



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

702 556 A2

(51) Int. Cl.: F23D 14/48 (2006.01)  
F23R 3/36 (2006.01)

**Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00002/11

(22) Anmeldedatum: 03.01.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.07.2011

(30) Priorität: 06.01.2010 US 12/652,936

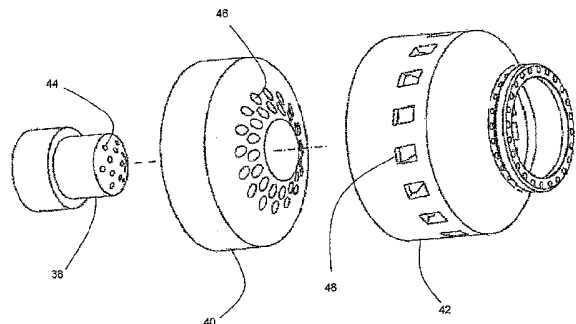
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Abinash Baruah, Bangalore, Karnataka 560066 (IN)  
Anand Prafulchandra Desai,  
Bangalore, Karnataka 560066 (IN)

(74) Vertreter:  
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4  
8008 Zürich (CH)

(54) **Düse und Verfahren zur Brennstoffzufuhr durch eine mit gegenläufigem Drall arbeitende Düse.**

(57) Eine Düse weist erste (44), zweite (46) und dritte (48) Düsenöffnungen auf, die jeweils unter einer solchen Winkellage angeordnet sind, dass sie ein erstes, zweites und drittes Fluid in eine erste bzw. zweite bzw. dritte Drehrichtung richten. Das erste, das zweite und das dritte Fluid sind aus der Gruppe ausgewählt, die aus einem ersten Brennstoff, einem zweiten Brennstoff, einem Verdünnungsmittel und einem verdichteten Arbeitsfluid besteht. Ein Verfahren zur Brennstoffzufuhr durch eine Düse beinhaltet das Injizieren eines ersten Fluids durch erste Düsenöffnungen (44) in einer ersten Drehrichtung, das Injizieren eines zweiten Fluids durch zweite Düsenöffnungen (46) in einer zweiten Drehrichtung und das Injizieren eines dritten Fluids durch dritte Düsenöffnungen (48) in einer dritten Drehrichtung. Das Verfahren beinhaltet das Auswählen des ersten, zweiten und dritten Fluids aus der Gruppe, die aus einem ersten Brennstoff, einem zweiten Brennstoff, einem Verdünnungsmittel und einem verdichteten Arbeitsfluid besteht.



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Brennstoffzufuhr. Speziell beinhaltet die vorliegende Erfindung eine mit gegenläufigem Drall arbeitende Düse, die bei einer Brennkammer in eine Gasturbine eingesetzt werden kann.

### Hintergrund der Erfindung

[0002] Gasturbinen werden in weitem Umfang zur Energieerzeugung verwendet. Es ist allgemein bekannt, dass der thermodynamische Wirkungsgrad einer Gasturbine mit steigender Betriebstemperatur, nämlich der Verbrennungsgastemperatur, zunimmt. Verbrennungsgase mit höherer Temperatur enthalten mehr Energie und erzeugen bei der Expansion des Verbrennungsgases in der Turbine mehr Arbeit. Höhere Verbrennungstemperaturen erzeugen aber häufig örtliche Hot Spots («Überhitzungsstellen») in den Brennkammern, speziell längs der Brennkammereinsätze. Die lokalisierten Hot Spots können den Verschleiss längs der Einsätze erhöhen und damit eine häufigere Inspektion der Einsätze erforderlich machen. Zusätzlich erhöhen höhere Verbrennungstemperaturen die Erzeugung von NOx das eine unerwünschte Abgasemission darstellt.

[0003] Es gibt verschiedene Techniken zur Ermöglichung erhöhter Verbrennungstemperaturen während gleichzeitig örtliche Hot Spots und unerwünschte Emissionen auf ein Minimum reduziert werden. So kann zum Beispiel Dampf in die Brennkammer injiziert werden, um die Flammentemperatur in der Brennkammer zu erniedrigen, wodurch die Erzeugung von NOx verringert oder vermieden wird. Eine Dampfinjektion fordert aber zusätzliche und teure Einrichtungen.

[0004] Es besteht ein Bedürfnis nach fortgesetzten Verbesserungen bei der Zufuhr von Brennstoff in eine Brennkammer. Idealerweise verbessern die Vorrichtung und das Verfahren zur Brennstoffzufuhr die Gleichförmigkeit der Brennstoffmischung, um damit eine vollständige Verbrennung des Brennstoffes zu ermöglichen, ohne dass in der Brennkammer Hot Spots erzeugt werden, die zu unerwünschten Emissionen führen.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Gesichtspunkte und Vorteile der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung erläutert oder ergeben sich ohne weiteres aus der Beschreibung oder können durch Ausführung der Erfindung in Erfahrung gebracht werden.

[0006] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Düse. Die Düse beinhaltet eine erste Anzahl Öffnungen, die in einer solchen Winkellage angeordnet sind, dass sie ein erstes Fluid in eine erste Drehrichtung leiten, eine zweite Anzahl Öffnungen, die rings um die erste Anzahl Öffnungen vorgesehen sind und in einer solchen Winkellage angeordnet sind, dass sie ein zweites Fluid in eine zweite Drehrichtung leiten und eine dritte Anzahl Öffnungen, die ringsum die zweite Anzahl Öffnungen vorgesehen sind und in einer solchen Winkellage angeordnet sind, dass sie ein drittes Fluid in eine dritte Drehrichtung leiten. Das erste, das zweite und das dritte Fluid sind aus einer Gruppe ausgewählt, die aus einem ersten Brennstoff, einem zweiten Brennstoff, einem Verdünnungsmittel und einem verdichteten Arbeitsfluid besteht.

