.
9. Brennkammer nach den Ansprüchen 1, 5, 6, 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Symmetrieachse (117) des Wirbel-Generators (100) parallel zur Kanalachse verläuft, dass die Verbindungskante (116) der bei-

den Seitenflächen (111, 113) die stromabwärtige Kante des Wirbel-Generators (100) bildet, und dass die quer zum durchströmten Kanal (5) verlaufende Kante (115) der Dachfläche (10) die von der Hauptströmung (4) zuerst beaufschlagte Kante ist.

- 5 **10.** Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis Höhe (h) des Wirbel-Generators zur Höhe (H) des Kanals (5) so gewählt ist, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromab des Wirbel-Generators (100) die volle Höhe (H) des Kanals (5) und die volle Höhe (h) des dem Wirbel-Generator (100) zugeordneten Kanalteils ausfüllt.

10

15

20

25

30

35

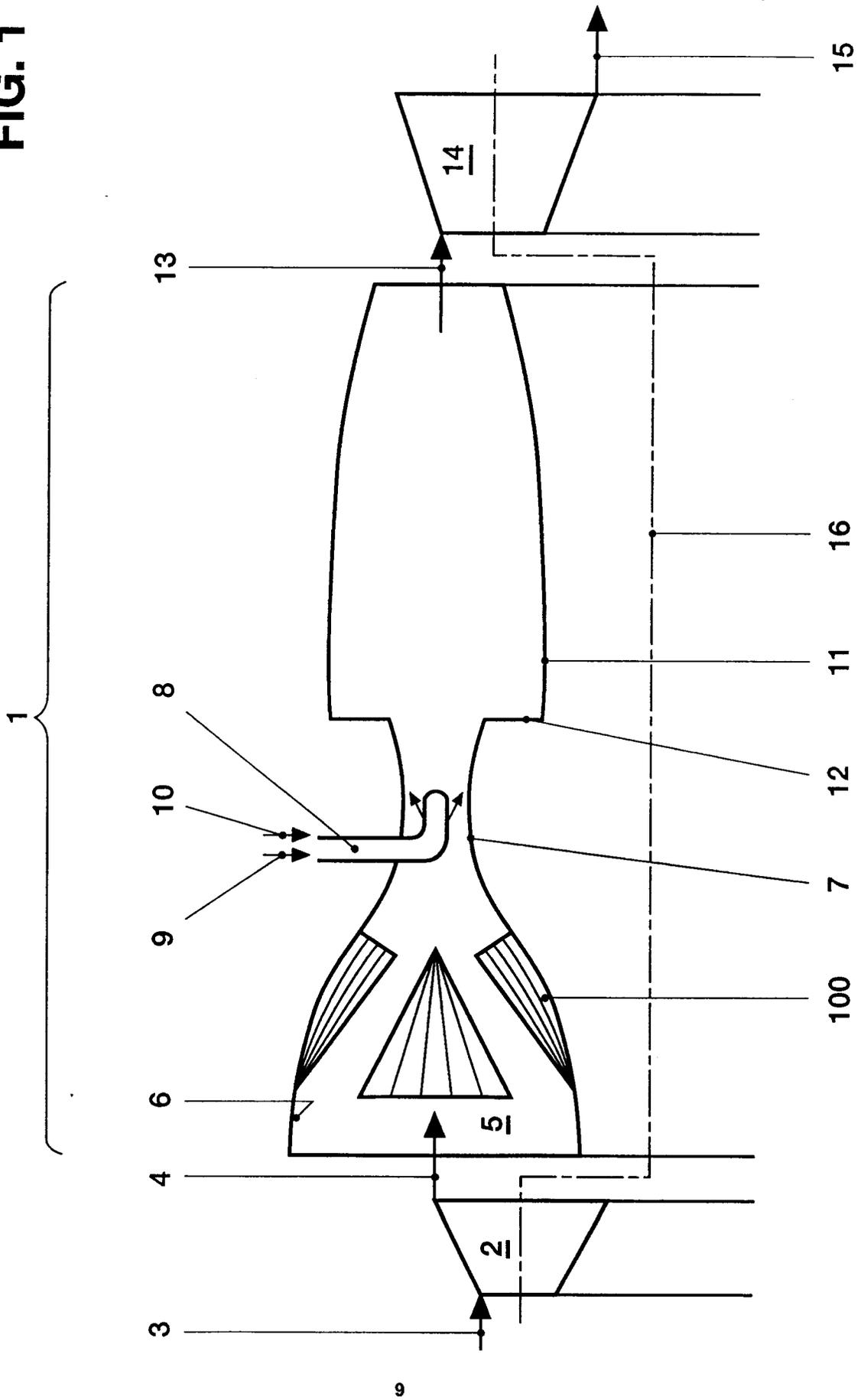
40

45

50

55

FIG. 1



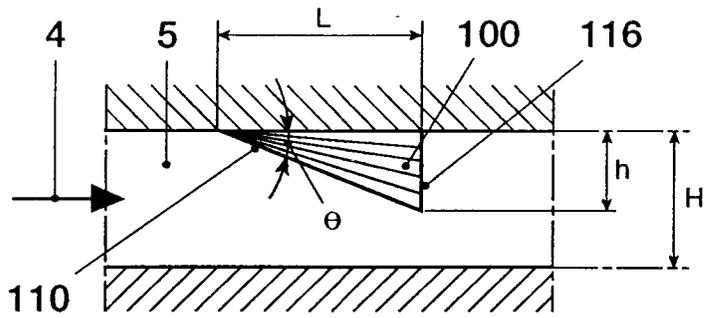


FIG. 5

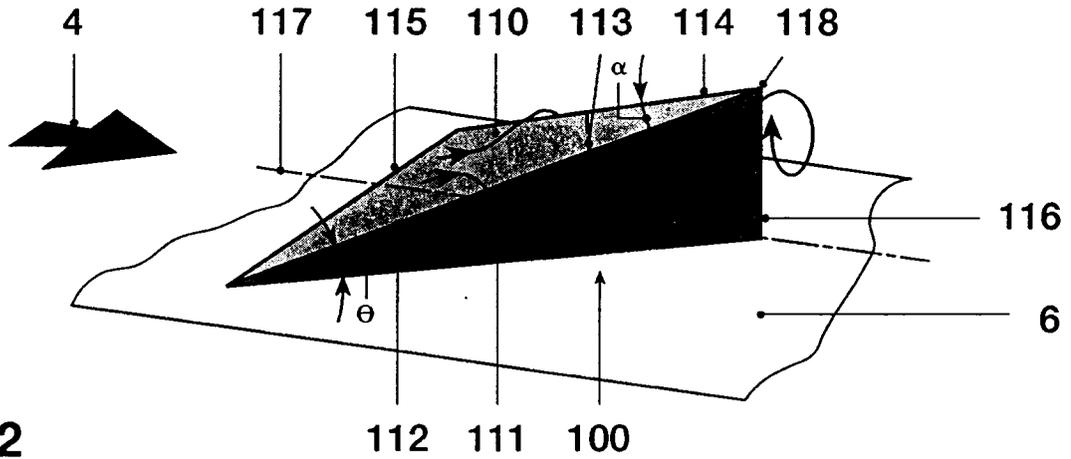


FIG. 2

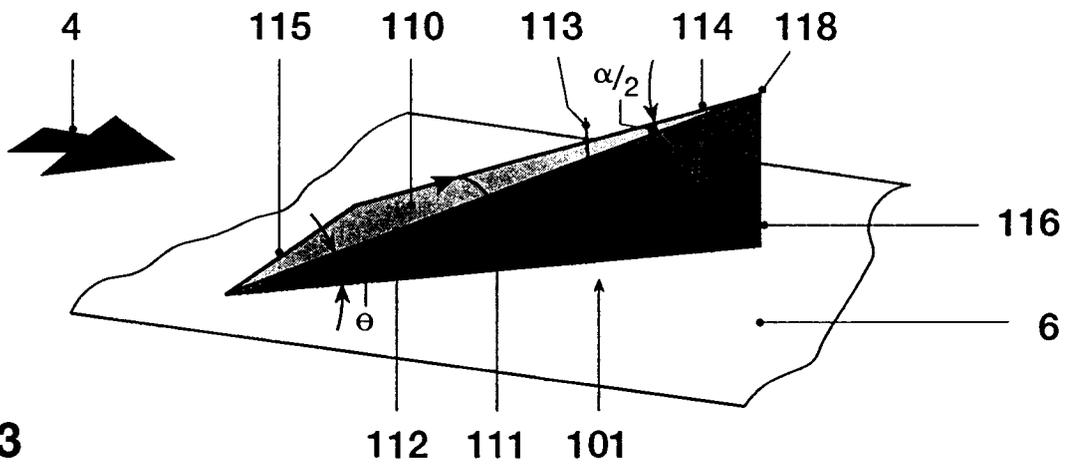


