



(10) **DE 10 2014 117 621 A1** 2015.06.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 117 621.9**

(22) Anmeldetag: **01.12.2014**

(43) Offenlegungstag: **11.06.2015**

(51) Int Cl.: **F23R 3/28 (2006.01)**
F23D 14/64 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

14/102,846 **11.12.2013** **US**

(71) Anmelder:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady,
N.Y., US**

(74) Vertreter:

**Rüger, Barthelt & Abel Patentanwälte, 73728
Esslingen, DE**

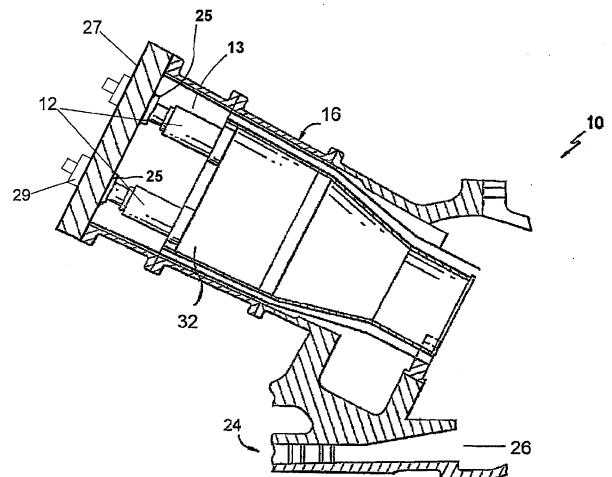
(72) Erfinder:

**Berry, Jonathan D., Greenville, S.C., US; Hughes,
Michael John, Greer, S.C., US; Edwards, Kara
Johnston, Greenville, S.C., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Brennstoffinjektor mit Vormisch-Pilotdüse**

(57) Zusammenfassung: Eine Einrichtung zum Injizieren von vorgemischtem Brennstoff und Luft durch einen zentralen Grundkörper und in die Verbrennungszone einer Gasturbine enthält eine Brennstoffinjektordüse mit einer Vormisch-Pilotdüse, die mehrere Vormischkanäle aufweist, die mit einer Luftzufuhr und einer Brennstoffzufuhr strömungsmäßig verbunden sind, die Luft und Brennstoff in den Vormischkanälen vormischt. Die Einrichtung weist entweder eine aktive oder passive Brennstoffeinspeisungssteuerung auf. Brennstoff kann in die Einrichtung entweder herkömmlich oder über einen von hinten her beschickten Kreislaufs eingespeist werden, der in die Ölkartusche integriert ist. Brennstoff kann passiv über einen Brennstoffkanal zugeführt sein, der den Dralldüsenbrennstoffsammelraum mit den Vormischkanälen verbindet. In einer Abwandlung kann Brennstoff von der Ölkartusche her in die Vormischkanäle eingespeist werden.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Gasturbinenmaschine, die einen Kohlenwasserstoffbrennstoff verbrennt, um einen Hochtemperaturgasstrom zu erzeugen, der Turbinenlaufschaufeln antreibt, um eine Welle, die mit den Laufschaufeln verbunden ist, in Drehung zu versetzen, und insbesondere einen Brennstoffinjektor der Maschine, der eine Pilotdüse aufweist, die Brennstoff und Luft vorvermischt, während geringere Stickstoffoxidwerte erzielt werden.

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0002] Gasturbinen werden häufig genutzt, um für zahlreiche Anwendungen Leistung zu erzeugen. Eine herkömmliche Gasturbine umfasst einen Verdichter, eine Brennkammeranordnung und eine Turbine. In einer typischen Gasturbine wird führt der Verdichter der Brennkammer verdichtete Luft zu. Die in die Brennkammer eintretende Luft wird mit Brennstoff vermischt und verbrannt. Heiße Verbrennungsgase werden aus der Brennkammer entlassen und strömen in die Laufschaufeln der Turbine, um die mit den Laufschaufeln verbundene Welle der Turbine in Drehung zu versetzen. Ein Teil jener mechanischen Energie der rotierenden Welle treibt den Verdichter und/oder sonstige mechanische Systeme an.

[0003] Da gemäß gesetzlichen Bestimmungen die Freigabe von Stickstoffoxiden in die Luft unerwünscht ist, ist angestrebt, deren Erzeugung als Nebenprodukte des Betriebs von Gasturbinen unterhalb zulässiger Pegel zu halten. Die Brennstoff/Luftvermischung beeinflusst sowohl die Pegel von Stickoxiden, die in den heißen Verbrennungsgasen einer Gasturbine entstehen, als auch die Turbinenleistung. Eine Gasturbine kann eine oder mehrere Brennstoffdüsen für die Aufnahme von Luft und Brennstoff verwenden, um die Vermischung von Brennstoff und Luft in der Brennkammeranordnung der Maschine durchzuführen. Die Brennstoffdüsen können in einem Kopfstückabschnitt der Gasturbine angeordnet sein und können dazu eingerichtet sein, einen Luftstrom aufzunehmen, der mit einer Brennstoffeingabe zu vermischen ist. Gewöhnlich kann jede Brennstoffdüse von innen durch einen zentralen Körper getragen sein, der im Innern der Brennstoffdüse angeordnet ist.

[0004] Unterschiedliche Parameter, die den Verbrennungsprozess in der Gasturbine beschreiben, korrelieren mit der Entstehung von Stickstoffoxiden (NO_x). Beispielsweise führen höhere Gastemperaturen in der Verbrennungsreaktionszone zur Entstehung höherer Anteile von Stickstoffoxiden. Eine Methode zur Senkung dieser Temperaturen basiert auf einem Vormischen des Brennstoff/Luft-Gemisches und einer Verringerung des Verhältnisses von Brennstoff zu Luft, die verbrannt wird. Mit der Reduzierung des Verhältnisses von Brennstoff zu Luft, die verbrannt wird, verringert sich auch der Anteil an Stickoxiden. Allerdings wird ein Leistungsverlust der Gasturbine in Kauf genommen. Denn da das Verhältnis von Brennstoff zu Luft, die verbrannt wird, verringert ist, besteht eine erhöhte Neigung der Zündflamme des Injektors zu verlöschen, mit der Folge eines instabilen Betriebs der Gasturbine. Sogenannte Magerverlöschchen-(LBO)-Ereignisse, die dadurch gekennzeichnet sind, dass die Flammen aufgrund eines zu mageren Luft/Brennstoff-Gemisches (d.h. aufgrund einer unzureichenden Brennstoffmenge) verlöschen, erhöhen Emissionen und verringern den Wirkungsgrad einer Brennkammeranordnung.

[0005] Das US-Patent 6446439, das durch diese Bezugnahme für sämtliche Zwecke zur Gänze hier aufgenommen ist, injiziert Brennstoff in einen ringförmigen Durchlasskanal in dem zentralen Grundkörper, wo eine Vermischung mit Luft stattfindet, und das vorgemischte Brennstoff/Luft-Gemisch wird anschließend verwirbelt und als ein wirbelnder Pilotzündstoff eingespeist. Allerdings lässt sich bei sehr geringen Anteilen von NO_x -Emissionen, d.h. unterhalb von 3 ppm, auf diesem Wege keine Verbrennungsstabilität erzielen.

[0006] Es besteht daher ein Bedarf nach Verbrennungsstabilität bei sehr geringen Anteilen von NO_x -Emissionen, d.h. unterhalb von 3 ppm. Um sehr niedrige Anteile von NO_x Emissionen mit einer gewissen Bandbreite von Fehlerhaftigkeit und Uneinheitlichkeit um die Turbine zu erreichen, ist ein stabiler Betrieb (d.h. eine in weitem Maße verbesserte Vermeidung von LBO) des Brennstoffinjektors erforderlich.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0007] Eigenschaften und Vorteile der Erfindung sind nachstehend in der folgenden Beschreibung unterbreitet oder können sich offensichtlich aus der Beschreibung ergeben, oder können durch die Praxis der Erfindung erfahren werden.

[0008] In dem hier verwendeten Sinne wird ein Brennstoffzufuhrkreislauf, der Brennstoff lediglich in ein Injektionsbauteil, d.h. entweder in die Dralldüse (Verwirbelungsdüse) oder in die Vormisch-Zündeinrichtung, jedoch nicht in beides einspeist, als eine aktive Brennstoffzufuhr erachtet. Ein Brennstoffkreislauf, der Brennstoff in die Dralldüse einspeist und anschließend Brennstoff in die Vormisch-Pilotdüse einspeist, wird als Brennstoff aktiv der Dralldüse und passiv der Vormisch-Pilotdüse zuführend angesehen. Ein Luftkreislauf, der aktiv mittels eines Ventils oder einer anderen Vorrichtung gesteuert/eingestellt wird, die sich außerhalb der Komponenten des Brennkammersystems befindet, wird als eine aktive Luftzufuhr einsetzend angesehen. Ein Luftstrom, der durch unveränderliche Öffnungen oder Durchlasskanäle im Innern der Komponenten des Brennkammersystems geregelt/gesteuert wird, wird als eine passive Luftzufuhr angesehen.

[0009] Ein Ausführungsbeispiel des Brennstoffinjektors mit Vormisch-Pilotdüse der vorliegenden Erfindung beinhaltet eine Einrichtung, die dazu dient, vorgemischten Brennstoff und Luft von mehreren Vormischkanälen, die in einer Vormisch-Pilotdüse an dem stromabwärtigen Ende eines zentralen Grundkörpers des Injektors ausgebildet sind, in die Verbrennungszone einer Gasturbine zu injizieren. In die Vormisch-Pilotdüse kann verdichtete Luft von einer aktiven Luftzufuhr oder passive Luft eingespeist werden, die durch Vorhangluftlöcher zugeführt ist, die in einer herkömmlichen Dralldüse ausgebildet sind, die stromaufwärts der Vormisch-Pilotdüse angeordnet ist. Die Vormisch-Pilotdüse kann mit passiver Luft beschickt werden, die stromabwärts einer herkömmlichen Dralldüse und durch die periphere Wand des Brennstoffinjektors von der verdichteten Luft zugeführt ist, die dem Kopfstückvolumen des Brennstoffinjektors zugeführt ist. Der Vormisch-Pilotdüse kann Brennstoff entweder aktiv oder passiv zugeführt werden. Passive Brennstoffeinspeisung kann zugeführt werden, indem ein Brennstoffkanal zwischen dem herkömmlichen Dralldüsenbrennstoffsammelraum durch die Vormisch-Pilotdüsenwand hindurch hinzugefügt wird, und indem dieser Brennstoff in die Vormischkanäle der Vormisch-Pilotdüse injiziert wird. Die Vormisch-Pilotdüse kann herkömmlich oder als Teil eines von hinten her beschickten Kreislaufes, der in die Ölkartusche integriert ist, mit Brennstoff beschickt werden.

[0010] Der zentrale Körper kann eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweisen, und jeder Vormischkanal hat eine Vormischachse, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und mindestens einer der Vormischkanäle kann ein abgewinkelter Vormischkanal sein, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist.

[0011] Der spitze Winkel jedes abgewinkelten Vormischkanals jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann eingerichtet und angeordnet sein, um der Strömungsrichtung eines Brennstoff/Luft-Gemisches, das der Auslassöffnung jedes Vormischkanals entströmt, eine radial nach innen gerichtete Komponente in einer Richtung zu verleihen, die auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers zuläuft.

[0012] Die Dralldüse jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann außerdem mehrere Vorhanglufteinspeisungslöcher definieren, wobei jedes Vorhanglufteinspeisungsloch eingerichtet und angeordnet ist, um eine strömungstechnische Verbindung zwischen dem primären Luftstromkanal und dem inneren Kanal des zentralen Körpers bereitzustellen.

[0013] Die Einfüllöffnung jedes hohlen Vormischkanals jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann mit dem inneren Kanal des zentralen Körpers strömungsmäßig verbunden sein.

[0014] Jeder der mehreren Vormischkanäle jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann durch ein gesondertes Rohr gebildet sein.

[0015] Die Vormisch-Pilotdüse jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann durch einen kompakten Metallgrundkörper gebildet sein, und jeder der mehreren Vormischkanäle ist mittels einer gesonderten Bohrung/Öffnung durch den Metallgrundkörper gebildet.

[0016] Der erste Satz von Vormischkanälen der mehreren Vormischkanäle jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann in einer ersten kreisförmigen Gruppierung angeordnet sein, und ein zweiter Satz von Vormischkanälen der mehreren Vormischkanäle kann in einer zweiten kreisförmigen Gruppierung angeordnet sein, die relativ zu der ersten kreisförmigen Gruppierung von Vormischkanälen radial innen angeordnet ist.

[0017] Der zentrale Körper jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweisen, und jeder Vormischkanal hat eine Vormischachse, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und mindestens einer der Vormischkanäle kann ein abgewinkelter Vormischkanal

sein, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist.

[0018] Der zentrale Körper jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann eine Brennstoffkartusche enthalten, die einen zentralen Brennstoffkanal definiert, durch den eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Brennstoff in der stromabwärts verlaufenden Richtung strömt.

[0019] Der zentrale Körper jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweisen, und jeder Vormischkanal kann eine Vormischachse aufweisen, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und mindestens einer der Vormischkanäle kann ein abgewinkelter Vormischkanal sein, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist.

[0020] Der spitze Winkel jedes abgewinkelten Vormischkanals jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann eingerichtet und angeordnet sein, um der Strömungsrichtung eines Brennstoff/Luft-Gemisches, das der Auslassöffnung jedes Vormischkanals entströmt, eine radial nach innen gerichtete Komponente in einer Richtung zu verleihen, die auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers zuläuft.

[0021] Der Brennstoffinjektor jeder oben erwähnten Bauart kann außerdem eine innere zylindrische Wand aufweisen, die im Innern des zentralen Körpers angeordnet ist und die einen hohlen Innenraum des zentralen Körpers definiert, durch den eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Luft und/oder Brennstoff in der Lage ist, in der stromabwärts verlaufenden Richtung zu strömen.

[0022] Der zentrale Körper jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweisen, und jeder Vormischkanal kann eine Vormischachse aufweisen, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und mindestens einer der Vormischkanäle kann ein abgewinkelter Vormischkanal sein, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist.

[0023] Der spitze Winkel jedes abgewinkelten Vormischkanals jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann eingerichtet und angeordnet sein, um der Strömungsrichtung eines Brennstoff/Luft-Gemisches, das der Auslassöffnung jedes Vormischkanals entströmt, eine radial nach innen gerichtete Komponente in einer Richtung zu verleihen, die auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers zuläuft.

[0024] Der Brennstoffinjektor jeder oben erwähnten Bauart kann ferner mehrere radiale Luftzufuhrrohre aufweisen, wobei sich jedes radiale Luftzufuhrrohr durch die sich axial erstreckende periphere Wand erstrecken kann und strömungsmäßig mit mindestens einer der Einfüllöffnungen eines der Vormischkanäle verbunden ist.

[0025] Der Brennstoffzufuhrkanal jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann mindestens einen sich axial erstreckenden Brennstoffkanal beinhalten, wobei der wenigstens eine sich axial erstreckende Brennstoffkanal eingerichtet und angeordnet ist, um sowohl mit dem wenigstens einen Brennstoffkanal der Dralldüse als auch mit dem wenigstens einen Vormischkanal strömungsmäßig verbunden zu sein.

[0026] Der Brennstoffinjektor jeder oben erwähnten Bauart kann außerdem eine innere zylindrische Wand aufweisen, die im Innern des zentralen Körpers angeordnet ist und die einen hohlen Innenraum des zentralen Körpers definiert, durch den eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Luft und/oder Brennstoff in der Lage ist, in der stromabwärts verlaufenden Richtung zu strömen.

[0027] Weiter kann der Brennstoffinjektor jeder oben erwähnten Bauart mehrere radiale Luftzufuhrrohre aufweisen, wobei sich jedes radiale Luftzufuhrrohr durch die sich axial erstreckende periphere Wand erstrecken kann und strömungsmäßig mit mindestens einer der Einfüllöffnungen eines der Vormischkanäle verbunden ist.

