



(10) **DE 10 2014 103 083 A1** 2014.09.18

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 103 083.4**

(22) Anmeldetag: **07.03.2014**

(43) Offenlegungstag: **18.09.2014**

(51) Int Cl.: **F23R 3/02 (2006.01)**

**F23R 3/28 (2006.01)**

**F02C 7/22 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**13/798,012                      12.03.2013      US**

(71) Anmelder:

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

(72) Erfinder:

**Melton, Patrick Benedict, Greenville, S.C., US;  
Chila, Ronald James, Schenectady, N.Y., US;  
Boardman, Gregory Allen, Greenville, S.C., US;  
Westmoreland, James Harold, Greenville, S.C.,  
US**

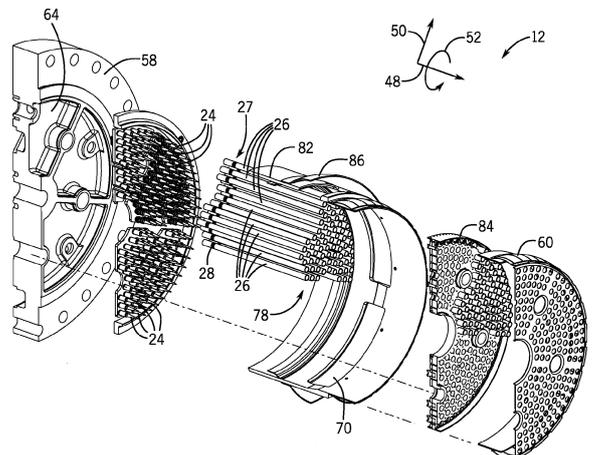
(74) Vertreter:

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

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Luftkonditionierung auf Rohrniveau**

(57) Zusammenfassung: Ein System beinhaltet eine Mehrrohrbrennstoffdüse. Die Mehrrohrbrennstoffdüse beinhaltet mehrere Rohre. Jedes Rohr hat ein erstes Ende, ein zweites Ende und eine um einen zentralen Durchgang angeordnete ringförmige Wand. Das erste Ende ist zur Anordnung um einen Brennstoffinjektor konfiguriert. Jedes Rohr beinhaltet auch eine Luftkonditioniereinrichtung mit mehreren Luftdurchlassöffnungen, die benachbart zu dem ersten Ende angeordnet sind. Die mehreren Luftdurchlassöffnungen verlaufen durch die Wand in den zentralen Durchgang.



**Beschreibung**

## ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

**[0001]** Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft die Luftkonditionierung auf Rohrniveau für Turbinensysteme.

**[0002]** Gasturbinensysteme beinhalten allgemein eine oder mehrere Brennkammern, die ein Gemisch aus verdichteter Luft und Brennstoff verbrennen, um heiße Verbrennungsgase zu erzeugen. Leider können vorhandene Brennkammern Brennstoff und Luft mit Drücken und/oder Volumenströmen erhalten, die aufgrund verschiedener Einschränkungen der Brennkammern, Brennstoffdüsen und zugehöriger Ausrüstung schwanken. Diese Luft- und Brennstoffschwankungen können im Verhältnis von Brennstoff zu Luft Schwankungen fördern oder verursachen, wodurch die Möglichkeit von Flammenhalten, Flammenrückschlag und/oder erhöhten Emissionen (z.B. Stickoxiden) erhöht wird. Konventionelle Systeme können auch beim Erreichen der Vermischung langsamer sein, wodurch die Effizienz des Systems insgesamt verringert wird. Es besteht daher ein Bedarf an einem System, das eine schnellere und gleichmäßigere Brennstoff-Luft-Vermischung erreichen kann, während es gleichzeitig auch dauerhaft und leicht zu warten ist.

## KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0003]** Nachstehend werden gewisse Ausführungsformen zusammengefasst, deren Umfang dem der ursprünglich beanspruchten Erfindung entspricht. Es ist nicht vorgesehen, dass diese Ausführungsformen den Umfang der beanspruchten Erfindung beschränken, vielmehr sollen diese Ausführungsformen nur eine Kurzdarstellung möglicher Formen der Erfindung bereitstellen. Tatsächlich kann die Erfindung mehrere verschiedene Formen umfassen, die den unten dargelegten Ausführungsformen ähnlich sein können oder sich von ihnen unterscheiden können.