[0007] Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Brennkammer, die einen Teil der Brennkammer unter Ausbildung einer Verbrennungskammer rings umgebenden Einsatz und eine an einem Ende des Einsatzes angeordnete Düse umfasst. In der Düse sind primäre Öffnungen vorgesehen, die unter einer solchen Winkellage angeordnet sind, dass sie einen ersten Brennstoff in einer ersten Drehrichtung injizieren. Ringsum die primären Öffnungen sind sekundäre Öffnungen vorgesehen und in einer solchen Winkellage angeordnet, dass sie einen zweiten Brennstoff in einer zweiten Drehrichtung injizieren, wobei die zweite Drehrichtung der ersten Drehrichtung entgegengesetzt ist. Ringsum die zweite Anzahl Öffnungen sind tertiäre Öffnungen vorgesehen und in einer solchen Winkellage angeordnet, dass sie von einem Verdünnungsmittel oder einem verdichteten Arbeitsfluid wenigstens eines in einer dritten Drehrichtung injizieren, wobei die dritte Drehrichtung entgegen der zweiten Drehrichtung gerichtet ist.

[0008] Die vorliegende Erfindung beinhaltet auch ein Verfahren zur Brennstoffzufuhr durch eine Düse. Das Verfahren umfasst das Injizieren eines ersten Fluids durch eine erste Anzahl Öffnungen in einer ersten Drehrichtung, das Injizieren eines zweiten Fluids durch eine zweite Anzahl Öffnungen in einer zweiten Drehrichtung und das Injizieren eines dritten Fluids durch eine dritte Anzahl Öffnungen in einer dritten Drehrichtung. Ausserdem beinhaltet das Verfahren das Auswählen des ersten, zweiten und dritten Fluids aus einer Gruppe, die aus einem ersten Brennstoff, einem zweiten Brennstoff, einem Verdünnungsmittel und einem verdichteten Arbeitsfluid besteht.

[0009] Für den Fachmann wird das Verständnis der Merkmale und Gesichtspunkte dieser und anderer Ausführungsformen durch eine Betrachtung der Beschreibung erleichtert.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Eine vollständige und umfassende Darlegung der vorliegenden Erfindung, einschliesslich der für den Fachmann besten Ausführung derselben, ist insbesondere in der nachfolgenden Beschreibung enthalten, die eine Bezugnahme auf die beigefügten Figuren enthält, in denen:

[0011] Fig. 1 eine vereinfachte Schnittdarstellung einer Gasturbine im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist;

[0012] Fig. 2 eine vereinfachte Schnittdarstellung der in Fig. 1 veranschaulichten Brennkammer ist;

[0013] Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer in Fig. 2 dargestellten Düsenanordnung ist;

[0014] Fig. 4 eine perspektivische Explosionsdarstellung einer der in Fig. 3 dargestellten Düsen ist; und

[0015] die Fig. 5, 6 und 7 vereinfachte Darstellungen alternativer Ausführungsformen der primären, sekundären und tertiären Öffnungen im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0016] Es wird nun im Einzelnen auf Ausführungsformen der Erfindung eingegangen, von der ein oder mehrere Ausführungsbeispiele in der beifügten Zeichnung veranschaulicht sind. Die detaillierte Beschreibung verwendet alphanumerische Bezeichnungen zur Bezugnahme auf Merkmale in der Zeichnung. Gleiche oder einander ähnliche Bezeichnungen werden in der Zeichnung und der Beschreibung zur Bezugnahme auf gleiche oder einander ähnliche Teile der Erfindung benutzt.

[0017] Jedes Ausführungsbeispiel dient zur Erläuterung der Erfindung, nicht aber zu einer Beschränkung der Erfindung. Für den Fachmann versteht sich, dass bei der vorliegenden Erfindung Abwandlungen und Abänderungen vorgenommen werden können ohne deren Schutzbereich oder/und Gedanken zu verlassen. So können zum Beispiel Merkmale, die als Teil einer Ausführungsform dargestellt und beschrieben sind auch bei einer anderen Ausführungsform benutzt werden, um eine weitere Ausführungsform zu erzielen. Demgemäss soll die vorliegende Erfindung solche Abwandlungen und Abänderungen die im Schutzbereich der beigefügten Patentansprüche liegen und deren Äquivalente abdecken.

[0018] Fig. 1 zeigt eine typische Gasturbine 10, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegt. Die Gasturbine 10 weist vorne einen Verdichter 12, eine oder mehrere Brennkammern 14 rings um das Mittelteil und eine Turbine 16 hinten auf. Der Verdichter 12 und die Turbine 16 verfügen typischerweise über einen gemeinsamen Rotor 18. Der Verdichter 12 bringt kinetische Energie in das Arbeitsfluid (Luft) ein, um dieses in einen hochenergetischen Zustand zu versetzen. Das verdichtete Arbeitsfluid tritt aus dem Verdichter 12 aus und strömt in ein Plenum 20 stromabwärts jeder Brennkammer 14 ein.