[0028] Der zentrale Körper jedes oben erwähnten Brennstoffinjektors kann eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweisen, und jeder Vormischkanal kann eine Vormischachse aufweisen, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und mindestens einer der Vormischkanäle kann ein abgewinkelter Vormischkanal sein, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist.

[0029] In noch einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann Brennstoff von der Ölkartusche in die Pilotvormischrohre eingespeist werden.

[0030] Dem Fachmann werden die Merkmale und Aspekte solcher und weiterer Ausführungsbeispiele nach dem Lesen der Beschreibung verständlicher.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0031] Eine vollständige und in die Praxis umsetzbare Beschreibung der vorliegenden Erfindung, die den für den Fachmann besten Modus der Erfindung beinhaltet, ist in der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Figuren spezieller beschrieben:

[0032] Fig. 1 zeigt in einem Blockschaltbild ein Turbinensystem mit Brennstoffdüsen, die mit einer Brennkammeranordnung verbunden sind, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0033] Fig. 2 zeigt in einer Querschnittsansicht mehrere Abschnitte eines Gasturbinensystems der vorliegenden Erfindung;

[0034] Fig. 3 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Schnittansicht einer Brennstoffdüse mit Vormisch-Pilotdüse gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0035] Fig. 4 zeigt in einer schematischen Darstellung eine längs der Schnittlinien 4-4 in Fig. 5 genommene Schnittansicht eines Teils einer Vormisch-Pilotdüse gemäß einem Ausführungsbeispiel der in Fig. 3 gezeigten vorliegenden Erfindung;

[0036] Fig. 5 zeigt in einer schematischen Darstellung eine längs der Schnittlinien 5-5 in Fig. 4 genommene Schnittansicht einer Vormisch-Pilotdüse gemäß einem Ausführungsbeispiel der in Fig. 3 gezeigten vorliegenden Erfindung;

[0037] Fig. 6 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Brennstoffdüse mit Vormisch-Pilotdüse gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0038] Fig. 7 zeigt in einer schematischen Darstellung eine längs der Schnittlinien 7-7 in Fig. 6 genommene Schnittansicht einer Vormisch-Pilotdüse gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, oder, längs der Schnittlinien 7-7 in Fig. 8 genommen, eine Vormisch-Pilotdüse gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0039] Fig. 8 zeigt in einer schematischen Darstellung eine längs der Schnittlinien 8-8 in Fig. 7 genommene Schnittansicht einer Vormisch-Pilotdüse gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0040] Fig. 9 zeigt in einer schematischen Darstellung eine längs der Schnittlinien 9-9 in Fig. 10 genommene Schnittansicht einer Vormisch-Pilotdüse gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0041] Fig. 10 zeigt in einer schematischen Darstellung eine längs der Schnittlinien 10-10 in Fig. 9 genommene Schnittansicht einer Vormisch-Pilotdüse gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0042] Fig. 11 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Schnittansicht einer Komponente einer Brennstoffdüse mit Vormisch-Pilotdüse gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0043] Fig. 12 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Schnittansicht eines Teils einer Brennstoffdüse mit Vormisch-Pilotdüse gemäß noch einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung und genommen entlang der Linien 12-12 in Fig. 10;

[0044] Fig. 13 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Schnittansicht eines Teils einer Brennstoffdüse mit Vormisch-Pilotdüse gemäß noch einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0045] Fig. 14 veranschaulicht eine schematische Querschnittsansicht einer Darstellung eines Teils einer Brennstoffdüse mit einer von hinten her beschickten Vormisch-Pilotdüse gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

[0046] Fig. 15 veranschaulicht eine schematische Querschnittsansicht einer Darstellung eines Teils einer Brennstoffdüse mit einer von hinten her beschickten Vormisch-Pilotdüse gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0047] Es wird nun im Einzelnen auf vorliegende Ausführungsbeispiele der Erfindung eingegangen, wobei ein oder mehrere der Beispiele in den beigelegten Zeichnungen veranschaulicht sind. Die detaillierte Beschreibung verwendet alphanumerische Bezeichnungen, um auf Merkmale in den Figuren Bezug zu nehmen. In den Figuren und in der Beschreibung wurden übereinstimmende oder ähnliche Bezeichnungen verwendet, um auf übereinstimmende oder ähnliche Elemente der Erfindung Bezug zu nehmen.

[0048] Sämtliche Beispiele dienen der Erläuterung der Erfindung und sollen diese nicht beschränken. Der Fachmann wird ohne weiteres erkennen, dass Modifikationen und Änderungen an der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden können, ohne von dem Schutzzumfang oder Gegenstand der Erfindung abzuweichen. Beispielsweise können Merkmale, die als Teil eines Ausführungsbeispiels veranschaulicht oder beschrieben sind, auf ein anderes Ausführungsbeispiel angewendet werden, um noch ein weiteres Ausführungsbeispiel hervorzubringen. Die vorliegende Erfindung soll daher solche Modifikationen und Abweichungen abdecken, soweit diese in den Schutzzumfang der beigelegten Ansprüche und deren äquivalenten Formen fallen.

[0049] Es versteht sich, dass die hier erwähnten Bereiche und Grenzen sämtliche Bereiche beinhalten, die in den vorgeschriebenen Grenzen angeordnet sind, (d.h. Unterbereiche und Subgrenzen). Beispielsweise schließt ein Bereich von 100 bis 200 auch Unterbereiche von 110 bis 150, 170 bis 190, 153 bis 162 und 145, 3 bis 149,6 ein. Darüber hinaus schließt eine Grenze von bis zu 7 auch eine Subgrenze von bis zu 5, bis zu 3, und bis zu 4,5 sowie Unterbereiche innerhalb der Grenze ein, z.B. Unterbereiche von etwa 1 bis 5 und von 3,2 bis 6,5.

[0050] Mit Bezugnahme auf Fig. 1 wird eine vereinfachte Zeichnung einiger Bereiche eines Gasturbinensystems **10** schematisch veranschaulicht. Das Turbinensystem **10** kann flüssigen oder gasförmigen Brennstoff, z.B. Erdgas und/oder ein wasserstoffreiches Synthesegas verwenden, um das Turbinensystem **10** zu betreiben. Wie dargestellt, nehmen mehrere Brennstoffdüsenanordnungen **12** eine Brennstoffzufuhr **14** auf, mischen den Brennstoff mit Luft und geben das Luft/Brennstoff-Gemisch in eine Brennkammer **16** aus. Wie beispielsweise in Fig. 2 gezeigt, sind Brennstoffdüsenanordnungen **12** durch Düsenflansche **25** mit einer Endplatte **27** der Brennkammeranordnung **16** verbunden, und jeder Brennstoffdüsenanordnung **12** kann passiv oder aktiv durch die Endplatte **27** der Brennkammeranordnung **16** Brennstoff zugeführt werden. Wie weiter unten eingehender erläutert, liegt die Brennstoffzufuhr **14** in einer Anzahl unterschiedlicher abgewandelter Ausführungsformen vor. Wie beispielsweise in Fig. 2 schematisch gezeigt, können Brennstoffdüsenanordnungen **12** eine von hinten her beschickte Vormisch-Pilotdüse **60** (Fig. 15) enthalten, die durch Pilotflansche **29** mit einer Endplatte **27** der Brennkammeranordnung **16** verbunden ist. Wie beispielsweise schematisch in Fig. 2 und Fig. 6 gezeigt, verbrennt das Luft/Brennstoff-Gemisch in einer Brennkammerreaktionszone **32** in der Brennkammer **16**, so dass dadurch heiße verdichtete Abgase entstehen. Wie in Fig. 1 schematisch gezeigt, lenkt die Brennkammeranordnung **16** die Abgase durch eine Turbine **18** in Richtung eines Abgasauslasses **20**. Während die Abgase durch die Turbine **18** strömen, bewirken die Gase, dass eine oder mehrere Turbinenlaufschaufeln eine Welle **22** um eine Achse des Systems **10** in Drehung versetzen. Die Welle **22** kann mit vielfältigen Komponenten des Turbinensystems **10** verbunden sein, beispielsweise mit einem Verdichter **24**, der ebenfalls Schaufeln aufweist, die mit der Welle **22** verbunden sein können. Mit der Drehung der Welle **22** der Turbine **18** rotieren auch die Laufschaufeln in dem Verdichter **24**, um dadurch Luft von einer Luftansaugöffnung **23** zu verdichten und die verdichtete Luft in das Brennkammerkopfstückvolumen **13** und/oder in Brennstoffdüsen **12** zu drücken. Weiter kann die Welle **22** mit einer mechanischen Last **28** verbunden sein, die ein Fahrzeug oder eine stationäre Last sein kann, z.B. ein elektrischer Generator in einem Kraftwerk oder ein Propeller eines Luftfahrzeugs. Die Last **28** kann eine beliebige geeignete Einrichtung beinhalten, die durch die Drehmomentausgabe des Turbinensystems **10** angetrieben werden kann.

[0051] Fig. 2 veranschaulicht eine geschnittene Seitenansicht von Abschnitten eines Ausführungsbeispiels des in Fig. 1 schematisch dargestellten Turbinensystems **10**. Das Ausführungsbeispiel des in Fig. 2 veranschaulichten Turbinensystems **10** enthält ein Paar Brennstoffdüsen **12**, die im Innern des Kopfstückvolumens **13** einer Brennkammeranordnung **16** angeordnet sind. Jede veranschaulichte Brennstoffdüse **12** kann mehrere Brennstoffdüsen, die miteinander in einer Gruppe integriert sind, und/oder eine eigenständige Brennstoffdüse beinhalten, wobei jede veranschaulicht Brennstoffdüse **12** wenigstens im Wesentlichen oder zur Gänze auf innerer struktureller Tragkraft (z.B. auf lasttragenden Fluidkanälen) ruht. Im Betrieb tritt Luft durch die

Luftansaugöffnung in das Turbinensystem **10** ein und kann in dem Verdichter **24** unter Druck gesetzt werden. Wie beispielsweise in **Fig. 2** schematisch gezeigt, tritt die verdichtete Luft von dem Diffusorausgang **26** her in das Kopfstückvolumen **13** der Brennkammeranordnung **16** ein. Die verdichtete Luft kann anschließend für die Verbrennung in der Brennkammer **16** mit Brennstoff (z.B. mit gasförmigem oder flüssigem Kohlenwasserstoff) vermischt werden. Beispielsweise können die Brennstoffdüsen **12** ein Brennstoff-Luft-Gemisch in das Brennkammersystem **16** in einem Verhältnis injizieren, das geeignet ist, die Verbrennung, die Emissionen, den Brennstoffverbrauch und die Leistungsabgabe zu optimieren.

[0052] Wie beispielsweise schematisch in **Fig. 3** und **Fig. 6** gezeigt, können Ausführungsbeispiele der Düsenanordnung **12** mit einer sich axial erstreckenden peripheren Wand **38** ausgebildet sein, die eine Lufteinlassöffnung **40** und einen Düsenauslass **42** aufweist. In die Düsenanordnung **12** erstreckt sich entlang der zentralen Längsachse der Düsenanordnung **12** ein zentraler Grundkörper **44**. Wie beispielsweise in **Fig. 6** schematisch gezeigt, kann der zentrale Grundkörper **44** eine innere zylindrische Wand **54** aufweisen, die einen hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** definiert. Die innere zylindrische Wand **54** ist konzentrisch um die Mittel- oder Längsachse der Düsenanordnung **12** angeordnet und ist eingerichtet und angeordnet, um dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** Luft zuzuführen.

[0053] Die in den Figuren, beispielsweise in **Fig. 3** und **Fig. 6**, mit **30** bezeichneten Pfeile veranschaulichen schematisch den Luftstrom in der Richtung, in die der Pfeil zeigt. Desgleichen veranschaulichen die in den Figuren, beispielsweise in **Fig. 4** und **Fig. 6**, mit **31** bezeichneten Pfeile schematisch den Brennstoffstrom in der Richtung, in die der Pfeil zeigt.

[0054] Wie beispielsweise in **Fig. 6** schematisch gezeigt, kann der zentrale Grundkörper **44** bevorzugt einen Brennstoffzufuhrkanal definieren, der als ein ringförmiger Brennstoffkanal **46** konstruiert ist, der einen Teil des Brennstoffs einer Dralldüse zuführt, die einen radial ausgerichteten Brennstoffvormischinjektionsring **48** definiert, der den zentralen Grundkörper **44** umgibt und sich radial zwischen dem zentralen Grundkörper **44** und der peripheren Wand **38** erstreckt. Der Teil des Brennstoffs, der dem radial ausgerichteten Brennstoffvormischinjektionsring **48** zugeführt wird, wird als eine aktive Brennstoffzufuhr angesehen, da er, während er in den Brennstoffvormischinjektionsring **48** gepumpt wird, aktiv gesteuert wird. Wie in **Fig. 3** und **Fig. 6** schematisch gezeigt, strömt verdichtete Luft, die den (in **Fig. 3** und **Fig. 6** nicht gezeigten) Verdichter **24** verlässt, während des Betriebs in den radial außen liegenden Luftkanal **50**, der zwischen der peripheren Wand **38** und der äußeren Wand **44** definiert ist, die den zentralen Grundkörper **44** jeder Brennstoffdüsenanordnung **12** bildet.

[0055] Der Brennstoffvormischinjektionsring **48** weist vorzugsweise Drallschaufeln **47** auf, die die Luft verwirbeln, die in dem radial außen liegenden Luftkanal **50** an den Leitschaufeln **47** vorbei strömt. Durch die Drallschaufeln **47** des Brennstoffvormischinjektionsrings **48** hindurch sind (in **Fig. 3** nicht gezeigte) Brennstoffauslassöffnungen **49** gebildet. Wie schematisch in **Fig. 6** gezeigt, strömt Brennstoff von dem ringförmigen Brennstoffkanal **46** durch radiale Brennstoffkanäle **52** in den Brennstoffvormischinjektionsring **48** und tritt aus den (in **Fig. 3** nicht gezeigten) Brennstoffauslassöffnungen **49** aus, die durch die Drallschaufeln **47** des Brennstoffvormischinjektionsrings **48** gebildet sind. Der aus den Brennstoffauslassöffnungen **49** ausgeworfene Brennstoff wird in den radial außen liegenden Luftkanal **50** eingespeist, um Brennstoff und Luft in dem radial außen liegenden Luftkanal **50** stromaufwärts der Brennkammerreaktionszone **32** vorzumischen. Während Luft gegen die Luftdrallschaufeln **47** gelenkt wird, wird der Luft ein Verwirbelungsmuster verliehen, und dieses Verwirbelungsmuster fördert das Mischen der Luft mit dem primären Brennstoff, der von den Brennstoffauslassöffnungen **49** der Luftdrallschaufeln **47** in den vorbeiströmenden Luftstrom ausgeworfen ist. Das Luft/Brennstoff-Gemisch, das den radial außen liegenden Luftkanal **50** verlässt, strömt in die Brennkammerreaktionszone **32**, wo das Luft/Brennstoff-Gemisch verbrannt wird.

[0056] Wie schematisch in **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt, definiert ein Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** mehrere sich axial erstreckende, hohle Vormischkanäle **61**. Wie beispielsweise schematisch in **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt, weist die Vormisch-Pilotdüse **60** an dem stromaufwärtigen Ende, das mit dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** verbunden ist einen Einlass **67** auf. Die Vormisch-Pilotdüse **60** weist an dem stromabwärtigen Ende, das axial entgegengesetzt zu dem stromaufwärtigen Ende der Vormisch-Pilotdüse **60** angeordnet ist einen Auslass **68** auf. Wie beispielsweise in **Fig. 4** schematisch gezeigt, definiert die Vormisch-Pilotdüse **60** einen sich axial erstreckenden inneren Kanal **53**, der mit dem hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** strömungsmäßig verbunden ist.