**[0004]** Gemäß einer ersten Ausführungsform beinhaltet ein System eine Mehrrohrbrennstoffdüse. Die Mehrrohrbrennstoffdüse beinhaltet mehrere Rohre. Jedes Rohr hat ein erstes Ende, ein zweites Ende und eine um einen zentralen Durchgang angeordnete ringförmige Wand. Das erste Ende ist zur Anordnung um einen Brennstoffinjektor konfiguriert. Jedes Rohr beinhaltet auch eine Luftkonditioniereinrichtung mit mehreren Luftdurchlassöffnungen, die benachbart zu dem ersten Ende angeordnet sind. Die mehreren Luftdurchlassöffnungen verlaufen durch die Wand hindurch in den zentralen Durchgang hinein.

**[0005]** Die mehreren Luftdurchlassöffnungen des Systems können in Umfangsrichtung um die ringförmige Wand angeordnet sein.

**[0006]** Die mehreren Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems können einen ersten Satz Luftdurchlassöffnungen und einen zweiten Satz Luftdurchlassöffnungen umfassen, wobei der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen sich relativ zu dem ersten Ende stromabwärts des ersten Satzes Luftdurchlassöffnungen befindet.

**[0007]** Ein erster Gesamtquerschnitt jeder Luftdurchlassöffnung des ersten Satzes Luftdurchlassöffnungen eines oben erwähnten Systems kann größer als ein zweiter Gesamtquerschnitt jeder Luftdurchlassöffnung des zweiten Satzes Luftdurchlassöffnungen sein.

**[0008]** Der erste Satz Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems kann eine erste Reihe und eine zweite Reihe von Luftdurchlassöffnungen umfassen, die in Umfangsrichtung um die ringförmige Wand angeordnet sind, und die erste Reihe von Luftdurchlassöffnungen ist in einer Umfangsrichtung zu der zweiten Reihe von Luftdurchlassöffnungen versetzt.

**[0009]** Der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems kann eine dritte Reihe und eine vierte Reihe von Luftdurchlassöffnungen umfassen, die in Umfangsrichtung um die ringförmige Wand angeordnet sind, und die dritte Reihe von Luftdurchlassöffnungen ist in der Umfangsrichtung zu der vierten Reihe von Luftdurchlassöffnungen versetzt.

**[0010]** Der erste Satz Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems kann zum Führen des Luftstroms in einer radialen Richtung in den zentralen Durchgang konfiguriert sein.

**[0011]** Der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems kann konfiguriert sein, um die Luft mit einer Drallbewegung um eine zentrale Achse des zentralen Durchgangs zu führen.

**[0012]** Die mehreren Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems können mehrere Größen, Formen, Winkel, Abstände oder eine beliebige Kombination davon aufweisen.

**[0013]** Jedes Rohr der mehreren Rohre eines beliebigen oben erwähnten Systems kann konfiguriert sein, um eine gleiche Verteilung des Luftstroms über der Luftkonditioniereinrichtung zu erhalten.

**[0014]** Das System eines beliebigen oben erwähnten Typs kann eine Gasturbine oder eine Brennkammer mit der Mehrrohrbrennstoffdüse aufweisen.

**[0015]** Gemäß einer zweiten Ausführungsform beinhaltet ein System eine Brennkammerendabde-

ckungsbaugruppe und eine mit der Endabdeckungsbaugruppe der Brennkammer gekoppelte Mehrrohrbrennstoffdüse. Die Mehrrohrbrennstoffdüse beinhaltet eine Halteplatte und mehrere Rohre, die zwischen der Endabdeckungsbaugruppe und der Halteplatte angeordnet sind. Jedes Rohr enthält ein erstes Ende benachbart zu der Endabdeckungsbaugruppe, ein zweites Ende benachbart zu der Halteplatte und eine um einen zentralen Durchgang angeordnete ringförmige Wand. Das erste Ende ist zur Anordnung um einen Brennstoffinjektor konfiguriert. Jedes Rohr beinhaltet auch eine Luftkonditioniereinrichtung mit mehreren Luftdurchlassöffnungen, die benachbart zu dem ersten Ende angeordnet sind. Die mehreren Luftdurchlassöffnungen verlaufen durch die Wand hindurch in den zentralen Durchgang hinein.