FIG. 3

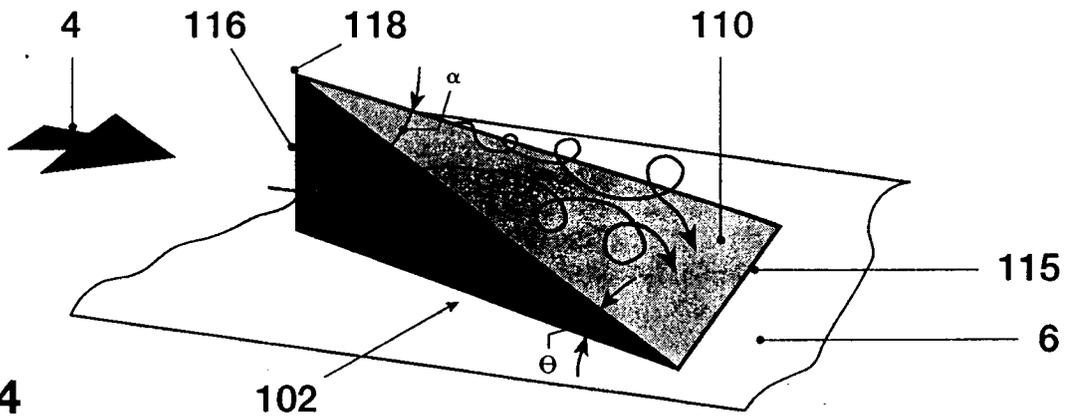


FIG. 4

FIG. 7

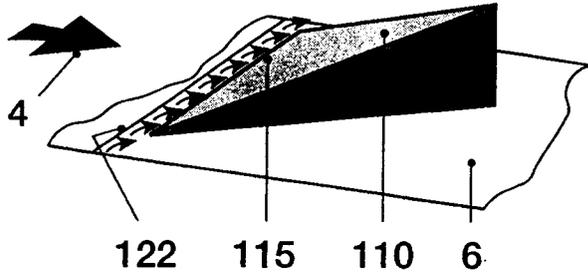


FIG. 6

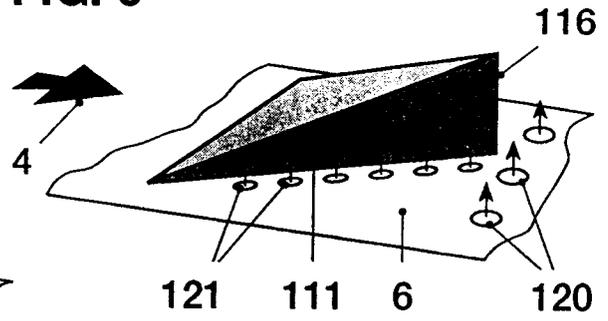


FIG. 8

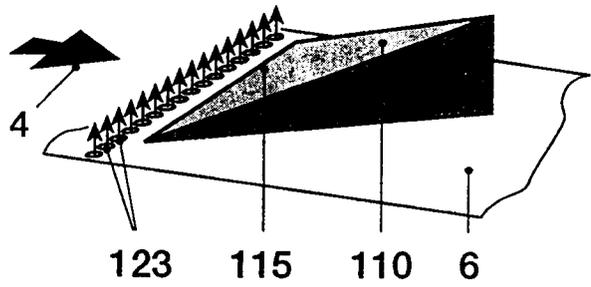


FIG. 9

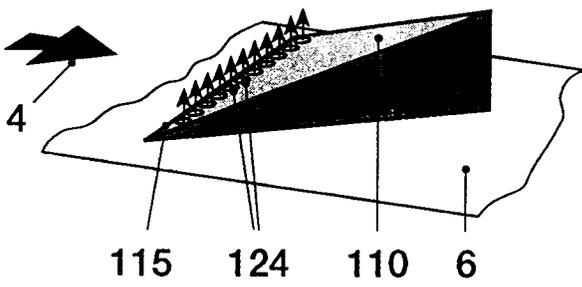


FIG. 10

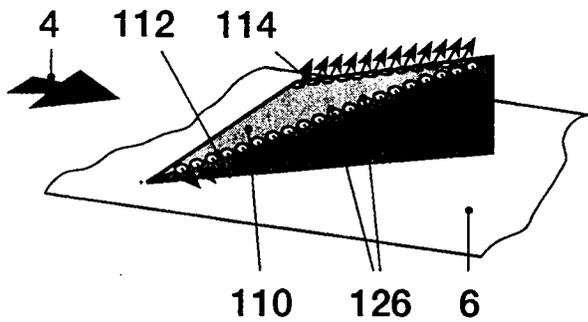
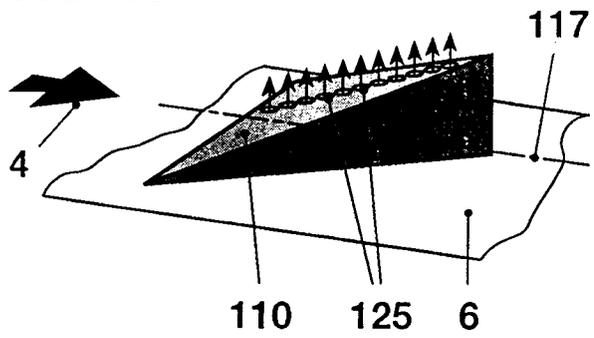