[0057] Wie beispielsweise in **Fig. 4** schematisch gezeigt, weist jeder Vormischkanal **61** ein stromaufwärtiges Ende auf, das in der Nähe des stromabwärtigen Endes des zentralen Körpers **44** angeordnet ist. Das stromaufwärtige Ende jedes Vormischkanals **61** definiert eine Einfüllöffnung **61a**, die einem Fluid gestattet, in den

hohlen Vormischkanal **61** zu strömen, und die strömungsmäßig mit dem inneren Kanal **51** des zentralen Körpers **44** verbunden ist. Jeder Vormischkanal **61** weist ein stromabwärtiges Ende auf, das axial entgegengesetzt zu dem stromaufwärtigen Ende des Vormischkanals **61** angeordnet ist und das in der Nähe des stromabwärtigen Endes der Vormisch-Pilotdüse **60** angeordnet ist. Jedes stromabwärtige Ende jedes Vormischkanals **61** definiert eine Auslassöffnung **61b**, die es dem Fluid gestattet, den hohlen Vormischkanal **61** zu verlassen.

[0058] In dem in **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 5** schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** sind die Vormischkanäle **61** in der Vormisch-Pilotdüse **60** als die hohlen Innenräume einer Anzahl von Vormischrohren **64** definiert, die rund um den Umfang um die axiale Mittellinie **33** (**Fig. 4**) der Vormisch-Pilotdüse **60** angeordnet sind. Wie beispielsweise in **Fig. 4** schematisch gezeigt, erstreckt sich in diesem Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** jedes Vormischrohr **64** axial zwischen einer stromaufwärtigen Endplatte **65a** und einer stromabwärtigen Endplatte **65b** der Vormisch-Pilotdüse **60**. Wie in **Fig. 5** schematisch gezeigt, sind siebzehn Vormischkanäle **61** in der Nähe des Außenumfangs der Vormisch-Pilotdüse **60** in einem Kreis gruppiert, der bevorzugt mit einem Durchmesser von etwa 5,1 cm bemessen ist. Jeder Vormischkanal **61** weist bevorzugt eine axiale Länge im Bereich von 7,6 cm bis 12,7 cm auf, und der Durchmesser jedes Vormischkanals **61** beträgt bevorzugt weniger als 6,35 mm und ist bevorzugt in einem Bereich von 2,54 mm bis 5,1 mm bemessen. Dieses Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** erzielt bevorzugt ein etwa drei-prozentiges Luft/Brennstoff-Gemisch. Allerdings wird der Durchmesser und die Anzahl von Vormischkanälen **61**, die in der Vormisch-Pilotdüse **60** ausgebildet sind, von den Strömen abhängen, die unter den erwarteten Betriebsbedingungen als optimal erachtet sind und die bevorzugt bemessen sind, um die Vermischung zu maximieren, während die gewünschten Druckgefälle auf der Brennstoff- und Luftseite aufrechterhalten werden.

[0059] In dem in **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Brennstoffzufuhrkanal zum Teil durch ein (in der Ansicht von **Fig. 5** nicht gezeigtes) gesondertes Brennstoffrohr **45** gebildet, das in dem zentralen Grundkörper **44** angeordnet ist und das den mehreren Vormischkanälen **61** der Vormisch-Pilotdüse **60** eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Brennstoff bereitstellt. Was die Zufuhr von Brennstoff zu der Vormisch-Pilotdüse **60** betrifft, kann das in **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellte Ausführungsbeispiel daher als ein Ausführungsbeispiel erachtet werden, das eine aktive Brennstoffzufuhr verwendet.

[0060] Wie beispielsweise in **Fig. 3** schematisch gezeigt, definiert das Brennstoffrohr **45** im Innern einen Brennstoffkanal, der ein stromaufwärtiges Ende aufweist, das an dem stromaufwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** angeordnet ist und das dazu eingerichtet ist, mit einer aktiv gesteuerten Brennstoffquelle verbunden zu werden. Wie schematisch in **Fig. 3** gezeigt, wird der aktiv gesteuerte Brennstoff durch die Endplatte **27** in das stromaufwärtige Ende des Brennstoffrohrs **45** eingespeist. Wie beispielsweise in **Fig. 3** und **Fig. 4** schematisch gezeigt, weist der Abschnitt des Brennstoffzufuhrkanals, der in dem Brennstoffrohr **45** ausgebildet ist, ein stromabwärtiges Ende auf, das an dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** angeordnet ist und das strömungsmäßig mit den stromaufwärtigen Enden der mehreren Vormischkanäle **61** verbunden ist. Wie beispielsweise schematisch in **Fig. 4** gezeigt, ist das stromabwärtige Ende des Brennstoffrohrs **45** strömungsmäßig mit einem (in der Ansicht von **Fig. 3** nicht unterscheidbaren) Brennstoffsammelraum **63** verbunden, der in einem Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** gebildet ist. Der Brennstoffsammelraum **63** ist ein hohler Brennstoffkanal, der einen Teil des Brennstoffzufuhrkanals bildet und der dazu eingerichtet ist, sich rund um den Umfang des stromaufwärtigen Endes der Vormisch-Pilotdüse **60** zu erstrecken, und der an einer Stelle, die unmittelbar stromabwärts der in den stromaufwärtigen Enden der Vormischkanäle **61** angeordneten Einfüllöffnungen **61a** liegt, mit den stromaufwärtigen Enden jedes Vormischkanals **61** strömungsmäßig verbunden ist. Somit erreicht das Brennstoffrohr **45** die Vormisch-Pilotdüse **60** an dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** und speist Brennstoff in die Vormisch-Pilotdüse **60** ein.

[0061] Wie schematisch in **Fig. 3** gezeigt, ist der (auch als Dralldüse bekannte) Brennstoffvormischinjektionsring **48** mit mehreren Hilfsluftkanälen **43** ausgebildet, durch die Luft **30** von dem Kopfstückvolumen **13** (**Fig. 2**) passiv in den hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** eintritt, und dieser passiv zugeführte Luftstrom **30** bewegt sich stromabwärts zu der Vormisch-Pilotdüse **60** an dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44**. Wie schematisch in **Fig. 4** gezeigt, tritt die Luft **30**, die sich in dem hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** stromabwärts bewegt, in jede Einfüllöffnung **61a** jedes Vormischkanals ein, der durch jedes Vormischrohr **64** gebildet ist, und mischt sich mit dem Brennstoff, der in jeden Vormischkanal **61** eingespeist ist, und ist einer fortgesetzten Vermischung des Brennstoff/Luft-Gemisches unterworfen, während sich das Brennstoff/Luft-Gemisch in den Vormischkanälen **61** stromabwärts bewegt. Wie beispielsweise in **Fig. 4** schematisch dargestellt, ist der Brennstoffsammelraum **63** darüber hinaus in der Nähe des Einlasses **67** der Vormisch-Pilotdüse **60** bevorzugt mit jedem Vormischkanal **61** strömungsmäßig verbunden, so dass die Luft, die in den entsprechenden Vormischkanal **61** eintritt, auf den Brennstoff trifft und sich über den größten Teil der axialen Länge des entsprechenden Durchlasskanals **61** mit dem Brennstoff mischt, bevor das Brennstoff/

Luft-Gemisch den entsprechenden Durchlasskanal **61** über dessen Auslassöffnung **61b** verlässt. Was die Zufuhr von Luft und Brennstoff zu der Vormisch-Pilotdüse **60** betrifft, kann das in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellte Ausführungsbeispiel daher als ein Ausführungsbeispiel angesehen werden, das eine passive Luftzufuhr und eine aktive Brennstoffzufuhr verwendet.

[0062] In dem in **Fig. 6** gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Elemente, die mit dem in **Fig. 3–Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiel übereinstimmen, mit denselben Bezugszeichen wie in **Fig. 3–Fig. 5** bezeichnet. Was die Zufuhr von Luft und Brennstoff zu der Vormisch-Pilotdüse **60** betrifft, kann das in **Fig. 6** dargestellte Ausführungsbeispiel allerdings als ein Ausführungsbeispiel angesehen werden, das eine aktive Luftzufuhr und eine passive Brennstoffzufuhr verwendet und das sich in dieser Hinsicht von dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 3** und **Fig. 4** unterscheidet.

[0063] Wie schematisch in Querschnittsansichten von **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt, weist ein Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** ein stromaufwärtiges Ende auf, das mit dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** verbunden ist. Die Vormisch-Pilotdüse **60** definiert einen sich axial erstreckenden inneren Kanal **53**, der mit dem hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** strömungsmäßig verbunden ist. Die Vormisch-Pilotdüse **60** weist ein stromabwärtiges Ende auf, das axial entgegengesetzt zu dem stromaufwärtigen Ende der Vormisch-Pilotdüse **60** angeordnet ist. Wie in einem Querschnitt in **Fig. 6** und **Fig. 7** schematisch gezeigt, definiert die Vormisch-Pilotdüse **60** mehrere sich axial erstreckende, hohle Vormischkanäle **61**, die bevorzugt symmetrisch und rund um den Umfang des sich axial erstreckenden inneren Kanals **53** angeordnet sind. Jeder Vormischkanal **61** weist ein stromaufwärtiges Ende auf, das in der Nähe des stromabwärtigen Endes des zentralen Körpers **44** angeordnet ist und das eine Einfüllöffnung **61a** definiert, die einem Fluid gestattet, in den hohlen Vormischkanal **61** zu strömen, und die mit dem inneren Kanal **51** des zentralen Körpers **44** strömungsmäßig verbunden ist. Wie schematisch in **Fig. 6** gezeigt, wird ein aktiv gesteuerter Luftstrom **30** in den inneren Kanal **51** des zentralen Körpers **44** eingespeist und strömt abwärts zu der Einfüllöffnung **61a** der hohlen Vormischkanäle **61** der Vormisch-Pilotdüse **60**. Jeder Vormischkanal **61** weist ein stromabwärtiges Ende auf, das axial entgegengesetzt zu dem stromaufwärtigen Ende des Vormischkanals **61** angeordnet ist und das in der Nähe des stromabwärtigen Endes der Vormisch-Pilotdüse **60** angeordnet ist. Jedes stromabwärtige Ende jedes Vormischkanals **61** definiert eine Auslassöffnung **61b**, die es dem Fluid gestattet, den hohlen Vormischkanal **61** zu verlassen.

[0064] Brennstoff wird von der Endplatte **27** (**Fig. 2**) in den ringförmigen Brennstoffkanal **46** eingespeist. Wie schematisch in **Fig. 6** gezeigt, speisen die radialen Brennstoffkanäle **52** Brennstoff von dem ringförmigen Brennstoffkanal **46** in den Brennstoffvormischinjektionsring **48** ein. Ein Teil des aktiv gesteuerten Brennstoffs von dem ringförmigen Brennstoffkanal **46** wird von den Brennstoffauslassöffnungen **49** in den Drallschaufeln **47** abgezweigt und strömt weiter stromabwärts in den ringförmigen Brennstoffkanal **46**, um der Vormisch-Pilotdüse **60** an dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** eine passive Zufuhr von Brennstoff bereitzustellen. Wie in einem Querschnitt in **Fig. 6** schematisch gezeigt, definiert ein Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** einen Brennstoffeinlass **62**, der einen Teil des Brennstoffzufuhrkanals bildet, der jeden Vormischkanal **61** strömungsmäßig mit einer Brennstoffquelle verbindet. In dem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel nach **Fig. 6** erstreckt sich der Brennstoffeinlass **62** ausgehend von dem stromabwärtigen Ende des ringförmigen Brennstoffkanals **46** radial nach innen, um unmittelbar stromabwärts der Einfüllöffnung **61a** jenes Vormischkanals **61** in jeden Vormischkanal **61** Brennstoff einzuspritzen. Der aktiv gesteuerte Luftstrom **30**, der sich in dem hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** stromabwärts bewegt, tritt über die Einfüllöffnungen **61a** in die Vormischkanäle **61** ein und vermischt sich mit der passiven Zufuhr von Brennstoff, der den Vormischkanälen **61** der Vormisch-Pilotdüse **60** zugeführt ist. In dieser Weise nimmt der Luftstrom, der in die Einfüllöffnung **61a** jedes Vormischkanals **61** in der Vormisch-Pilotdüse **60** eintritt, Brennstoff, der in jeden Vormischkanal **61** eingespeist ist, mit und mischt sich mit diesem und ist einer fortgesetzten Vermischung des Brennstoff/Luft-Gemisches unterworfen, während sich das Brennstoff/Luft-Gemisch in den Vormischkanälen **61** stromabwärts bewegt.

[0065] **Fig. 8** veranschaulicht ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** schematisch in einer Schnittansicht, die der in **Fig. 6** gezeigten Ansicht ähnelt, jedoch längs der Schnittlinien 8-8 in **Fig. 7** genommen ist. In **Fig. 8** sind die Elemente, die mit dem in **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigten Ausführungsbeispiel übereinstimmen, mit denselben Bezugszeichen wie in **Fig. 6** und **Fig. 7** bezeichnet. Im Gegensatz zu dem in **Fig. 6** und **Fig. 7** dargestellten Ausführungsbeispiel, sind in dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 8** allerdings sogenannte abgewinkelte Vormischkanäle **61** vorhanden. Wie beispielsweise in **Fig. 8** schematisch gezeigt, weist jeder Vormischkanal **61** eine Vormischachse **34** (**Fig. 12**) auf, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind. Wie beispielsweise in **Fig. 8** schematisch gezeigt, ist diese zentrisch symmetrische Vormischachse **34** bevorzugt relativ zu der symmetrischen Mittelachse **33** des zentralen Körpers **44** und der

Vormisch-Pilotdüse **60** unter einem spitzen Winkel angeordnet. Dieser Winkel jedes abgewinkelten Vormischkanals **61** verleiht dem Brennstoff/Luft-Gemisch, das aus der Auslassöffnung **61b** jedes Vormischkanals **61** ausgeworfen wird, eine radial nach innen gerichtete Komponente in einer Richtung, die den axialen Pfad der Luft kreuzt, die aus dem Inneren des sich axial erstreckenden inneren Kanals **53** der Vormisch-Pilotdüse **60** austritt, nachdem sie den hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** durchströmt hat. Jeder abgewinkelte Vormischkanal **61** verleiht dem Luftstrom, der den sich axial erstreckenden inneren Kanal **53** der Vormisch-Pilotdüse **60** verlässt, außerdem eine Verwirbelung.

[0066] Der Betrag des spitzen Winkels ist bevorzugt in der Größenordnung von 4,5 Grad bemessen und kann im Bereich von 3 Grad bis 6 Grad liegen. Darüber hinaus ist die Länge des Mischpfades in jedem Vormischkanal **61** des Ausführungsbeispiels der in **Fig. 8** dargestellten Vormisch-Pilotdüse **60** aufgrund des spitzen Winkels in dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 6** und **Fig. 7** relativ zu der Länge des Mischpfades in jedem Vormischkanal **61** bevorzugt verlängert, vorausgesetzt die Längen der Vormisch-Pilotdüsen **60** stimmen überein. Vorzugsweise ist die axiale Länge der Vormisch-Pilotdüse **60** im Bereich von 7,6 cm bis 12,7 cm bemessen und weist bevorzugt einen Durchmesser in der Größenordnung von 5 cm oder weniger als die Hälfte der axialen Länge der Vormisch-Pilotdüse **60** auf. Die Durchmesser der Vormischkanäle **61** liegen bevorzugt im Bereich von 2 mm bis 7 mm. Allerdings werden der Durchmesser und die Anzahl von Vormischkanälen **61**, die in der Vormisch-Pilotdüse **60** ausgebildet sind, von den gewünschten Strömen abhängen, die unter den erwarteten Betriebsbedingungen als optimal erachtet werden, und sie werden bevorzugt geeignet ermittelt, um die Vermischung zu maximieren, während das gewünschte Druckgefälle auf der Brennstoffseite aufrecht erhalten wird.