**[0016]** Jedes Rohr der mehreren Rohre eines beliebigen oben erwähnten Systems kann so konfiguriert sein, dass es einzeln von der Endabdeckungsbaugruppe und der Halteplatte entfernt oder dazwischen eingebaut werden kann.

**[0017]** Die Halteplatte eines beliebigen oben erwähnten Systems kann so konfiguriert sein, dass sie nach Entfernen der Endabdeckungsbaugruppe von der Mehrrohrbrennstoffdüse entfernt werden kann, indem die Halteplatte an den mehreren Rohren entlang von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende jedes Rohrs verschoben wird.

**[0018]** Die mehreren Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems können in Umfangsrichtung um die ringförmige Wand angeordnet sein.

**[0019]** Die mehreren Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems können einen ersten Satz Luftdurchlassöffnungen und einen zweiten Satz Luftdurchlassöffnungen aufweisen, wobei der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen sich stromabwärts des ersten Satzes Luftdurchlassöffnungen relativ zu dem ersten Ende befindet.

**[0020]** Ein erster Gesamtquerschnitt jeder Luftdurchlassöffnung des ersten Satzes Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems kann größer als ein zweiter Gesamtquerschnitt jeder Luftdurchlassöffnung des zweiten Satzes Luftdurchlassöffnungen sein.

**[0021]** Der erste Satz Luftdurchlassöffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems kann zum Führen des Luftstroms in einer radialen Richtung in den zentralen Durchgang konfiguriert sein.

**[0022]** Der zweite Satz Öffnungen eines beliebigen oben erwähnten Systems kann konfiguriert sein, um die Luft mit einer Drallbewegung um eine zentrale Achse des zentralen Durchgangs zu lenken.

**[0023]** Gemäß einer dritten Ausführungsform beinhaltet ein Verfahren zum Entfernen von Rohren aus einer Mehrrohrbrennstoffdüse ein Entfernen der Mehrrohrbrennstoffdüse, die mehrere Rohre aufweist, die zwischen einer Halteplatte und einer Endabdeckung angeordnet sind, von einer Gasturbine. Jedes Rohr enthält ein benachbart zu der Endabdeckung und um einen Brennstoffinjektor angeordnetes erstes Ende, ein benachbart zu der Halteplatte angeordnetes zweites Ende und eine um einen zentralen Durchgang angeordnete ringförmige Wand. Das Verfahren beinhaltet auch ein Entfernen der Endabdeckung von der Mehrrohrbrennstoffdüse, Entfernen der Halteplatte von der Mehrrohrbrennstoffdüse, indem die Halteplatte an den mehreren Rohren entlang vom zweiten Ende zum ersten Ende jedes Rohrs verschoben wird, und Entfernen von wenigstens einem Rohr aus der Mehrrohrbrennstoffdüse.

**[0024]** Dementsprechend kann das System umfassen: eine Endabdeckungsbaugruppe einer Brennkammer, eine mit der Endabdeckungsbaugruppe der Brennkammer gekoppelte Mehrrohrbrennstoffdüse, umfassend: eine Halteplatte und ein Rohr, das zwischen der Endabdeckungsbaugruppe und der Halteplatte angeordnet sind, wobei das Rohr aufweist: ein erstes Ende benachbart zu der Endabdeckungsbaugruppe, ein zweites Ende benachbart zu der Halteplatte, eine um einen zentralen Durchgang angeordnete ringförmige Wand, wobei das erste Ende zur Anordnung um einen Brennstoffinjektor konfiguriert ist, und eine Luftkonditioniereinrichtung mit mehreren Luftdurchlassöffnungen, die benachbart zu dem ersten Ende angeordnet sind, wobei die mehreren Luftdurchlassöffnungen durch die Wand hindurch in den zentralen Durchgang hinein verlaufen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0025]** Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden beim Lesen der folgenden ausführlichen Beschreibung mit Bezug auf die Begleitzeichnungen besser verständlich, wobei in den Zeichnungen durchgehend gleiche Bezugszeichen gleiche Teile darstellen. Es zeigt:

**[0026]** Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines Gasturbinensystems, das eine Mehrrohrbrennstoffdüse innerhalb einer Brennkammer hat, wobei die Rohre zur gleichmäßigen Luftverteilung konfiguriert sind,