FIG. 11

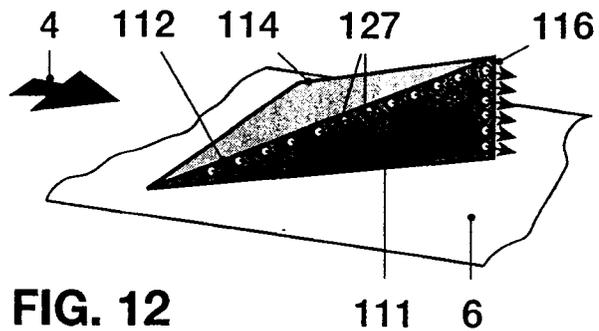


FIG. 12

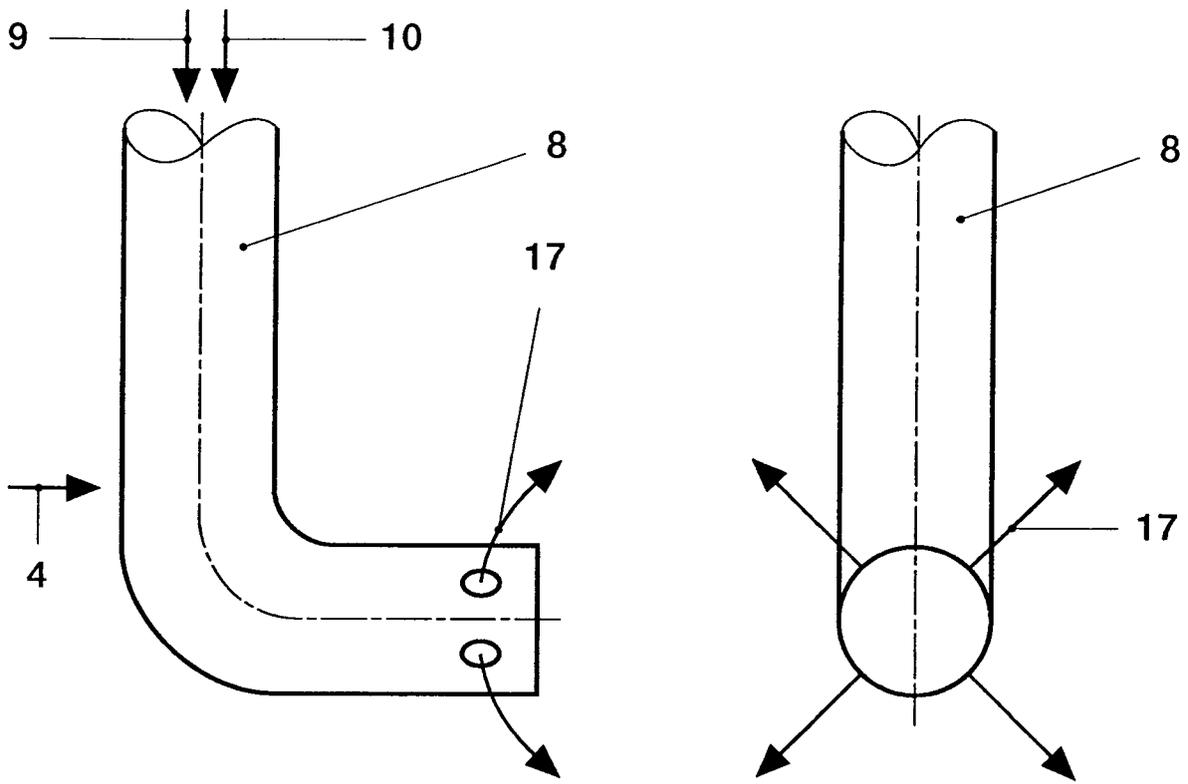


FIG. 13

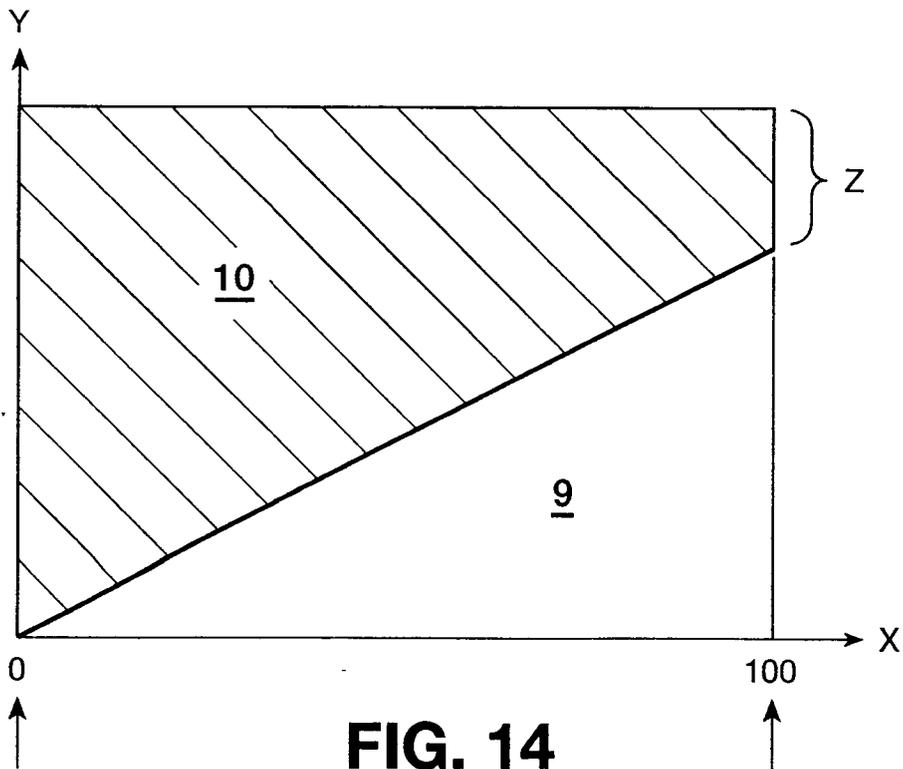


FIG. 14