[0067] **Fig. 9** und **Fig. 10** veranschaulichen schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** in einer Schnittansicht, die der in **Fig. 6** gezeigten Ansicht ähnelt, jedoch ist **Fig. 9** längs der Schnittlinien 9-9 in **Fig. 10** genommen und **Fig. 10** ist längs der Schnittlinien 10-10 in **Fig. 9** genommen. In **Fig. 9** und **Fig. 10** sind die Elemente, die mit den in **Fig. 6–Fig. 8** gezeigten Ausführungsbeispielen übereinstimmen, mit denselben Bezugszeichen wie in **Fig. 6–Fig. 8** bezeichnet. Im Gegensatz zu dem in **Fig. 6–Fig. 8** dargestellten Ausführungsbeispiel ist in dem in **Fig. 9** und **Fig. 10** gezeigten Ausführungsbeispiel allerdings mehr als eine kreisförmige Gruppierung von Vormischkanälen **61** vorgesehen. Eine innere Gruppierung von Vormischkanälen **61** ist radial innerhalb einer äußeren Gruppierung von Vormischkanälen **61** angeordnet. Wie beispielsweise in **Fig. 10** schematisch gezeigt, weist dieses Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** vorzugsweise dreißig Vormischkanäle **61** auf und erzielt eine Luft/Brennstoff-Mischung von etwa zweieinhalb Prozent.

[0068] In den Ausführungsbeispielen der Vormisch-Pilotdüse **60**, die beispielsweise in **Fig. 6–Fig. 10** schematisch gezeigt ist, basiert die Vormisch-Pilotdüse bevorzugt auf einem kompakten zylindrischen Metallgrundkörper, in dem jeder der Vormischkanäle **61** durch eine Bohrung durch den Metallgrundkörper hindurch ausgebildet ist. Die Anzahl und Ausrichtung der Vormischkanäle **61** werden festgesetzt, um die Vermischung von Luft und Brennstoff zu maximieren, während das gewünschte Druckgefälle auf der Brennstoffseite aufrecht erhalten wird.

[0069] **Fig. 11** veranschaulicht schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** in einer Schnittansicht, die der Ansicht ähnelt, die in **Fig. 8** und **Fig. 9** gezeigt ist. In **Fig. 11** sind die Elemente, die mit den Ausführungsbeispielen übereinstimmen, die in **Fig. 6–Fig. 10** gezeigt sind, mit denselben Bezugszeichen wie in **Fig. 6–Fig. 10** bezeichnet. Allerdings enthält das Ausführungsbeispiel von **Fig. 11** im Innern des zentralen Körpers **44** eine zylindrische Brennstoffkartusche **36**, die einen zentralen Brennstoffkanal **37** definiert, durch den eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Brennstoff, wie schematisch durch das Bezugszeichen **31** angezeigt, in der stromabwärts verlaufenden Richtung strömt. Wie außerdem durch die in **Fig. 11** mit **31** bezeichneten Pfeile schematisch angezeigt und der Konstruktion von **Fig. 6** ähnelnd, ist eine passive Zufuhr von Brennstoff der Brennstoff, der von der aktiven Zufuhr von Brennstoff, der aus der (in **Fig. 11** nicht gezeigten, aber in **Fig. 2** gezeigten) Brennkammerendplatte **27** und in den ringförmigen Brennstoffkanal **46** strömt, abgezweigt ist, bevor er in den (in **Fig. 11** nicht gezeigten) Brennstoffvormischinjektionsring **48** eingespeist wird. Wie schematisch in **Fig. 11** gezeigt, ist es diese abgezweigte passive Zufuhr von Brennstoff **31**, die über die Brennstoffeinlässe **62** in den hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** injiziert wird.

[0070] Wie weiter schematisch durch die in **Fig. 11** mit **30** bezeichneten Pfeile angezeigt, wird Luft **30** aktiv zugeführt und strömt stromabwärts durch den hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** und befördert Brennstoff, der aus den primären Brennstoffeinlässen **62** austritt, stromabwärts durch die Einfüllöffnungen **61a** und in die in der Vormisch-Pilotdüse **60** gebildeten Vormischkanäle **61**. In dieser Weise nimmt der Luftstrom, der an den primären Brennstoffeinlässen **62** vorbeiströmt, Brennstoff, der in den hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** eingespeist ist, mit und mischt sich mit diesem und tritt in die Einfüllöffnung **61a** jedes

Vormischkanals **61** in der Vormisch-Pilotdüse **60** ein. Das Brennstoff/Luft-Gemisch ist einer fortwährenden Vermischung unterworfen, während es in den Vormischkanälen **61** stromabwärts strömt.

[0071] Darüber hinaus definiert das Ausführungsbeispiel von **Fig. 11** an Orten stromabwärts der primären Brennstoffeinlässe **62** durch die innere zylindrische Wand **54** hindurch außerdem sekundäre Brennstoffeinlässe **62a**. Die sekundären Brennstoffeinlässe **62a** injizieren Brennstoff unmittelbar in die Vormischkanäle **61**, so dass das Brennstoff/Luft-Gemisch mit Brennstoff angereichert wird und einer zusätzlichen Vermischung unterworfen wird, während es sich in den Vormischkanälen **61** stromabwärts bewegt. Wie in **Fig. 11** schematisch dargestellt, sind sowohl die primären Brennstoffeinlässe **62** als auch die sekundären Brennstoffeinlässe **62a** bevorzugt unter einem Winkel in der Stromabwärtsrichtung schräg ausgebildet. Während **Fig. 11** ein Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** veranschaulicht, das sowohl die primären Brennstoffeinlässe **62** als auch die sekundären Brennstoffeinlässe **62a** aufweist, kommt in Betracht, dass in einem vorgegebenen abgewandelten Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** möglicherweise lediglich ein Satz vorgesehen ist, sie dieser primär **62** oder sekundär **62a**.

[0072] **Fig. 10** und **Fig. 12** veranschaulichen ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** schematisch in einer Schnittansicht, die der Ansicht ähnelt, die in **Fig. 8** gezeigt ist, jedoch ist **Fig. 12** längs der Schnittlinien 12-12 in **Fig. 10** genommen. In **Fig. 10** und **Fig. 12** sind die Elemente, die mit den in **Fig. 6–Fig. 8** gezeigten Ausführungsbeispielen übereinstimmen, mit denselben Bezugszeichen wie in **Fig. 6–Fig. 8** bezeichnet. In dem schematisch in **Fig. 10** und **Fig. 12** gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Vormisch-Pilotdüse **60** mit der inneren zylindrischen Wand **54**, die den hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** definiert, und mit der Außenwand **44**, die den zentralen Grundkörper bildet, einstückig hergestellt. In dieser Weise definiert die innere zylindrische Wand **54**, wie in **Fig. 12** schematisch dargestellt, die radial innenliegenden Wände der Vormischkanäle **61**, während die Außenwand **44**, die den zentralen Grundkörper definiert, die radial außen liegenden Wände der Vormischkanäle **61** bildet.

[0073] In dem in **Fig. 10** und **Fig. 12** schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel weisen einige der Vormischkanäle **61** definierende Wände auf, die konzentrisch um eine zentrale Vormischachse **34** (**Fig. 12**) gebildet sind, die bevorzugt parallel zu der symmetrisch mittigen Achse **33** des zentralen Körpers **44** und der Vormisch-Pilotdüse **60** angeordnet ist. Im Gegensatz zu dem in **Fig. 6–Fig. 8** dargestellten Ausführungsbeispiel ist in dem Ausführungsbeispiel, das in **Fig. 10** und **Fig. 12** gezeigt ist, allerdings mehr als eine kreisförmige Gruppierung von Vormischkanälen **61** vorgesehen, und es ist somit eine innere kreisförmige Gruppierung von Vormischkanälen **61** vorhanden, die radial innerhalb einer äußeren kreisförmigen Gruppierung von Vormischkanälen **61** angeordnet ist. Darüber hinaus haben in dem in **Fig. 10** und **Fig. 12** dargestellten Ausführungsbeispiel einige der Vormischkanäle **61** definierende Wände, die konzentrisch um eine Vormischachse **34** gebildet sind, die relativ zu der symmetrischen Mittelachse **33** des zentralen Körpers **44** und der Vormisch-Pilotdüse **60** bevorzugt unter einem spitzen Winkel angeordnet ist.

[0074] Das in **Fig. 10** und **Fig. 12** dargestellte Ausführungsbeispiel ähnelt dem in **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiel insofern als der Brennstoffzufuhrkanal zum Teil durch ein gesondertes Brennstoffrohr **45** gebildet ist, das in dem zentralen Grundkörper **44** angeordnet ist und eine aktive Steuerung des Brennstoffzustroms zu den Vormischkanälen **61** erlaubt. Wie beispielsweise durch die durchgezogene Linie in **Fig. 12** schematisch gezeigt, definiert das Brennstoffrohr **45** im Innern einen Brennstoffkanal, der ein stromaufwärtiges Ende aufweist, das an dem stromaufwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** angeordnet ist und das dazu eingerichtet ist mit einer aktiv gesteuerten Brennstoffquelle verbunden zu werden. Wie durch die mit dem Bezugszeichen **30** bezeichneten Pfeile in **Fig. 12** schematisch gezeigt, wird Luft von den Vorhangluftkanälen **57** von dem Kopfstückvolumen **13** her passiv in die Einfüllöffnungen **61a** der Vormischkanäle **61** eingespeist. Wie in **Fig. 12** schematisch gezeigt, weist der Abschnitt des Brennstoffzufuhrkanals, der in dem Brennstoffrohr **45** ausgebildet ist, ein stromabwärtiges Ende auf, das an dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** angeordnet ist und das mit den stromaufwärtigen Enden der mehreren Vormischkanäle **61** strömungsmäßig verbunden ist. Das Brennstoffrohr **45** injiziert unmittelbar stromabwärts der Einfüllöffnungen **61a** der Vormischkanäle **61** aktiv Brennstoff in die Vormischkanäle **61**, um eine maximale Vermischung des Brennstoffs und der Luft zu fördern, die sich in den Vormischkanälen **61** stromabwärts bewegt. Was die Zufuhr von Luft und Brennstoff zu der Vormisch-Pilotdüse **60** betrifft, kann das in **Fig. 10** und **Fig. 12** dargestellte Ausführungsbeispiel daher als ein Ausführungsbeispiel erachtet werden, das eine passive Luftzufuhr und eine aktive Brennstoffzufuhr verwendet.

[0075] Wie in **Fig. 12** schematisch gezeigt, ist der Winkel jedes abgewinkelten Vormischkanals **61** eingerichtet, um das Brennstoff/Luft-Gemisch, das aus der Auslassöffnung **61b** jedes abgewinkelten Vormischkanals **61** entlassen wird, radial nach innen in eine Richtung zu lenken, die den axialen Pfad der Luft, die aus dem

Inneren des sich axial erstreckenden inneren Kanal **53** der Vormisch-Pilotdüse **60** austritt, nachdem sie den hohlen Innenraum **51** des zentralen Körpers **44** durchströmt hat, kreuzt und dem Brennstoffstrom und der Luft zusätzliche Verwirbelung verleiht. Der Betrag des spitzen Winkels ist bevorzugt in der Größenordnung von 4,5 Grad bemessen und kann im Bereich von 3 Grad bis 6 Grad liegen. Darüber hinaus ist die Länge des Mischpfades in jedem abgewinkelten Vormischkanal **61** des Ausführungsbeispiels der in **Fig. 12** dargestellten Vormisch-Pilotdüse **60** aufgrund des spitzen Winkels relativ zu der Länge des Mischpfades in jedem streng axialen Vormischkanal **61**, der sich in dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 12** streng parallel zu der symmetrischen Mittelachse **33** des zentralen Körpers **44** und der Vormisch-Pilotdüse **60** erstreckt, bevorzugt verlängert.

[0076] **Fig. 13** veranschaulicht schematisch noch ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** in einer Schnittansicht, die der in **Fig. 3** gezeigten Ansicht ähnelt. In **Fig. 13** sind die Elemente, die mit den in **Fig. 3–Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispielen übereinstimmen, mit denselben Bezugszeichen wie in **Fig. 3–Fig. 5** bezeichnet. In dem in **Fig. 13** schematisch gezeigten Ausführungsbeispiel werden in die Vormischkanäle **61** der Vormisch-Pilotdüse **60** eine passive Zufuhr von Brennstoff und eine passive Zufuhr von Luft eingespeist. Das Ausführungsbeispiel von **Fig. 13** schafft die Vormisch-Pilotdüse **60** in einer Anordnung, bei der die Vormischkanäle **61** rund um den Umfang des stromabwärtigen Endes des zentralen Körpers **44** angeordnet sind. Im Innern des zentralen Körpers **44** weist das Ausführungsbeispiel von **Fig. 13** einen Luft-sammelraum **56** auf, der mit den Einfüllöffnungen **61a** der Vormischkanäle **61** strömungsmäßig verbunden ist. Ein passiver Luftstrom wird von dem Kopfstückvolumen **13** (**Fig. 2**) her befördert und dem Luftsammelraum **56** über mehrere radiale Luftzufuhrrohre **57** zugeführt, die sich durch die sich axial erstreckende periphere Wand **38** erstrecken. Die Brennstoffzufuhr für die Brennstoffauslassöffnungen **49** in den Drallschaufeln **47** ist angezapft, so dass ein Teil dieser Brennstoffzufuhr von den Brennstoffauslassöffnungen **49** abgezweigt wird und eine passive Zufuhr von Brennstoff **31** bereitstellt, der über sich axial erstreckende Brennstoffkanäle **55** stromabwärts zu dem Luftsammelraum **56** befördert wird. Wie in **Fig. 13** schematisch gezeigt, erstreckt sich jedes der distalen Enden der sich axial erstreckenden Brennstoffkanäle **55** in die radialen Luftzufuhrrohre **57** in die Nähe der Stelle, wo die radialen Luftzufuhrrohre **57** mit dem Luftsammelraum **56** verbunden sind. Mittels dieser Anordnung wird der Brennstoff **31** passiv in den Luftstrom **30**, der über die radialen Luftzufuhrrohre **57** zugeführt ist, eingespeist, bevor jener Luftstrom **30** den Luftsammelraum **56** und die Einfüllöffnungen **61a** der Vormischkanäle **61** erreicht. Wie in den anderen Ausführungsbeispielen der Vormisch-Pilotdüse **60** vermischen sich der Brennstoff **31** und die Luft **30**, während sie sich in den Vormischkanälen **61** stromabwärts bewegen. Das Brennstoff/Luft-Gemisch, das die Auslassöffnung **61b** jedes Vormischkanals **61** verlässt, ist gründlich vermischt und verbrennt daher wirkungsvoller, um eine kleine, gut verankerte vorgemischte Flamme in der Nähe der Basis der Brennstoffdüse **12** bereitzustellen, so dass dadurch das wirbelnde Brennstoff/Luft-Gemisch, das die Brennstoffdüse **12** verlässt, verankert wird.

[0077] **Fig. 14** veranschaulicht schematisch noch ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** in einer Schnittansicht, die der Ansicht ähnelt, die in **Fig. 12** gezeigt ist. Während das Ausführungsbeispiel von **Fig. 14** ebenso wie das Ausführungsbeispiel von **Fig. 12** über eine aktive Brennstoffzufuhr zu der Vormisch-Pilotdüse **60** verfügt, weist das Ausführungsbeispiel von **Fig. 14** allerdings auch eine aktive Luftzufuhr zu der Vormisch-Pilotdüse **60** auf. In **Fig. 14**, sind die Elemente, die mit den in **Fig. 3–Fig. 5**, **Fig. 12** und **Fig. 13** gezeigten Ausführungsbeispielen übereinstimmen, mit denselben Bezugszeichen wie in **Fig. 3–Fig. 5**, **Fig. 12** und **Fig. 13** bezeichnet. Wie in **Fig. 14** schematisch gezeigt, wird von dem ringförmigen Brennstoffkanal **46** ausgehender Brennstoff aktiv gesteuert, um in den Brennstoffvormischinjektionsring **48** zu strömen, und er tritt aus den Brennstoffauslassöffnungen **49** aus, die durch die Drallschaufeln **47** hindurch ausgebildet sind. Der von den Brennstoffauslassöffnungen **49** ausgeworfene Brennstoff wird in den radial außen liegenden Luftkanal **50** eingespeist, um Brennstoff und Luft in dem radial außen liegenden Luftkanal **50** stromaufwärts der Brennkammerreaktionszone **32** vorzumischen. Während Luft gegen die Luftdrallschaufeln **47** gelenkt wird, wird der Luft ein Verwirbelungsmuster verliehen, und dieses Verwirbelungsmuster fördert die Vermischung der Luft mit dem primären Brennstoff, der von den Brennstoffauslassöffnungen **49** der Luftdrallschaufeln **47** in den vorbeiströmenden Luftstrom ausgestoßen wird. Das Luft/Brennstoff-Gemisch, das den radial außen liegende Luftkanal **50** verlässt, strömt in die Brennkammerreaktionszone **32**, wobei es verbrannt wird.