[0019] Bezug nehmend auf Fig. 2 weist jede Brennkammer 14 eine Düsenanordnung 24 am einen Ende und ein Überleitungsteil 26 am anderen Ende auf. Ein Gehäuse 28 umschliesst jede Brennkammer 14, um das verdichtete Arbeitsfluid in dem Plenum 20 einzuschliessen. Ein Mantel oder Einsatz 30 in dem Gehäuse 28 umgibt rings um den Umfang einen Teil jeder Brennkammer 14, um so eine Kammer 32 in jeder Brennkammer 14 zu begrenzen. Das verdichtete Arbeitsfluid tritt aus dem Plenum 20 aus, strömt durch Verdünnungslöcher 34 ein und strömt längs der Aussenseite des Einsatzes 30 (wie durch Pfeile angedeutet), um den Einsatz 30 zu kühlen. Ein Teil des verdichteten Arbeitsfluids tritt in die Kammer 32 durch Mischlöcher 35 ein, während der Rest des verdichteten Arbeitsfluid in die Kammer 32 durch die Düsenanordnung 24 einströmt.

[0020] Fig. 3 veranschaulicht eine perspektivische Darstellung der in Fig. 2 gezeigten Düsenanordnung 24. Jede Düsenanordnung 24 weist eine oder mehrere Düsen 36 auf, die Brennstoff mit dem verdichteten Arbeitsfluid vermischen. Die Mischung aus Brennstoff und Arbeitsfluid wird in der Kammer 32 gezündet um Verbrennungsgase zu erzeugen, die eine hohe Temperatur, einen hohen Druck und eine hohe Geschwindigkeit aufweisen. Die Verbrennungsgase strömen durch das Überleitungsteil 26 zu der Turbine 16 wo sie expandieren um Arbeit zu erzeugen.

[0021] Fig. 4 veranschaulicht eine perspektivische Explosionsdarstellung einer der in Fig. 3 dargestellten Düsen 36. Wie dargestellt, weist jede Düse 36, im Wesentlichen zueinander konzentrisch, eine primäre Anordnung 38, eine sekundäre Anordnung 40 und eine tertiäre Anordnung 42 auf, die Brennstoff, ein Verdünnungsmittel und/oder verdichtetes Arbeitsfluid zusammenleiten. Bei alternativen Ausführungsformen, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegen, können die primäre, die sekundäre und die tertiäre Anordnung anstelle getrennter Anordnungen auch einstückig miteinander ausgebildet sein.

[0022] Die primäre Anordnung 38 ist im Zentrum der Düse 36 angeordnet und beinhaltet eine erste Anzahl Öffnungen oder primärer Öffnungen 44. Zu den primären Öffnungen 44 gehören Kanäle durch die ein Fluid, etwa ein erster Brennstoff, Verdünnungsmittel und/oder verdichtetes Arbeitsfluid strömt. Die primären Öffnungen sind in einer solchen Winkellage angeordnet, dass sie in die Verbrennungskammer 32 Fluid in einer ersten Drehrichtung (das heisst im Uhrzeigersinn oder im Gegenuhrzeigersinn) injizieren.

[0023] Die sekundäre Anordnung 40 ist rings um die primären Öffnungen 44 angeordnet und beinhaltet eine zweite Anzahl Öffnungen oder sekundäre Öffnungen 46. Zu den sekundären Öffnungen 46 gehören Kanäle, durch die ein Fluid wie etwa ein zweiter Brennstoff, Verdünnungsmittel und/oder verdichtetes Arbeitsfluid, strömt. Die sekundären Öffnungen 46 sind in einer solchen Winkellage angeordnet, dass sie in die Verbrennungskammer 32 Fluid in einer zweiten Drehrichtung (das heisst im Gegenuhrzeigersinn oder im Uhrzeigersinn) injizieren. Die zweite Drehrichtung kann die gleiche wie die erste Drehrichtung oder dieser entgegengerichtet sein.

[0024] Die tertiäre Anordnung 42 ist ringsum die sekundären Öffnungen 46 angeordnet und beinhaltet eine dritte Anzahl Öffnungen oder tertiäre Öffnungen 48. Zu den tertiären Öffnungen 48 gehören Kanäle, durch die ein Fluid, wie etwa ein erster Brennstoff, ein zweiter Brennstoff, Verdünnungsmittel und/oder verdichtetes Arbeitsfluid, strömt. Die tertiären Öffnungen 48 sind in einer solchen Winkellage angeordnet, dass sie in die Verbrennungskammer 32 ein Fluid in einer

dritten Drehrichtung (das heisst im Gegenuhrzeigersinn oder im Uhrzeigersinn) injizieren. Die dritte Drehrichtung kann die gleiche wie die zweite Drehrichtung oder dieser entgegengesetzt sein.

**[0025]** Die Fig. 5, 6 und 7 zeigen vereinfachte Darstellungen der primären 44, sekundären 46 und tertiären 48 Öffnungen, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung gemäss alternativen Ausführungsformen angeordnet sind. Bei jeder Ausführungsform können die primären 44, sekundären 46 und tertiären 48 Öffnungen dazu verwendet werden, verschiedene Kombinationen eines ersten Brennstoffs, eines zweiten Brennstoffs, eines Verdünnungsmittels und/oder verdichteten Arbeitsfluids in die Verbrennungskammer 32 zu injizieren. Der erste und der zweite Brennstoff können irgendein flüssiger oder gasförmiger Brennstoff sein, der für die Verbrennung geeignet ist. Zu bei handelsüblichen Verbrennungsmaschinen verwendeten Brennstoffen gehören zum Beispiel Hochofengas, Koksofengas, Erdgas, zerstäubtes verflüssigtes Erdgas (LNG), Propan und Wasserstoff. Die tatsächlich verwendeten Brennstoffe variieren entsprechend verschiedener Betriebsfaktoren, wie etwa dem gewünschten Heizwert, der Verfügbarkeit, der Kosten etc. Wenngleich die vorliegende Erfindung im Zusammenhang mit einem ersten und einem zweiten Brennstoff beschrieben ist, so können alternative Ausführungsformen, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegen, doch auch den gleichen Brennstoff als erster und zweiter Brennstoff benutzen. Das Verdünnungsmittel kann irgendein Fluid sein, das zur Verdünnung von Brennstoff verwendet wird, wie etwa Dampf, Luft und Wasser. Das verdichtete Arbeitsfluid kann verdichtete Luft oder ein anderes Fluid sein, das von dem Verdichter 12 oder von einer anderen Quelle geliefert wird.