**[0027]** Fig. 2 eine ausgeschnittene Seitenansicht der Ausführungsform eines Gasturbinensystems von Fig. 1,

**[0028]** Fig. 3 eine ausgeschnittene Seitenansicht einer Ausführungsform der Brennkammer von Fig. 2 innerhalb der Linie 3-3, die eine Mehrrohrbrennstoff-

düse veranschaulicht, die mit einer Endabdeckungsbaugruppe der Brennkammer gekoppelt ist,

**[0029]** Fig. 4 eine perspektivische Explosivdarstellung der Mehrrohrbrennstoffdüse und Endabdeckungsbaugruppe nach Fig. 3,

**[0030]** Fig. 5 eine Seitenansicht, teilweise im Querschnitt, der Brennkammer von Fig. 3, die mehrere Rohre und Brennstoffinjektoren der Mehrrohrbrennstoffdüse veranschaulicht,

**[0031]** Fig. 6 eine seitliche Querschnittsansicht einer Ausführungsform des ersten und zweiten Endes eines einzelnen Rohrs und jeweiligen Brennstoffinjektors der Mehrrohrbrennstoffdüse von Fig. 5,

**[0032]** Fig. 7 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines einzelnen Mischrohrs, die eine Luftkonditioniereinrichtung mit Luftdurchlassöffnungen im Mischrohr veranschaulicht,

**[0033]** Fig. 8 eine teilweise perspektivische Ansicht einer Ausführungsform des Mischrohrs von Fig. 7 innerhalb Linie 8-8, die Details einer Luftkonditioniereinrichtung mit Luftdurchlassöffnungen an dem ersten Ende des Mischrohrs entlang veranschaulicht,

**[0034]** Fig. 9 eine teilweise Seitenansicht einer Ausführungsform des ersten Endes des Mischrohrs von Fig. 7, die eine Luftkonditioniereinrichtung mit Luftdurchlassöffnungen veranschaulicht,

**[0035]** Fig. 10 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform des Mischrohrs von Fig. 9 entlang Linie 10-10 durch Luftdurchlassöffnungen der Luftkonditioniereinrichtung,

**[0036]** Fig. 11 eine seitliche Querschnittsansicht einer Ausführungsform des Mischrohrs von Fig. 9 entlang Linie 11-11 durch Luftdurchlassöffnungen der Luftkonditioniereinrichtung,

**[0037]** Fig. 12 eine seitliche Querschnittsansicht einer Ausführungsform des Mischrohrs von Fig. 9 entlang Linie 12-12 durch Luftdurchlassöffnungen der Luftkonditioniereinrichtung und

**[0038]** Fig. 13–Fig. 16 eine Reihe von Ansichten einer Ausführungsform einer Mehrrohrbrennstoffdüse und einer Brennkammerendabdeckung, die ein Verfahren zum Entfernen von Rohren der Mehrrohrbrennstoffdüse veranschaulichen.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0039]** Im Folgenden werden eine oder mehrere spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Im Bemühen, eine prägnante

Beschreibung dieser Ausführungsformen zu geben, werden in der Patentbeschreibung eventuell nicht alle Merkmale einer tatsächlichen Implementierung beschrieben. Es ist zu beachten, dass bei der Entwicklung einer derartigen tatsächlichen Implementierung wie bei jedem Bau- oder Planungsprojekt zahlreiche implementierungsspezifische Entscheidungen getroffen werden müssen, um die spezifischen Zielsetzungen der Entwickler zu erzielen, wie z.B. die Einhaltung systembezogener und geschäftsbezogener Beschränkungen, die bei jeder Implementierung verschieden sein können. Es ist daher zu beachten, dass ein derartiges Entwicklungsvorhaben komplex und zeitraubend sein kann, trotzdem aber für den von dieser Offenbarung profitierenden Durchschnittsfachmann bezüglich Entwurf, Fertigung und Herstellung eine Routineangelegenheit wäre.

**[0040]** Beim Vorstellen von Elementen der diversen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist beabsichtigt, dass die Artikel „ein“, „eine“, „der/die/das“ und „genannte“ bedeuten, dass es eines oder mehrere der Elemente gibt. Es ist vorgesehen, dass die Begriffe „aufweisen“, „beinhalten“ und „haben“ einschließend sind und bedeuten, dass es außer den angeführten Elementen noch zusätzliche Elemente geben kann.