[0078] Allerdings stellt das Ausführungsbeispiel von **Fig. 14** die Vormisch-Pilotdüse **60** in einer Anordnung bereit, die rund um den Umfang des stromabwärtigen Endes des zentralen Körpers **44** gruppiert ist. Eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Luft **30** ist den Vormischkanälen **61** der Vormisch-Pilotdüse **60** über den hohlen Innenraum **51** bereitgestellt, der durch die innere zylindrische Wand **54** des zentralen Körpers **44** gebildet ist. In dem in **Fig. 14** gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Vormisch-Pilotdüse **60** ausgehend von dem Grundkörper **44** eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Brennstoff bereitgestellt. Wie in **Fig. 14** schematisch gezeigt, weist der Abschnitt des Brennstoffzufuhrkanals, der in dem Brennstoffrohr **45** ausgebildet ist, ein stromabwärtiges Ende auf, das an dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers **44** angeordnet ist und das mit den stromauf-

wärtigen Enden der mehreren Vormischkanäle **61** strömungsmäßig verbunden ist. Das Brennstoffrohr **45** injiziert unmittelbar stromabwärts der Einfüllöffnungen **61a** der Vormischkanäle **61** aktiv Brennstoff **31** in die Vormischkanäle **61**, um ein maximales Mischen des Brennstoffs und der in den Vormischkanälen **61** stromabwärts strömenden Luft zu fördern. In dieser Weise nimmt der Luftstrom **30**, der in die Einfüllöffnung **61a** jedes Vormischkanals **61** in der Vormisch-Pilotdüse **60** eintritt, Brennstoff **31**, der in jeden Vormischkanal **61** eingespeist ist, mit und mischt sich mit diesem und ist einer fortgesetzten Vermischung des Brennstoff/Luft-Gemisches unterworfen, während sich das Brennstoff/Luft-Gemisch in den Vormischkanälen **61** stromabwärts bewegt.

[0079] Fig. 15 veranschaulicht noch ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vormisch-Pilotdüse **60** schematisch in einer Schnittansicht. Allerdings veranschaulicht das Ausführungsbeispiel von Fig. 15 einen von hinten her beschickten Vormisch-Pilotzylinder **35**, der an seinem stromabwärtigen Ende eine Vormisch-Pilotdüse **60** aufweist. In Fig. 15 sind die Elemente, die mit den in Fig. 2–Fig. 5 und Fig. 11–Fig. 13 gezeigten Ausführungsbeispielen übereinstimmen, mit denselben Bezugszeichen wie in Fig. 2–Fig. 5 und Fig. 11–Fig. 13 bezeichnet. Wie in Fig. 15 schematisch gezeigt, ist ein von dem Kopfstückvolumen **13** (Fig. 2) ausgegebener Luftstrom **30** aktiv gesteuert, um an dem Brennstoffvormischinjektionsring **48** und dessen Drallschaukeln **47** vorbeizuströmen. Wie in Fig. 15 schematisch gezeigt, wird ein aktiv gesteuerter Brennstoffstrom **31** durch die Endplatte **27** in den ringförmigen Brennstoffkanal **46** und von dort in den Brennstoffvormischinjektionsring **48** eingespeist und tritt aus den Brennstoffauslassöffnungen **49** aus, die durch die Drallschaukeln **47** hindurch ausgebildet sind. Der von den Brennstoffauslassöffnungen **49** ausgeworfene Brennstoff wird in den radial außen liegenden Luftkanal **50** eingespeist, um Brennstoff und Luft in dem radial außen liegenden Luftkanal **50** stromaufwärts der Brennkammerreaktionszone **32** vorzumischen. Während der Luftstrom **30** gegen die Luftdrallschaukeln **47** gelenkt wird, wird der Luft ein Verwirbelungsmuster verliehen, und dieses Verwirbelungsmuster fördert die Vermischung der Luft mit dem primären Brennstoff, der von den Brennstoffauslassöffnungen **49** der Luftdrallschaukeln **47** in den vorbeiströmenden Luftstrom ausgeworfen wird. Das Luft/Brennstoff-Gemisch, das den radial außen liegenden Luftkanal **50** verlässt, strömt in die Brennkammerreaktionszone **32**, wo es verbrannt wird.

[0080] Wie in Fig. 15 schematisch gezeigt, gleiten die von hinten her beschickte Ölkartusche **37** (die optional einen gasförmigen Brennstoff anstelle eines flüssigen Öls verwenden kann) und der sie umgebende von hinten her beschickte Vormisch-Pilotzylinder **35** in den hohlen Innenraum **51**, der durch die innere zylindrische Wand **54** des zentralen Körpers **44** definiert ist, und der Vormisch-Pilotflansch **29** wird über eine Dichtung **21** zwischen dem Vormisch-Pilotflansch **29** und der Endplatte **27** mit einer Endplatte **27** der Brennkammeranordnung **16** verbunden. Die zylindrische Brennstoffkartusche **36** definiert einen zentralen Brennstoffkanal **37**, durch den eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Brennstoff in der stromabwärts verlaufenden Richtung strömt, wie schematisch durch das Bezugszeichen **31** gezeigt. Wie in Fig. 15 schematisch gezeigt, ist ein aktiv gesteuerter Luftstrom **30** durch den Vormisch-Pilotflansch **27** hindurch bereitgestellt und strömt in dem ringförmigen Kanal, der zwischen der Außenfläche der zylindrischen Brennstoffkartusche **36** und der Innenfläche des von hinten her beschickten Vormisch-Pilotzylinders **35** gebildet ist, stromabwärts. Wie in Fig. 15 schematisch gezeigt, ist der Vormisch-Pilotbrennstoff **31** aktiv gesteuert, um in das Brennstoffrohr **45** zu strömen, das mit dem stromaufwärtigen Ende der Brennstoff-Vormisch-Pilotdüse **60** verbunden ist. Wie in einem Querschnitt in Fig. 15 schematisch gezeigt, tritt der Brennstoff **31** von dem Brennstoffrohr **45** in jeden Vormischkanal **61** über einen Brennstoffeinlass **62** ein, der in der radial innen angeordneten Wand ausgebildet ist, die jeden Vormischkanal **61** bildet, um in jeden Vormischkanal **61** unmittelbar stromabwärts der Einfüllöffnung **61a** jenes Vormischkanals **61** Brennstoff einzuspritzen, um ein maximales Mischen des Brennstoffs und der Luft zu fördern, die sich in den Vormischkanälen **61** stromabwärts bewegt. In dieser Weise nimmt der Luftstrom **30**, der in die Einfüllöffnung **61a** jedes Vormischkanals **61** in der Vormisch-Pilotdüse **60** eintritt, Brennstoff **31**, der in jeden Vormischkanal **61** eingespeist ist, mit und mischt sich mit diesem und ist einer fortgesetzten Vermischung des Brennstoff/Luft-Gemisches unterworfen, während sich das Brennstoff/Luft-Gemisch in den Vormischkanälen **61** stromabwärts bewegt.

[0081] In jedem Ausführungsbeispiel der hier beschriebenen Vormisch-Pilotdüse **60** wird das Brennstoff/Luft-Gemisch, das die Auslassöffnung **61b** jedes Vormischkanals **61** verlässt, gründlich vermischt und verbrennt daher wirkungsvoller, um eine kleine, gut verankerte vorgemischte Flamme in der Nähe der Basis der Brennstoffdüse **12** zu schaffen, so dass das wirbelnde Brennstoff/Luft-Gemisch, das die Brennstoffdüse **12** verlässt, dadurch verankert wird. Die verbesserte Flammenstabilität gestattet einen Betrieb mit einem geringeren Brennstoff/Luft-Verhältnis, so dass das LBO- und das Betriebsfenster des Gasturbinensystems **10** unterhalb von 3 ppm NO_x-Emissionen erweitert wird. Die Anpassbarkeit für sowohl passive Luft- als auch passive Brennstoffeinspeisungen gestattet eine sehr einfache Konstruktion, die kostengünstiger ist.

[0082] Die vorliegende Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung einschließlich der besten Ausführungsart zu beschreiben und um außerdem jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung in die Praxis

umzusetzen, beispielsweise beliebige Einrichtungen und Systeme herzustellen und zu nutzen, und beliebige damit verbundene Verfahren durchzuführen. Der patentfähige Schutzzumfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann andere dem Fachmann in den Sinn kommende Beispiele umfassen. Solche anderen Beispiele sollen in den Schutzzumfang der Ansprüche fallen, falls sie strukturelle Elemente enthalten, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder falls sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche enthalten.

[0083] Eine Einrichtung zum Injizieren von vorgemischtem Brennstoff und Luft durch einen zentralen Grundkörper und in die Verbrennungszone einer Gasturbine enthält eine Brennstoffinjektordüse mit einer Vormisch-Pilotdüse, die mehrere Vormischkanäle aufweist, die mit einer Luftzufuhr und einer Brennstoffzufuhr strömungsmäßig verbunden sind, die Luft und Brennstoff in den Vormischkanälen vormischt. Die Einrichtung weist entweder eine aktive oder passive Brennstoffeinspeisungssteuerung auf. Brennstoff kann in die Einrichtung entweder herkömmlich oder über einen von hinten her beschickten Kreislauf eingespeist werden, der in die Ölkartusche integriert ist. Brennstoff kann passiv über einen Brennstoffkanal zugeführt sein, der den Dralldüsenbrennstoffsammelraum mit den Vormischkanälen verbindet. In einer Abwandlung kann Brennstoff von der Ölkartusche her in die Vormischkanäle eingespeist werden.

Bezugszeichenliste:

Bezugszeichen:	Bauteil
10	Gasturbinensystem
12	Brennstoffdüsenanordnungen
13	Kopfstückvolumen
14	Brennstoffzufuhr
16	Brennkammeranordnung
18	Turbine
20	Abgasauslass
21	Dichtung
22	Welle
23	Luftansaugöffnung
24	Verdichter
25	Düsenflansch
26	Diffusorauslass
27	Endplatte
28	Last
29	Pilotflansch für von hinten her beschickte Pilotdüse
30	Luftstrom in Fig. 6
31	Brennstoffstrom in Fig. 6, 11
32	Brennkammerreaktionszone
33	Mittellinie
34	Mittelachse des axialen Vormischkanals Fig. 12, 13, 14
35	von hinten her beschickte Vormisch-Pilotzylinder
36	Brennstoffkartusche
37	zentraler Brennstoffkanal
38	sich axial erstreckende periphere Wand
40	Lufteinlassöffnung
42	Düsenauslass

43	Hilfsluftkanäle
44	zentraler Grundkörper
45	Brennstoffrohr
46	ringförmiger Brennstoffkanal
47	Drallschaufeln
48	Brennstoffvormischinjektionsring (Dralldüse)
49	Brennstoffauslassöffnungen
50	radial außen liegender Luftkanal
51	hohler Innenraum des zentralen Körpers 44
52	radiale Brennstoffkanäle in den Brennstoffvormischinjektionsring 48
53	innerer Kanal der Vormisch-Pilotdüse 60
54	innere zylindrische Wand bildet hohlen Innenraum 51 des zentralen Körpers 44
55	sich axial erstreckende Brennstoffkanäle
56	Luftsammelraum
57	radiale Luftzufuhrrohre
58	stromaufwärtige Endplatte
59	Brennstoffeinlassrohr
60	Vormisch-Pilotdüse
61	Vormischkanäle in der Vormisch-Pilotdüse 60
61a	Einfüllöffnung
61b	Auslassöffnung
62	Brennstoffeinlass
62a	sekundärer Brennstoffeinlass
63	Brennstoffsammelraum
64	Vormischrohre
65a	stromaufwärtige Endplatte
65b	stromabwärtige Endplatte
66	
67	Einlass der Vormisch-Pilotdüse 60
68	Auslass der Vormisch-Pilotdüse 60

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6446439 [0005]

Patentansprüche

1. Brennstoffinjektor für eine Gasturbine, zu dem gehören:
 - a) eine sich axial erstreckende periphere Wand, die eine äußere Hüllkurve des Injektors definiert, wobei die Wand eine Innenfläche aufweist, die einen sich axial erstreckenden inneren Hohlraum definiert;
 - b) ein hohler, sich axial erstreckender zentraler Grundkörper, der in dem inneren Hohlraum des Injektors angeordnet ist, wobei der zentrale Körper durch ein stromaufwärtiges Ende und ein stromabwärtiges Ende gebildet ist, das axial entgegengesetzt zu dem stromaufwärtigen Ende angeordnet ist, wobei der zentrale Körper durch eine Außenfläche und eine Innenfläche gebildet ist, die der Außenfläche gegenüberliegt, wobei die Innenfläche einen sich axial erstreckenden inneren Kanal bildet;
 - c) ein primärer Luftstromkanal, der durch einen Ringraum definiert ist, der zwischen der Außenfläche des zentralen Körpers und der Innenfläche der peripheren Wand angeordnet ist;
 - d) eine Dralldüse mit mehreren Drallschaufeln, die sich radial über den primären Luftstromkanal erstrecken, wobei mindestens eine der Drallschaufeln mindestens einen Brennstoffkanal bildet, der einen Einlass an einem seiner Enden und einen Auslass an einem gegenüberliegenden Ende davon aufweist, wobei der wenigstens eine Brennstoffkanal eingerichtet und angeordnet ist, um mit dem primären Luftstromkanal strömungsmäßig verbunden zu sein;
 - e) eine Vormisch-Pilotdüse mit einem stromaufwärtigen Ende, das mit dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers verbunden ist, wobei die Vormisch-Pilotdüse ein stromabwärtiges Ende aufweist, das axial entgegengesetzt zu dem stromaufwärtigen Ende der Vormisch-Pilotdüse angeordnet ist, wobei die Vormisch-Pilotdüse mehrere sich axial erstreckende, hohle Vormischkanäle definiert, wobei jeder Vormischkanal ein stromaufwärtiges Ende aufweist, das in der Nähe des stromabwärtigen Endes des zentralen Körpers angeordnet ist und eine Einfüllöffnung definiert, die einem Fluid gestattet, in den hohlen Vormischkanal zu strömen, wobei jeder Vormischkanal ein stromabwärtiges Ende aufweist, das axial entgegengesetzt zu dem stromaufwärtigen Ende des Vormischkanals angeordnet ist und das in der Nähe des stromabwärtigen Endes der Vormisch-Pilotdüse angeordnet ist, wobei jedes stromabwärtige Ende jedes Vormischkanals eine Auslassöffnung bildet, die es dem Fluid gestattet, den hohlen Vormischkanal zu verlassen; und
 - f) ein Brennstoffzufuhrkanal mit einem stromaufwärtigen Ende, das dazu eingerichtet ist, mit einer Brennstoffquelle verbunden zu werden, wobei der Brennstoffzufuhrkanal ein stromabwärtiges Ende aufweist, das an dem stromabwärtigen Ende des zentralen Körpers angeordnet ist und das mit den stromaufwärtigen Enden der mehreren Vormischkanäle strömungsmäßig verbunden ist.

2. Brennstoffinjektor nach Anspruch 1, wobei der zentrale Körper eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweist, und wobei jeder Vormischkanal eine Vormischachse aufweist, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und wobei mindestens einer der Vormischkanäle ein abgewinkelter Vormischkanal ist, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist; und/oder wobei der zentrale Körper eine Brennstoffkartusche enthält, die einen zentralen Brennstoffkanal definiert, durch den eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Brennstoff in der stromabwärts verlaufenden Richtung strömt.