**[0026]** Bei der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform sind die primären Öffnungen 44 in einem leicht schrägen kreisförmigen Muster und in einer solchen Winkellage angeordnet, dass sie eine Rotationsbewegung des Brennstoffs, des Verdünnungsmittels und/oder des verdichteten Arbeitsfluids im Uhrzeigersinn ergeben. Die sekundären Öffnungen 46 sind in einem kreisförmigen Muster und in einer solchen Winkellage angeordnet, dass sie dem Brennstoff, Verdünnungsmittel und/oder verdichtetem Arbeitsfluid eine Rotationsbewegung im Gegenuhrzeigersinn erteilen. Die tertiären Öffnungen 48 sind in einem kreisförmigen Muster und in einer solchen Winkellage angeordnet, dass sie dem Brennstoff, Verdünnungsmittel und/oder verdichtetem Arbeitsfluid eine Rotationsbewegung im Uhrzeigersinn erteilen. Die in Fig. 6 dargestellte Ausführungsform weist primäre 44 und sekundäre 46 Öffnungen auf, die in einer Winkellage im gleichen Gegenuhrzeigersinn angeordnet sind, während die tertiären Öffnungen 48 in einer Winkellage im entgegengesetzten Uhrzeigersinn angeordnet sind. Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform bei der die sekundären 46 und tertiären 48 Öffnungen in der gleichen Winkellage im Uhrzeigersinn angeordnet sind, während die primären Öffnungen 44 in einer Winkellage im Gegenuhrzeigersinn angeordnet sind.

**[0027]** Die Winkellage der primären 44, sekundären 46 und tertiären 48 Öffnungen hängt von verschiedenen, für die jeweilige Anwendung eigenen Variablen ab. So erteilen zum Beispiel Öffnungen, deren Winkellage näher an einer Tangente an den Düsenumfang liegt dem indizierten Fluid eine grössere Rotationsbewegung; das indizierte Fluid dringt aber radial um einen kürzeren Weg ein. Umgekehrt erteilen Öffnungen, deren Winkellage weiter von einer Tangente an den Düsenumfang abweicht, dem indizierten Fluid eine geringere Rotationsbewegung; aber das injizierte Fluid dringt radial um einen grösseren Weg vor.

**[0028]** In ähnlicher Weise können die Grösse, die Anzahl und der Durchsatz durch die primären 44, sekundären 46 und tertiären Öffnungen 48 entsprechend den jeweiligen Konstruktionsvorgaben gewählt werden. Eine solche Konstruktionsvorgabe kann zum Beispiel erfordern, dass der erste und der zweite Brennstoff einen speziellen Heizwert für die Verbrennung liefern. Die Grösse, die Anzahl und der Durchsatz für die primären 44 und sekundären 46 Öffnungen müssen demgemäss so gewählt werden, dass die gewünschte Konstruktionsvorgabe erreicht wird.

**[0029]** Es wurde einer Computernachbildung der Fluidodynamik vorgenommen, um die Leistungsfähigkeit der im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegenden Düsen und Brennkammern zu demonstrieren. Dabei wurde ein Vergleich zwischen einem Grundmodell, bei dem der Brennstoff und das Verdünnungsmittel in der gleichen Richtung wirbeln, mit gemäss Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausgebildeten Düsen und Brennkammern vorgenommen, bei denen der Brennstoff und das Verdünnungsmittel in entgegengesetzten Richtungen wirbeln. Die Modellnachbildung ergibt bei Düsen und Brennkammern, die gemäss Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung aufgebaut sind, verringertes KohlenmoNOxid, was auf Brennstoff nahe des Verbrennungskammereinsatzes bei den Düsen und Brennkammern hinweist. Das verringerte KohlenmoNOxid nahe des Verbrennungseinsatzes wird der gegenläufigen Drehwirbelbewegung des Brennstoffes und des Verdünnungsmittels zugeschrieben, die ein schwach wirbelndes Fluid ergab, das aus der Düse in die Verbrennungskammer eintritt. Ausserdem weist die Modellnachbildung darauf hin, dass Düsen und Brennkammern gemäss Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung die Verbrennungseinsatztemperatur um etwa 100 bis 400 Grad Fahrenheit im Vergleich zu dem Grundmodell herabsetzen können.

**[0030]** Für den Fachmann versteht sich, dass Abwandlungen und Abänderungen an den hier dargestellten Ausführungsformen der Erfindung vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich und den Grundgedanken der Erfindung zu verlassen, wie sie in den beigefügten Patentansprüchen, einschliesslich deren Äquivalente, angegeben sind.

**[0031]** Eine Düse 36 weist erste 44, zweite 46 und dritte 48 Düsenöffnungen auf, die jeweils unter einer solchen Winkellage angeordnet sind, dass sie ein erstes, zweites und drittes Fluid in eine erste bzw. zweite bzw. dritte Drehrichtung richten. Das erste, das zweite und das dritte Fluid sind aus der Gruppe ausgewählt, die aus einem ersten Brennstoff, einem zweiten Brennstoff, einem Verdünnungsmittel und einem verdichteten Arbeitsfluid besteht. Ein Verfahren zur Brennstoffzufuhr durch eine Düse 36 beinhaltet das Injizieren eines ersten Fluids durch erste Düsenöffnungen 44 in einer ersten Drehrichtung

tung, das Injizieren eines zweiten Fluids durch zweite Düsenöffnungen 46 in einer zweiten Drehrichtung und das Injizieren eines dritten Fluids durch dritte Düsenöffnungen 48 in einer dritten Drehrichtung. Das Verfahren beinhaltet das Auswählen des ersten, zweiten und dritten Fluids aus der Gruppe, die aus einem ersten Brennstoff, einem zweiten Brennstoff, einem Verdünnungsmittel und einem verdichteten Arbeitsfluid besteht.