**[0041]** Die vorliegende Offenbarung richtet sich auf Systeme zur Luftkonditionierung innerhalb einer Mehrrohrbrennstoffdüse eines Turbinensystems. Das Turbinensystem kann eine oder mehrere Mehrrohrbrennstoffdüsen beinhalten. Jede Mehrrohrbrennstoffdüse beinhaltet mehrere Rohre (z.B. Vormischrohre), wobei jedes Rohr eine Luftkonditioniereinrichtung und einen Brennstoffinjektor hat. In der Mehrrohrbrennstoffdüse kann Druckluft durch eine Luftkonditioniereinrichtung, die mehrere Luftdurchlassöffnungen beinhalten kann, die durch eine ringförmige Wand des Mischrohrs verlaufen, in jedes Mischrohr eintreten. Die ringförmige Wand jedes Rohrs ist um einen zentralen Durchgang angeordnet. Die einzelnen Mischrohre sind jeweils zur Anordnung um einen Brennstoffinjektor konfiguriert, der Brennstoff in den zentralen Durchgang des Mischrohrs zerstreut, so dass das Luft-Brennstoff-Gemisch geschaffen wird. Die Luftdurchlassöffnungen der Luftkonditioniereinrichtungen sind zur Konditionierung der in die Mischrohre eintretenden Luft konfiguriert, um die in die Mischrohre eintretende Luft auf spezifische Druckabfälle abzielend zu konditionieren und Luft und Brennstoff gleichmäßiger zu vermischen, bevor sie anschließend in die Brennregion geleitet werden. Die Luftdurchlassöffnungen jeder Luftkonditioniereinrichtung können mit verschiedenen Merkmalen ausgebildet sein, um luftseitige Systemdruckabfälle zu optimieren und einen gleichmäßigen Luftstrom am besten bereitzustellen. Dementsprechend können die Luftdurchlassöffnungen jeder Luftkonditioniereinrichtung in Umfangsrichtung um die ringförmige

mige Wand angeordnet sein, um ein Luftdruckprofil auszunutzen, das in Umfangsrichtung im Wesentlichen gleichmäßig ist. Die Luftkonditioniereinrichtung an jedem Mischrohr kann einen ersten Satz und einen zweiten Satz Luftdurchlassöffnungen beinhalten, wobei der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen stromabwärts des ersten Satzes Luftdurchlassöffnungen liegt. Der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen kann einen Gesamtquerschnitt haben, der größer als der Querschnitt des ersten Satzes Luftdurchlassöffnungen ist, um für eine Region mit einem Querschnitt für niedrigeren Luftdruck stromabwärts im Brennstoffdüsenluftraum zu kompensieren. Die Luftdurchlassöffnungssätze jeder Luftkonditioniereinrichtung können mehrere Reihen beinhalten, die in einer Umfangsrichtung voneinander versetzt sind, um bei der Stromabwärtsbewegung der verdichteten Luft den Luftdruck gleichmäßiger zu verteilen. Die Luftdurchlassöffnungen jeder Luftkonditioniereinrichtung können konfiguriert sein, um den Luftstrom in einer im Wesentlichen radialen Richtung in die Mischrohre zu führen, in anderen Ausführungsformen könnten sie aber konfiguriert sein, um den Luftstrom in einer Richtung zu führen, die verschiedene Richtungskomponenten hat (z.B. radial, abgewinkelt axial stromaufwärts, abgewinkelt axial stromabwärts, abgewinkelt in Umfangsrichtung im Uhrzeigersinn, abgewinkelt in Umfangsrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn oder ein beliebige Kombination davon). Diese abgewinkelten Luftdurchlassöffnungen (z.B. in Umfangsrichtung im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn abgewinkelt) können die in den zentralen Durchgang der Mischrohre gerichtete Luft Drall verleihen, was die Gleichmäßigkeit des Brennstoff-Luft-Gemischs erhöhen kann. Die Rohre können jeweils auf Basis ihrer Lage innerhalb der Mehrrohrbrennstoffdüse zur Aufnahme einer im Wesentlichen gleichen Luftstromverteilung konfiguriert sein.