3. Brennstoffinjektor nach Anspruch 2, wobei der spitze Winkel jedes abgewinkelten Vormischkanals eingerichtet und angeordnet ist, um der Strömungsrichtung eines Brennstoff/Luft-Gemisches, das der Auslassöffnung jedes Vormischkanals entströmt, eine radial nach innen gerichtete Komponente in einer Richtung zu verleihen, die auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers zuläuft.

4. Brennstoffinjektor nach Anspruch 1, wobei die Dralldüse außerdem mehrere Vorhanglufteinspeisungslöcher definiert, wobei jedes Vorhanglufteinspeisungsloch eingerichtet und angeordnet ist, um eine strömungstechnische Verbindung zwischen dem primären Luftstromkanal und dem inneren Kanal des zentralen Körpers bereitzustellen; und/oder wobei die Einfüllöffnung jedes hohlen Vormischkanals mit dem inneren Kanal des zentralen Körpers strömungsmäßig verbunden ist.

5. Brennstoffinjektor nach Anspruch 1, wobei jeder der mehreren Vormischkanäle durch ein gesondertes Rohr definiert ist; und/oder wobei ein erster Satz von Vormischkanälen der mehreren Vormischkanäle in einer ersten kreisförmigen Gruppierung angeordnet ist, und wobei ein zweiter Satz von Vormischkanälen der mehreren Vormischkanäle in einer zweiten kreisförmigen Gruppierung angeordnet ist, die relativ zu der ersten kreisförmigen Gruppierung von Vormischkanälen radial innen angeordnet ist.

6. Brennstoffinjektor nach Anspruch 1, wobei die Vormisch-Pilotdüse durch einen kompakten Metallgrundkörper gebildet ist, und wobei jeder der mehreren Vormischkanäle mittels einer gesonderten durch den Metallgrundkörper Bohrung/Öffnung gebildet ist.

7. Brennstoffinjektor nach Anspruch 6, wobei der zentrale Körper eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweist, und wobei jeder Vormischkanal eine Vormischachse aufweist, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und wobei mindestens einer der Vormischkanäle ein abgewinkelter Vormischkanal ist, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist.

8. Brennstoffinjektor nach Anspruch 2, wobei der zentrale Körper eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweist, und wobei jeder Vormischkanal eine Vormischachse aufweist, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und wobei mindestens einer der Vormischkanäle ein abgewinkelter Vormischkanal ist, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist.

9. Brennstoffinjektor nach Anspruch 8, wobei der spitze Winkel jedes abgewinkelten Vormischkanals eingerichtet und angeordnet ist, um der Strömungsrichtung eines Brennstoff/Luft-Gemisches, das der Auslassöffnung jedes Vormischkanals entströmt, eine radial nach innen gerichtete Komponente in einer Richtung zu verleihen, die auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers zuläuft.

10. Brennstoffinjektor nach Anspruch 1, ferner mit einer inneren zylindrischen Wand, die im Innern des zentralen Körpers angeordnet ist und die einen hohlen Innenraum des zentralen Körpers definiert, durch den eine aktiv gesteuerte Zufuhr von Luft und/oder Brennstoff in der Lage ist, in der stromabwärts verlaufenden Richtung zu strömen; und/oder wobei der zentrale Körper eine zentrisch symmetrische axiale Mittellinie aufweist und jeder Vormischkanal eine Vormischachse aufweist, um die seine definierenden Wände konzentrisch gebildet sind, und wobei mindestens einer der Vormischkanäle ein abgewinkelter Vormischkanal ist, so dass die Vormischachse des wenigstens einen abgewinkelten Vormischkanals in Bezug auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers unter einem spitzen Winkel angeordnet ist; und/oder wobei der spitze Winkel jedes abgewinkelten Vormischkanals eingerichtet und angeordnet ist, um der Strömungsrichtung eines Brennstoff/Luft-Gemisches, das der Auslassöffnung jedes Vormischkanals entströmt, eine radial nach innen gerichtete Komponente in einer Richtung zu verleihen, die auf die zentrisch symmetrische axiale Mittellinie des zentralen Körpers zuläuft.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

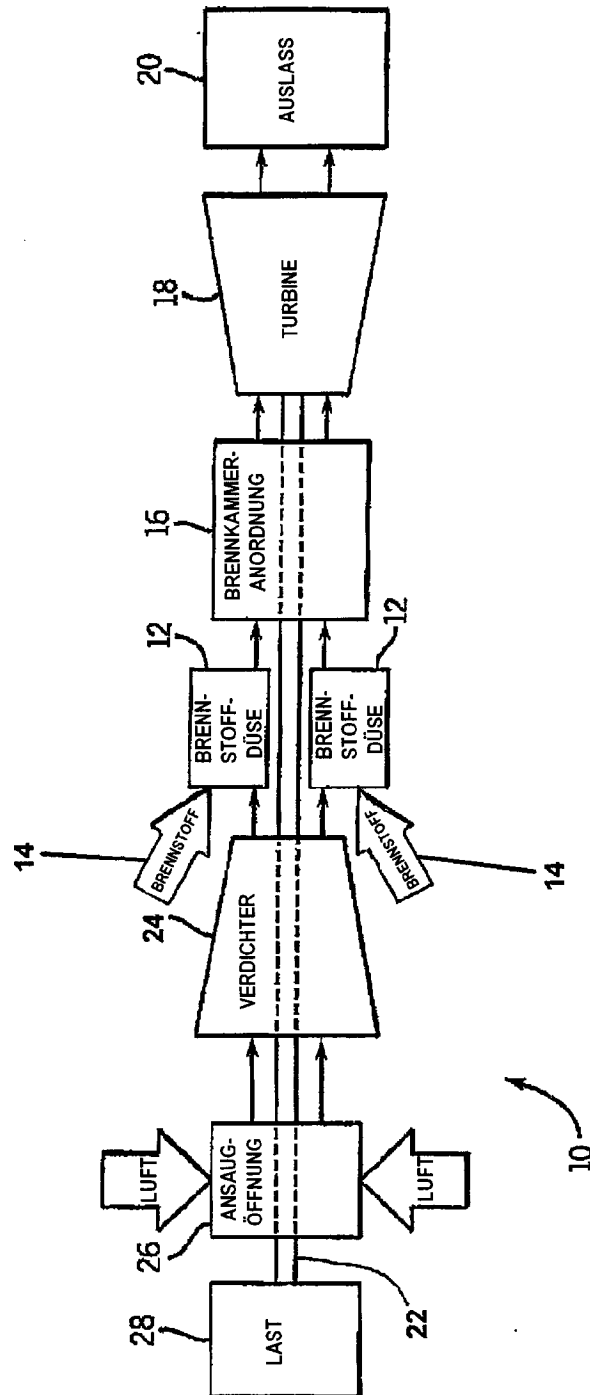
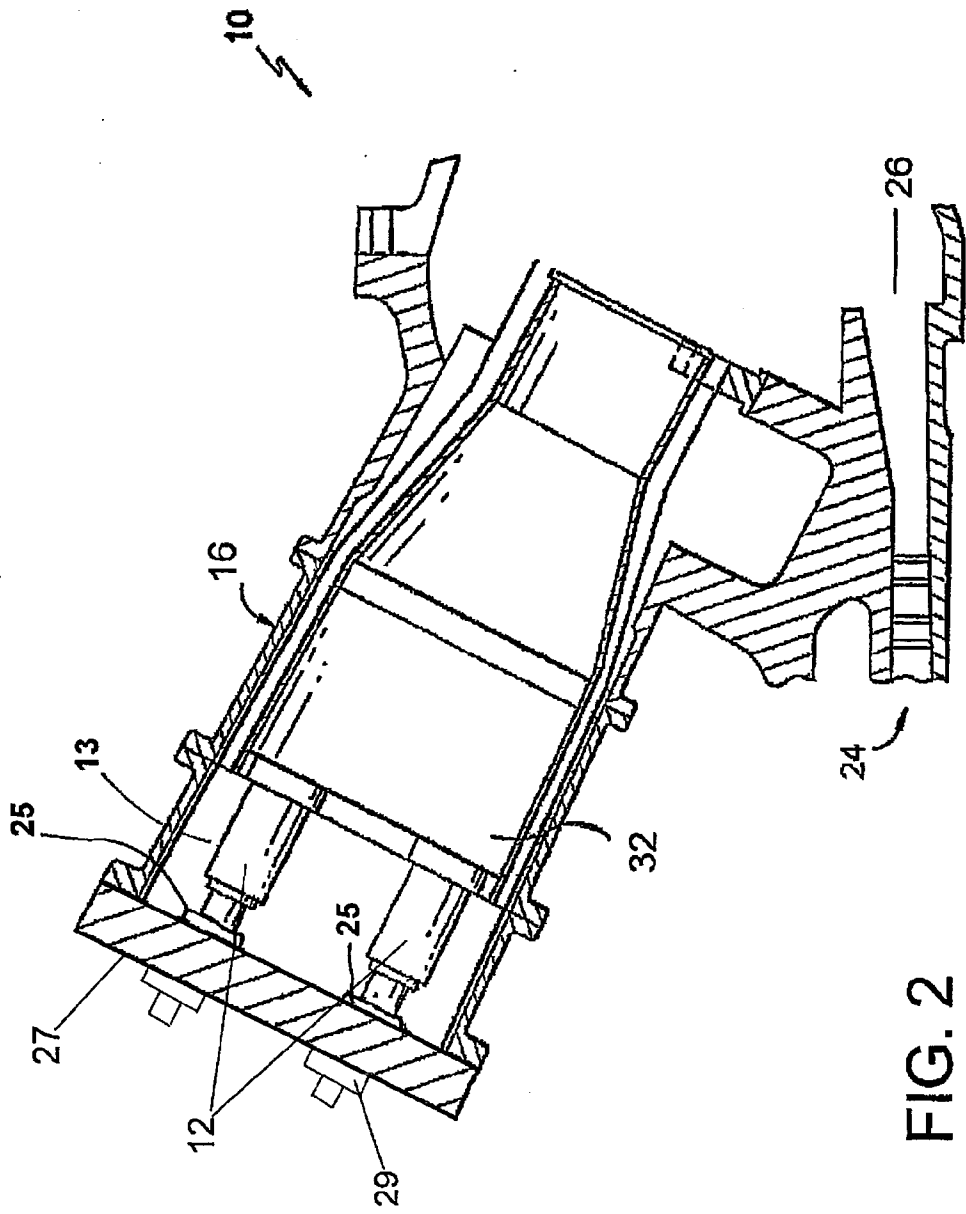
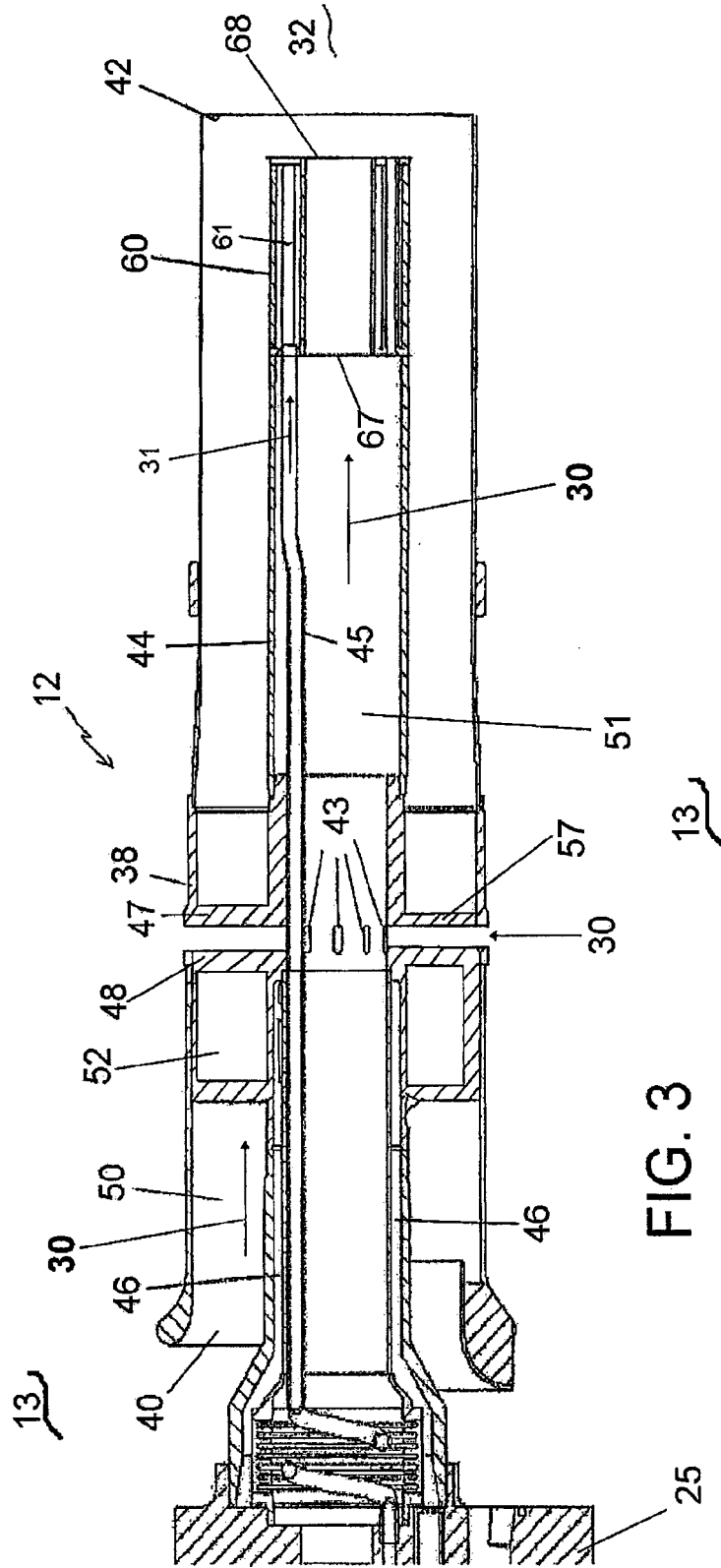