### Bezugszeichenliste

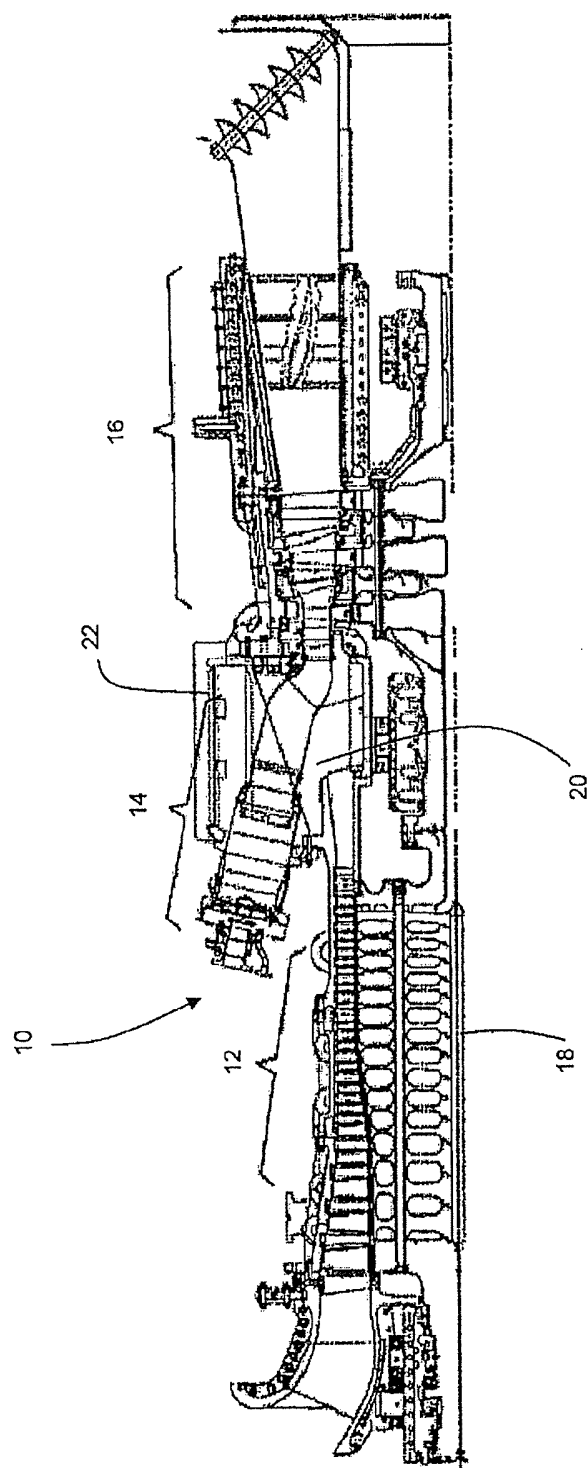
[0032]

| Bezugszeichen | Komponente            |
|---------------|-----------------------|
| 10            | Gasturbine            |
| 12            | Verdichter            |
| 14            | Brennkammern          |
| 16            | Turbine               |
| 18            | Rotor                 |
| 20            | Plenum                |
| 22            | Gehäuse               |
| 24            | Düsenanordnung        |
| 26            | Überleitungsteil      |
| 28            | Gehäuse               |
| 30            | Einsatz (Flammenrohr) |
| 32            | Kammer                |
| 34            | Verdünnungsmittel     |
| 35            | Mischlöcher           |
| 36            | Düsen                 |
| 38            | Primäre-Anordnung     |
| 40            | Sekundäre-Anordnung   |
| 42            | Tertiäre-Anordnung    |
| 44            | Primäre-Öffnungen     |
| 46            | Sekundäre-Öffnungen   |
| 48            | Tertiäre-Öffnungen    |