FIG. 1





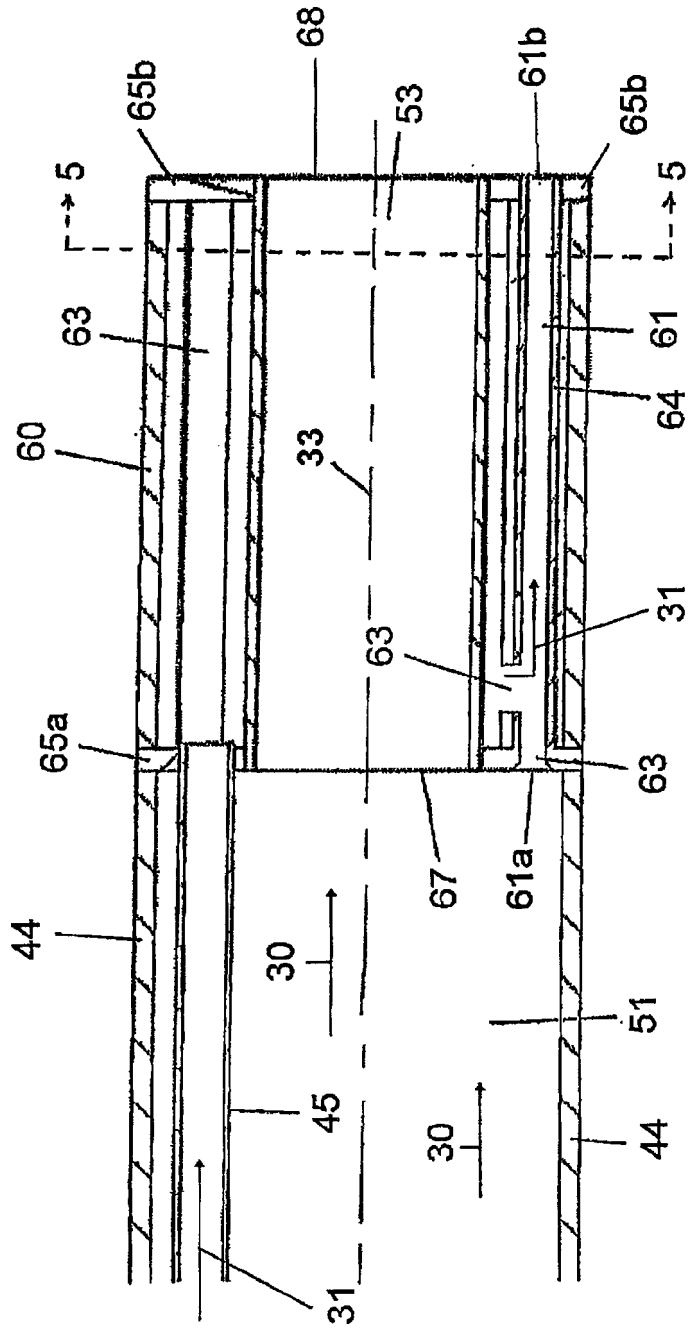


FIG. 4

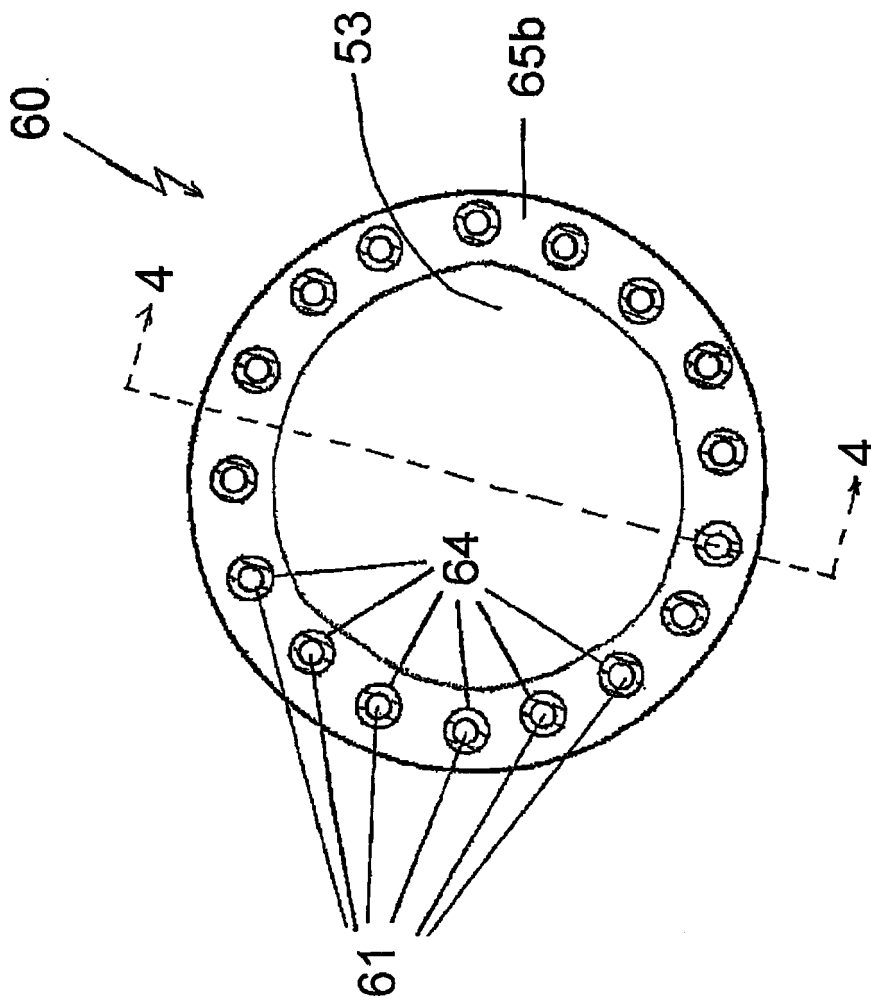


FIG. 5

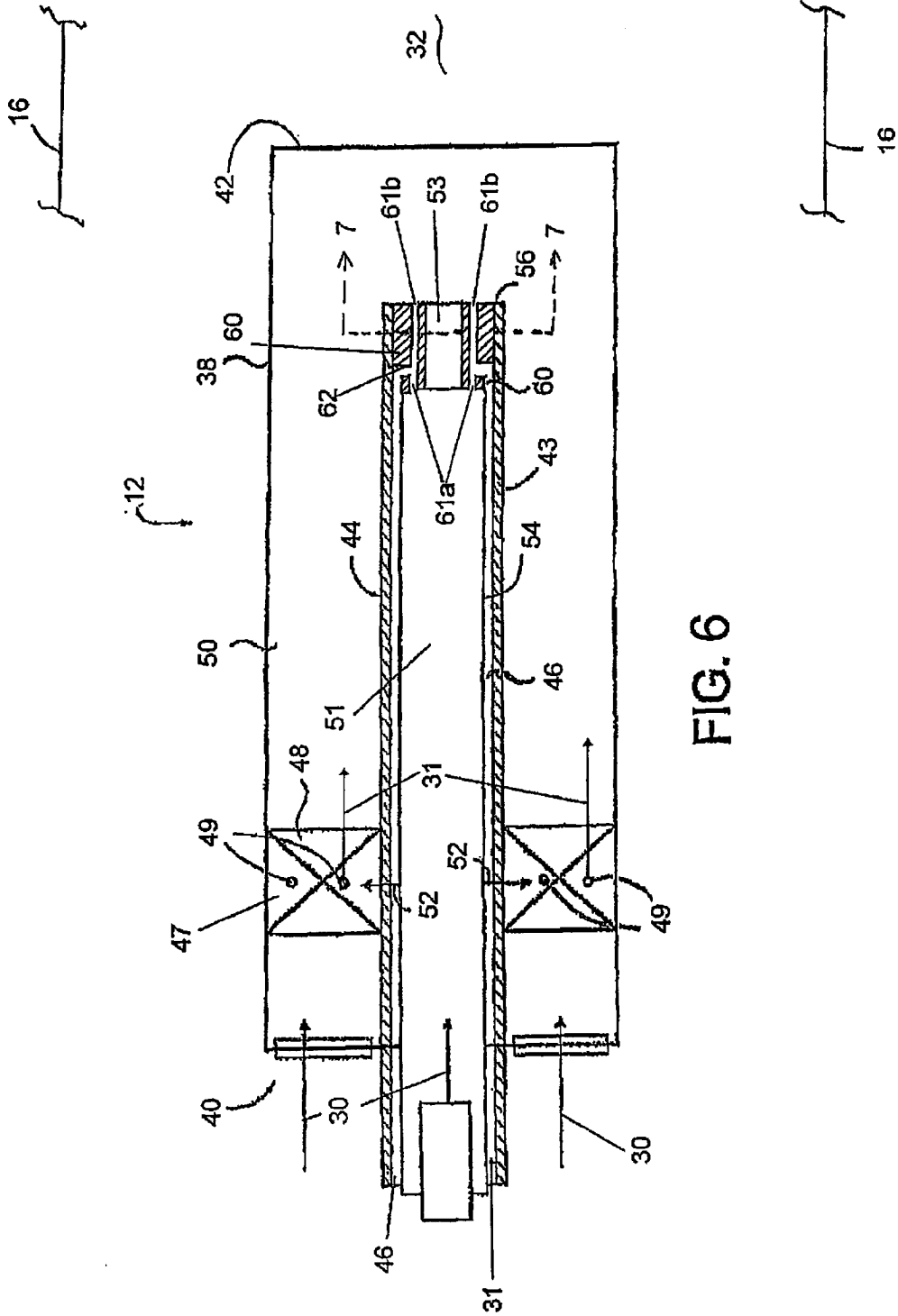


FIG. 6

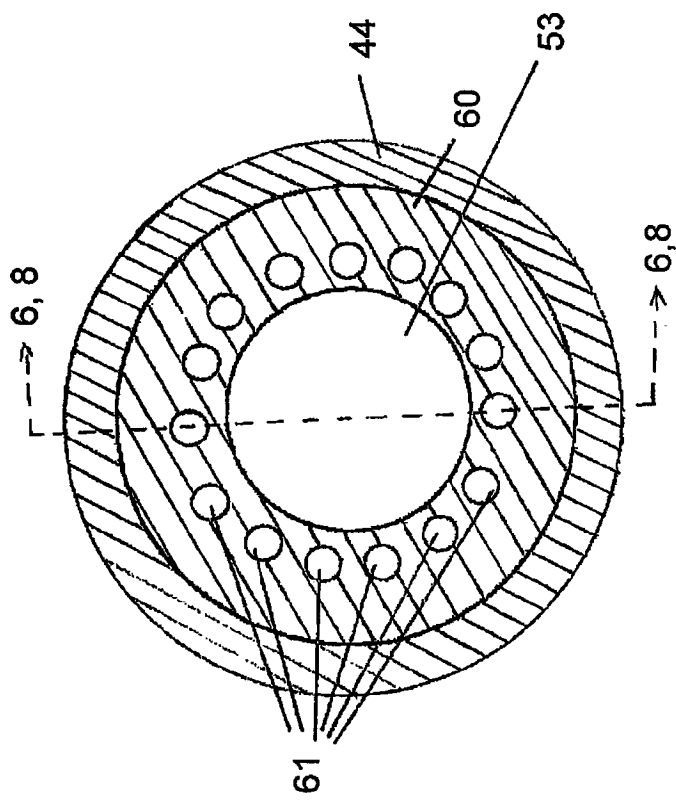


FIG. 7

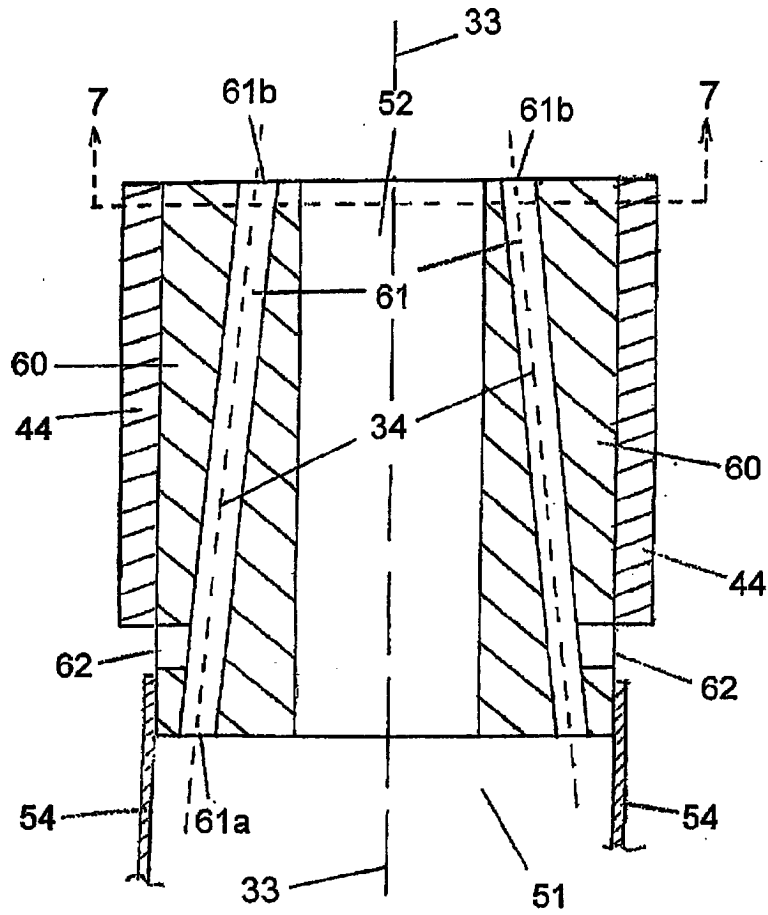


FIG. 8