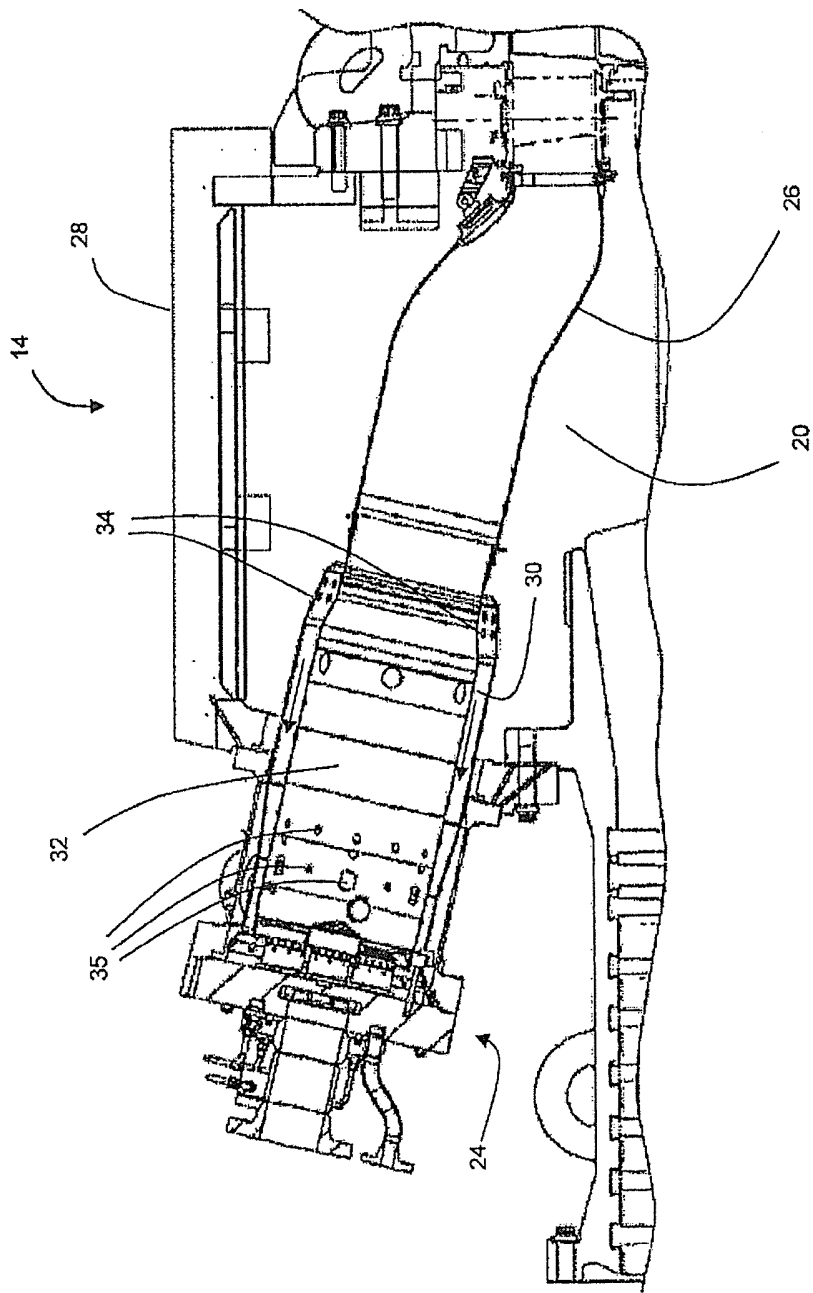
### Patentansprüche

1. Düse (36), die aufweist:
  - a. eine erste Anzahl Öffnungen (44) in einer solchen Winkellage, dass ein erstes Fluid in eine erste Drehrichtung geleitet wird;
  - b. eine zweite Anzahl Öffnungen (46), die rings um die erste Anzahl Öffnungen (44) angeordnet sind und eine solche Winkellage aufweisen, dass ein zweites Fluid in eine zweite Drehrichtung geleitet wird;
  - c. eine dritte Anzahl Öffnungen (48), die rings um die zweite Anzahl Öffnungen (46) angeordnet sind und eine solche Winkellage aufweisen, dass ein drittes Fluid in eine dritte Drehrichtung geleitet wird;
  - d. wobei das erste, das zweite und das dritte Fluid aus der Gruppe ausgewählt sind, die aus einem ersten Brennstoff, einem zweiten Brennstoff, einem Verdünnungsmittel und einem verdichteten Arbeitsfluid besteht.
2. Düse (36) nach Anspruch 1, bei der die zweite Drehrichtung der ersten Drehrichtung entgegengesetzt ist.
3. Düse (36) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die dritte Drehrichtung gleich der ersten Drehrichtung ist.
4. Düse (36) nach Anspruch 1, bei der die zweite Drehrichtung gleich der ersten Drehrichtung ist.

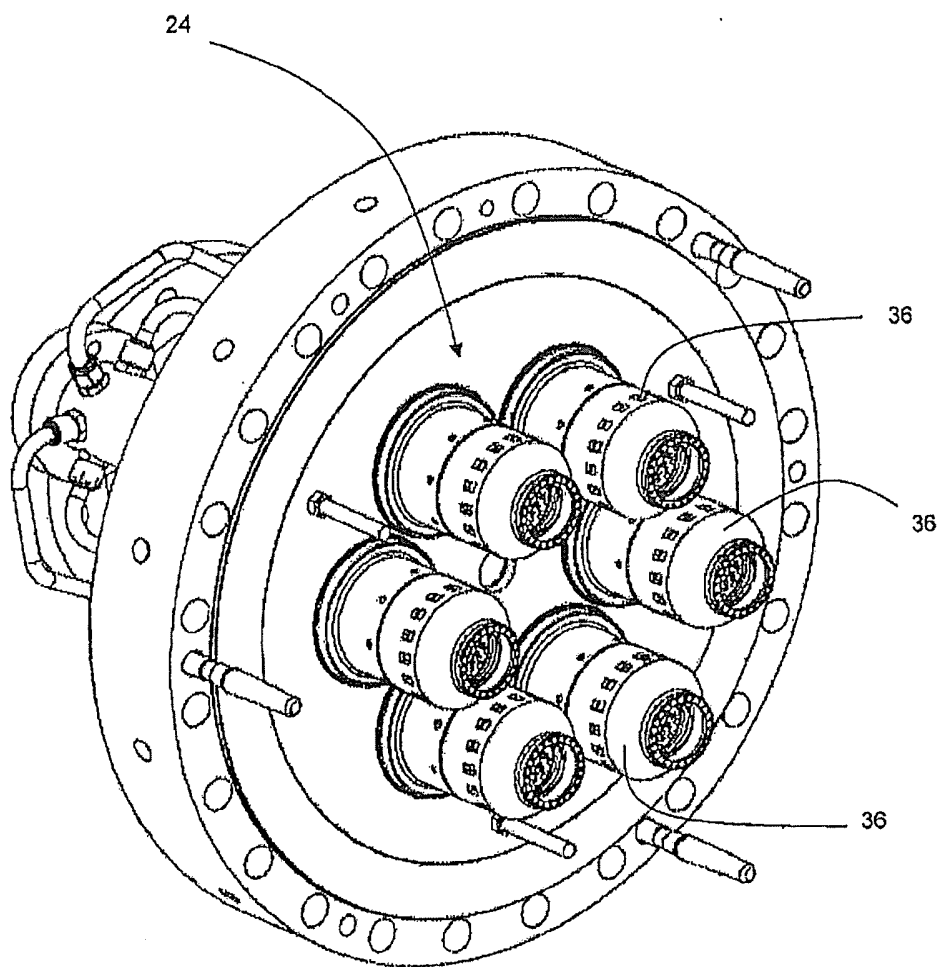
5. Düse (36) nach Anspruch 1 oder 5, bei der die dritte Drehrichtung der zweiten Drehrichtung entgegengesetzt ist.
6. Düse (36) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die erste Anzahl Öffnungen (44) einen grösseren Volumenstrom injiziert als die zweite Anzahl Öffnungen (46).
7. Verfahren zur Zufuhr von Brennstoff durch eine Düse (36), das beinhaltet:
  - a. das Injizieren eines ersten Fluids durch eine erste Anzahl Öffnungen (44) in einer ersten Drehrichtung;
  - b. das Injizieren eines zweiten Fluids durch eine zweite Anzahl Öffnungen (46) in einer zweiten Drehrichtung;
  - c. das Injizieren eines dritten Fluids durch eine dritte Anzahl Öffnungen (48) in einer dritten Drehrichtung;
  - d. das Auswählen des ersten, des zweiten und des dritten Fluids aus der Gruppe, die aus einem ersten Brennstoff, einem zweiten Brennstoff, einem Verdünnungsmittel und einem verdichteten Arbeitsfluid besteht.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die zweite Drehrichtung der ersten Drehrichtung entgegengesetzt ist.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem die dritte Drehrichtung die gleiche wie die erste Drehrichtung ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, das ausserdem das Injizieren eines grösseren Volumenstroms des ersten Brennstoffs als des zweiten Brennstoffs beinhaltet.