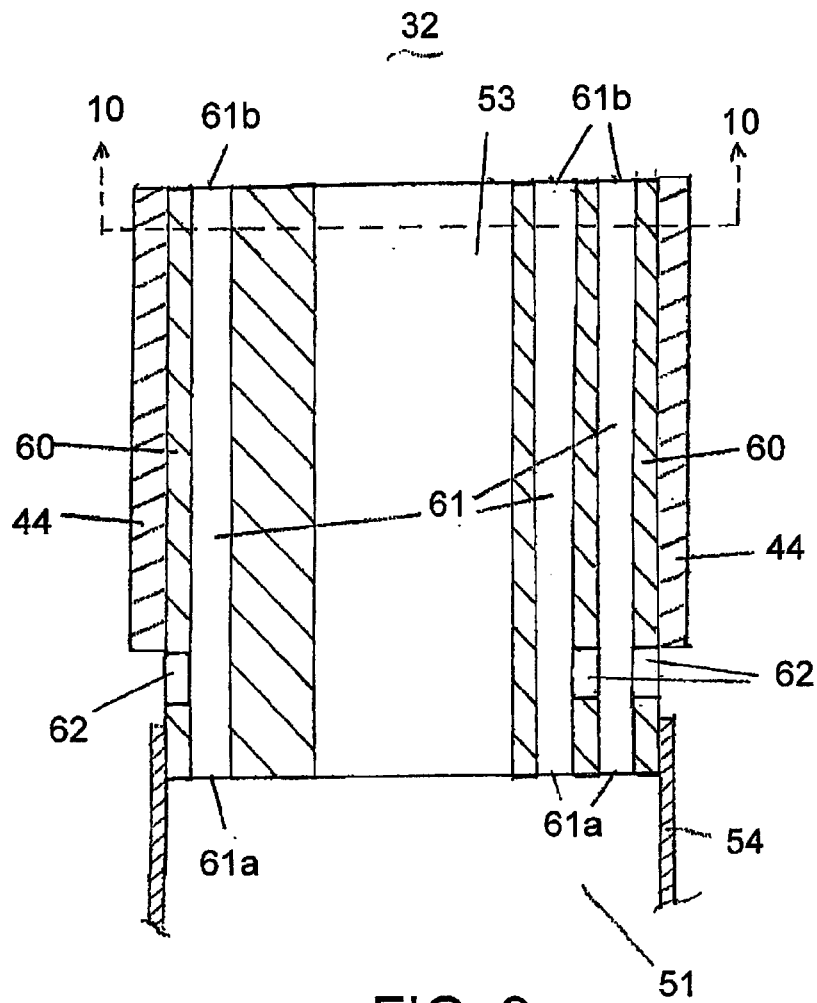


FIG. 9

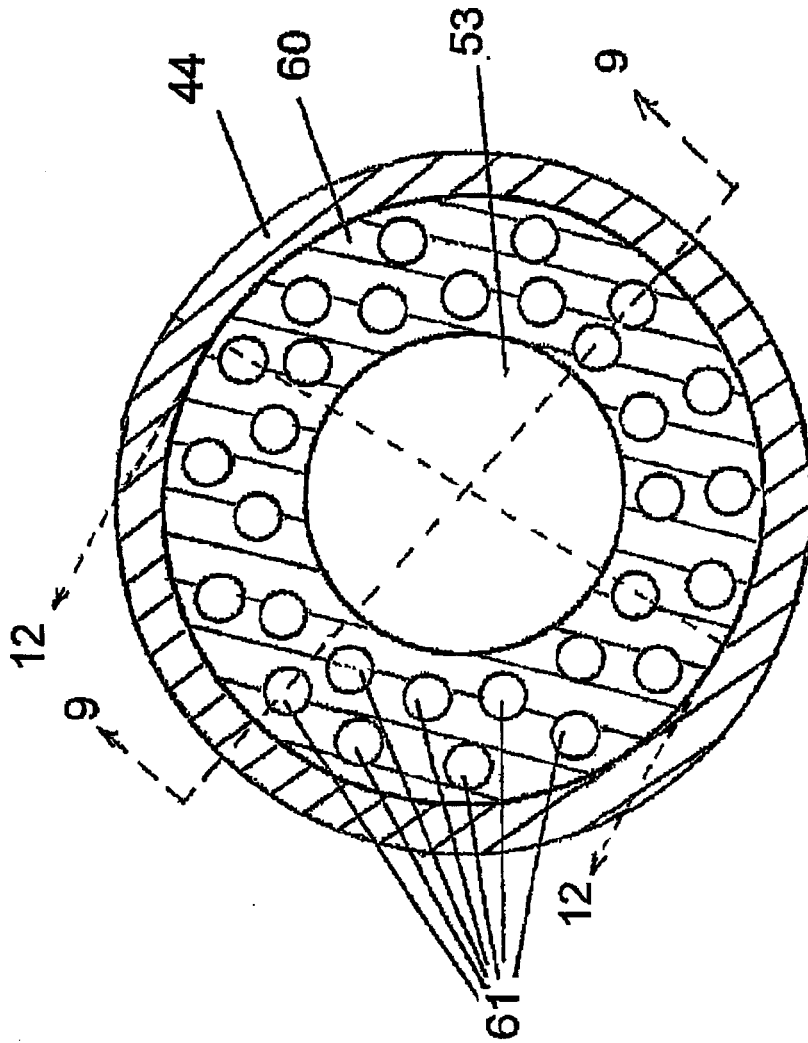


FIG. 10

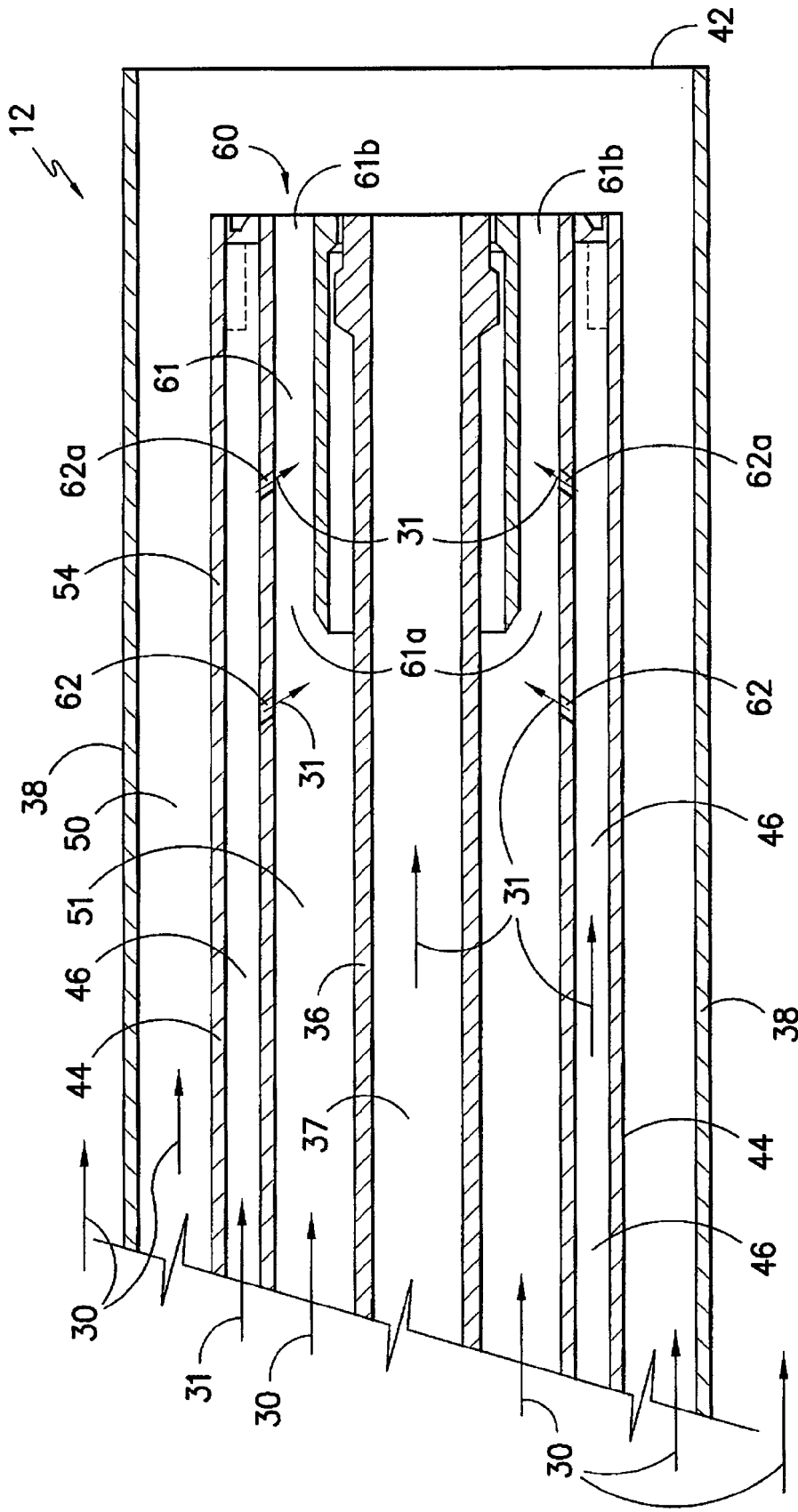


FIG. 11

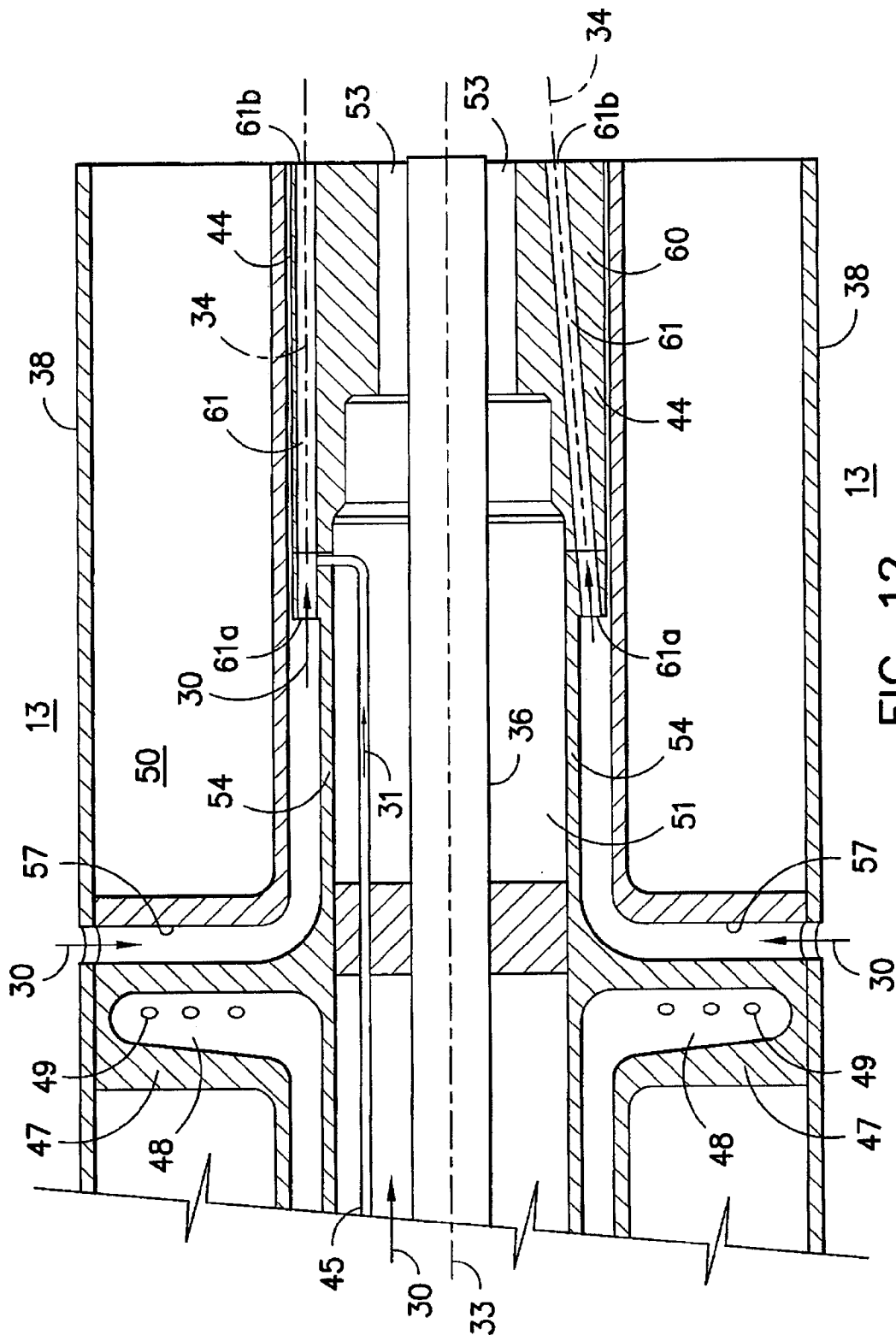


FIG. 12

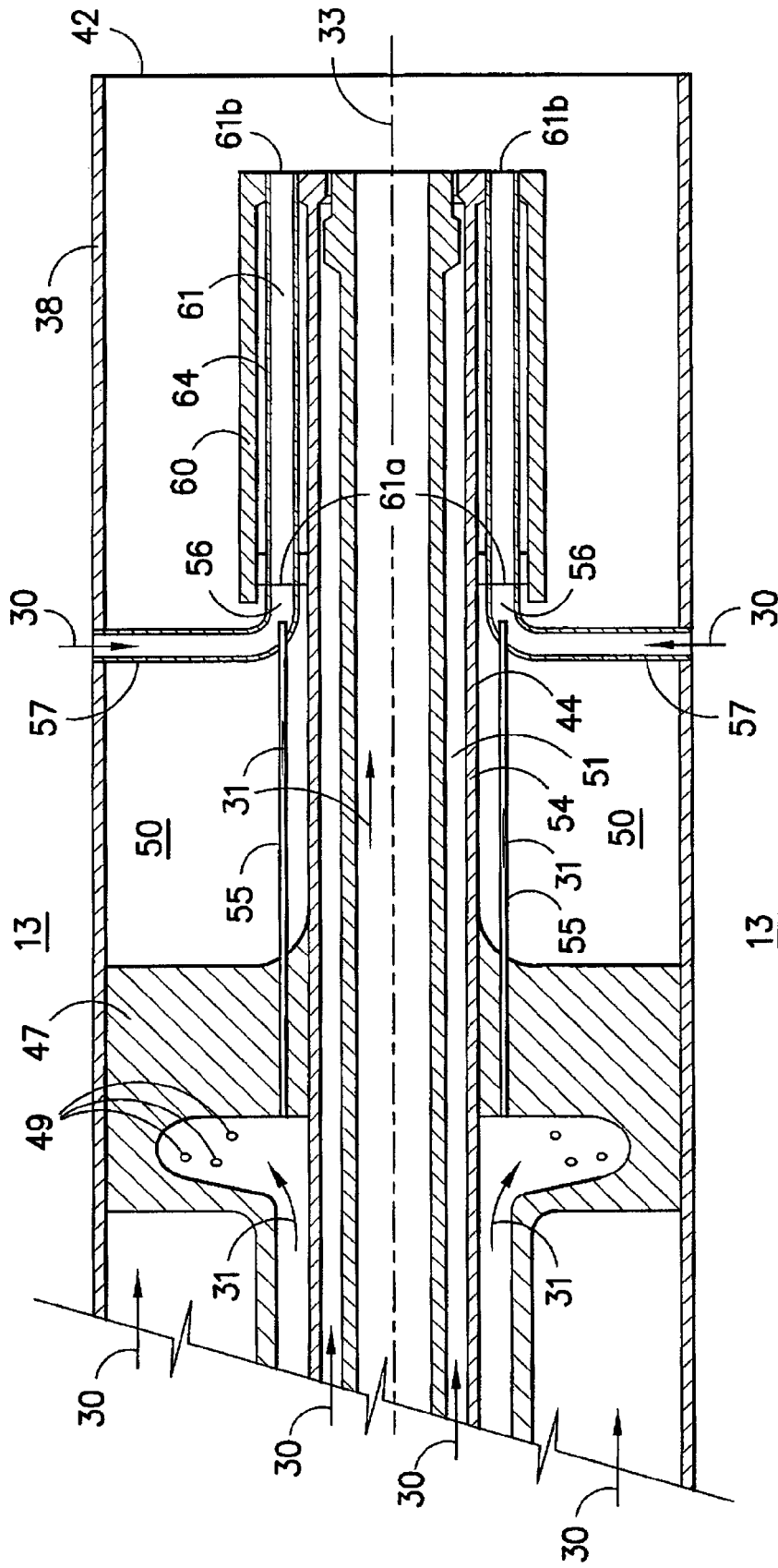


FIG. 13

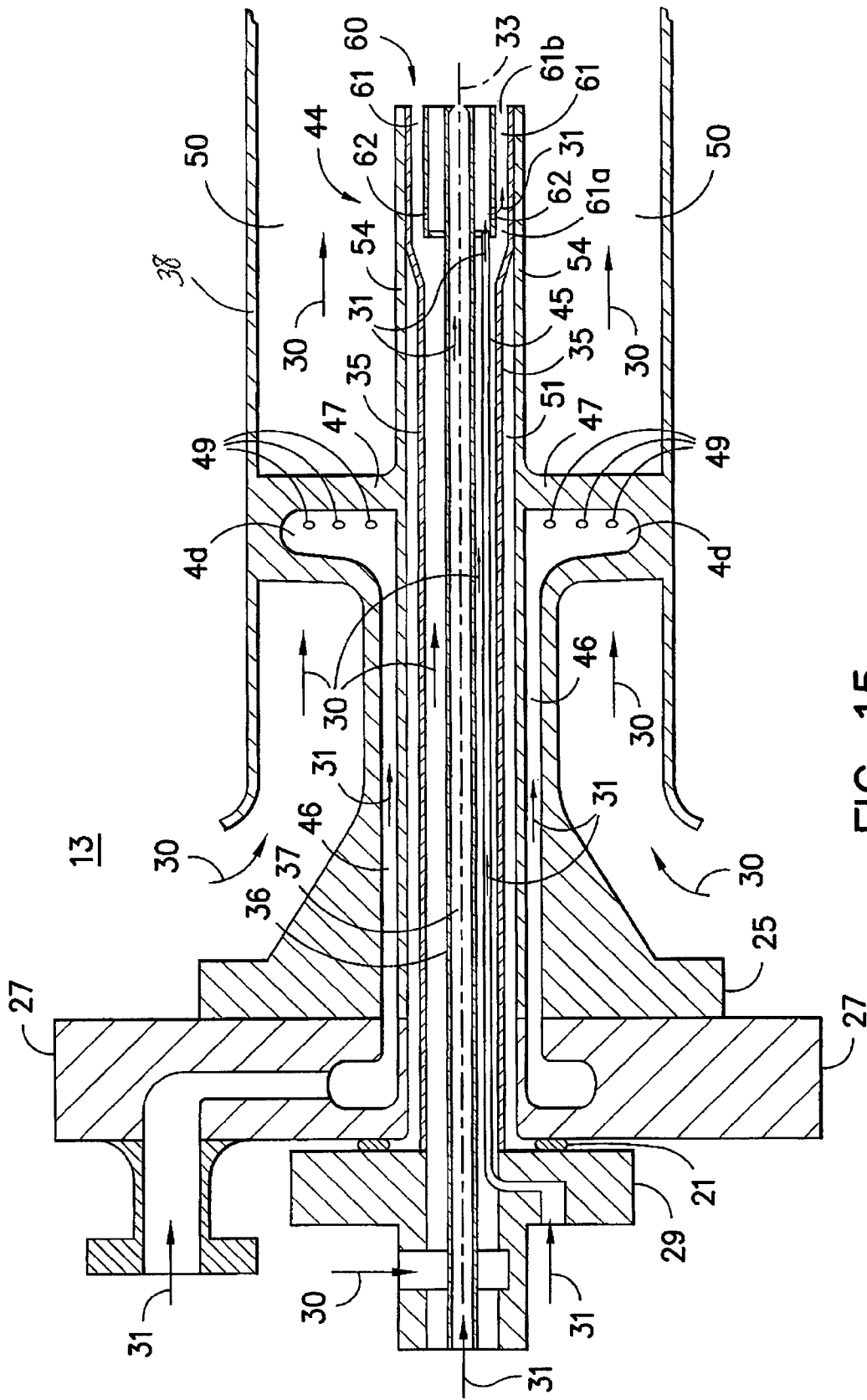


FIG. 15