Figur 1



Figur 2



Figur 3

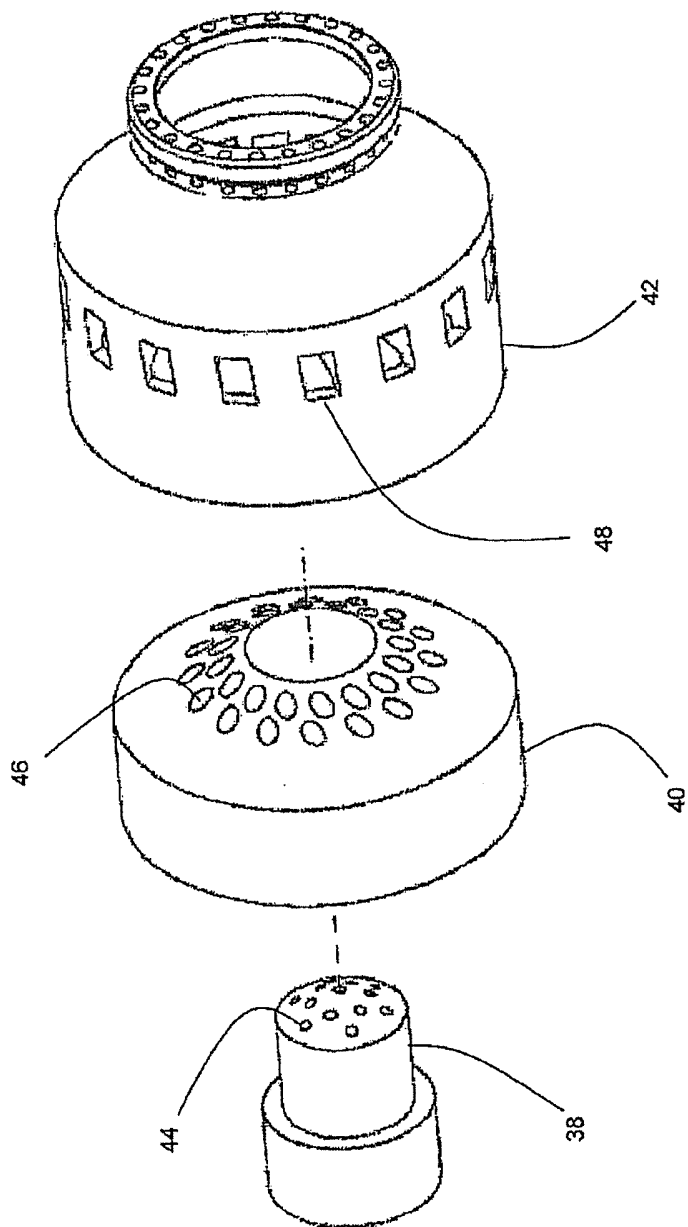
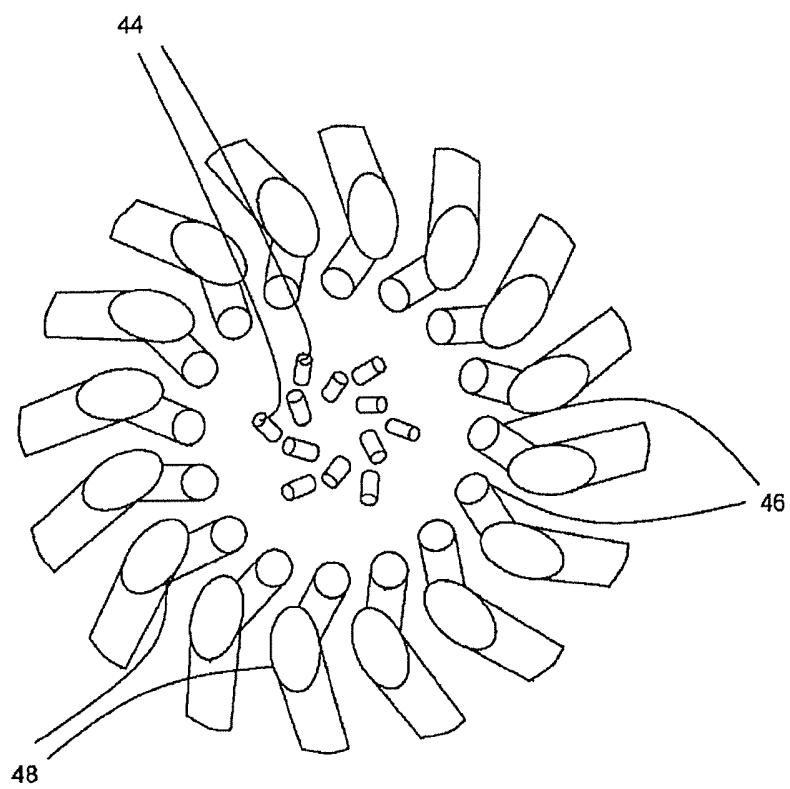
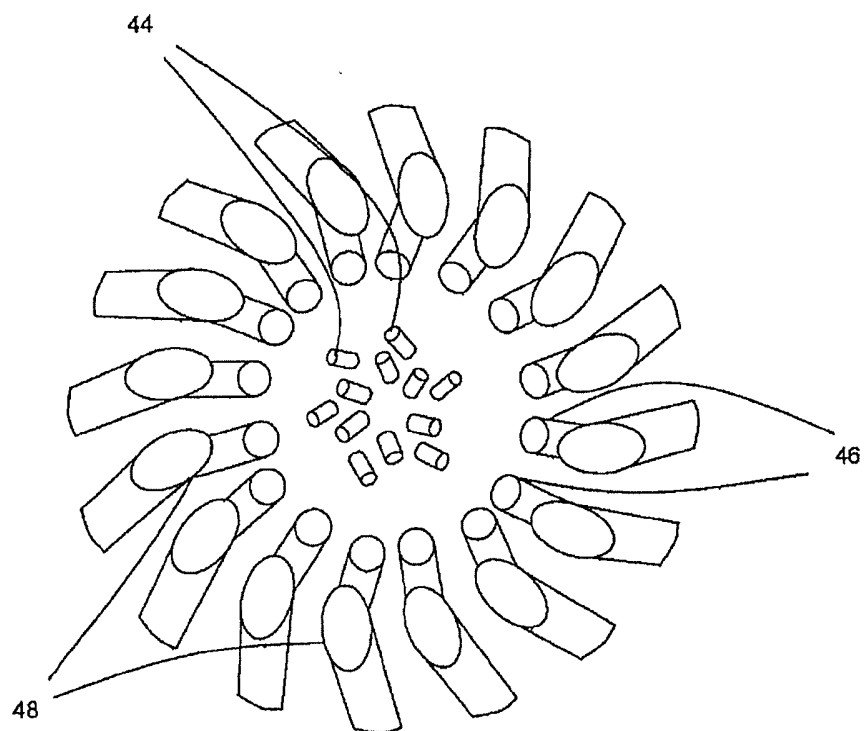


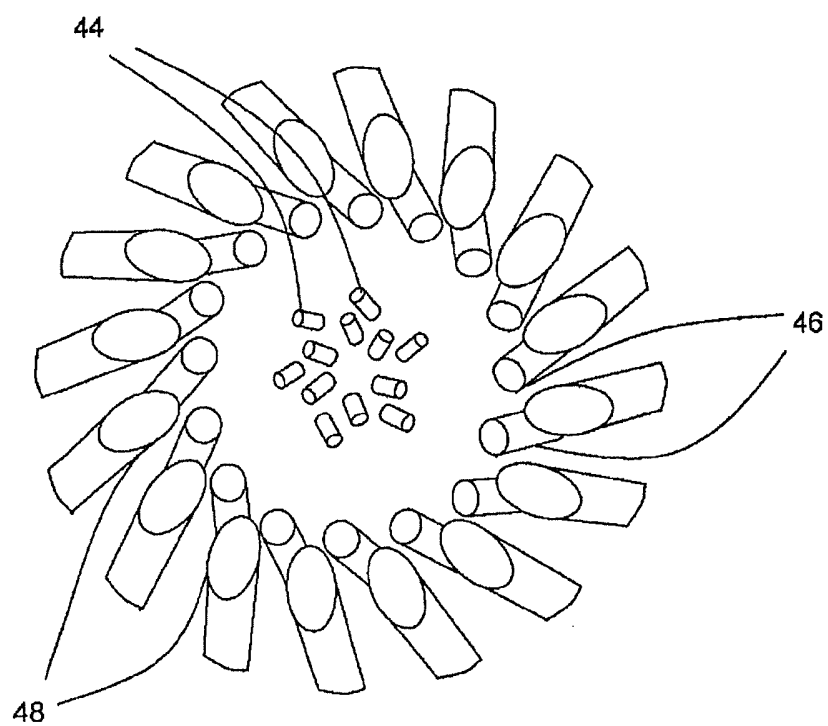
Figure 4



Figur 5



Figur 6



Figur 7