**[0042]** Jetzt Bezug auf die Zeichnungen nehmend und zunächst in Bezug auf **Fig. 1** wird ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines Gasturbinensystems **10** veranschaulicht. Das Gasturbinensystem **10** beinhaltet eine oder mehrere Brennstoffdüsen **12** (z.B. Mehrrohrbrennstoffdüsen), eine Brennstoffzufuhr **14** und eine Brennkammer **16**. Die Brennstoffdüse **12** erhält an **18** verdichtete Luft von einem Luftverdichter **20** und Brennstoff **22** von einer Brennstoffzufuhr **14**. Die vorliegenden Ausführungsformen werden zwar im Zusammenhang von Luft als ein Oxidationsmittel besprochen, die vorliegenden Ausführungsformen können aber auch Sauerstoff, sauerstoffangereicherte Luft, sauerstoffreduzierte Luft, Sauerstoffgemische oder eine beliebige Kombination davon verwenden. Wie unten ausführlicher besprochen wird, beinhaltet die Brennstoffdüse **12** mehrere Brennstoffinjektoren **24** (z.B. 10 bis 1000) und zugeordnete Mischrohre **26** (z.B. 10 bis 1000), wobei jedes Mischrohr **26** eine Luftkonditioniereinrichtung **27** mit Luftdurchlassöffnungen **28** (z.B. 1 bis 100) zum

Leiten und Konditionieren eines Luftstroms in das jeweilige Rohr **26** hat und jedes Mischrohr **26** einen jeweiligen Brennstoffinjektor **24** (z.B. in einer koaxialen oder konzentrischen Anordnung) zur Injektion von Brennstoff in das jeweilige Rohr **26** hat. Jedes Mischrohr **26** mischt die Luft und den Brennstoff entlang seiner Länge und gibt dann ein Luft-Brennstoff-Gemisch **30** in die Brennkammer **16** aus. In gewissen Ausführungsformen können die Mischrohre **26** als Mikromischrohre beschrieben werden, die Durchmesser zwischen etwa 0,5 bis 2, 0,75 bis 1,75 oder 1 bis 1,5 Zentimeter haben. Die Mischrohre **26** können in einem oder mehreren Bündeln (z.B. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehr) von eng beabstandeten Rohren allgemein in einer parallelen Anordnung relativ zueinander angeordnet sein. In dieser Konfiguration ist jedes Mischrohr **26** zum Mischen (z.B. Mikromischen) in relativ kleinem Maßstab innerhalb jedes Mischrohrs **26** konfiguriert, das dann ein Brennstoff-Luft-Gemisch **30** in den Brennraum ausgibt. Die Luftkonditioniereinrichtung **27** (z.B. mit Durchlassöffnungen **28**) der offenbarten Ausführungsformen sieht die Luftkonditionierung auf Rohrniveau vor (d.h. für jedes einzelne Mischrohr **26**), so dass der Strom und/oder Druck von Luft in jedes Rohr **26** und unter den mehreren Rohren **26** geregelt werden kann, um eine bessere Vermischung von Brennstoff und Luft zu ergeben.

**[0043]** Die Brennkammer **16** entzündet das Brennstoff-Luft-Gemisch **30**, wodurch unter Druck stehende Abgase **32** erzeugt werden, die in eine Turbine **34** strömen. Die unter Druck stehenden Abgase **32** strömen gegen die und zwischen den Schaufeln in der Turbine **34**, wobei sie die Turbine **34** zum Drehen antreiben. Die Turbinenschaufeln sind mit einer Welle **36** gekoppelt, die sich beim Entweichen der Abgase **32** in die Brennkammer **16** wiederum ebenfalls dreht. Das Abgas **32** des Verbrennungsprozesses verlässt das Turbinensystem **10** schließlich über einen Abgasauslass **38**. Schaufeln innerhalb des Verdichters **20** sind zusätzlich mit der Welle **36** gekoppelt und drehen sich, während die Welle **36** von der Turbine **34** zum Drehen angetrieben wird. Die Drehung der Schaufeln innerhalb des Verdichters **20** verdichtet Luft **40**, die von einem Lufteintritt **42** in den Verdichter **20** gezogen wurde. Die resultierende verdichtete Luft **18** wird dann in die Mehrrohrbrennstoffdüse **12** der Brennkammern **16** gespeist, wie oben besprochen, wo sie mit Brennstoff **22** vermischt und entzündet wird, was einen im Wesentlichen selbsterhaltenden Prozess entstehen lässt. Ferner kann die Welle **36** mit der Last **44** gekoppelt sein. Wie erkennbar ist, kann die Last **44** eine beliebige geeignete Vorrichtung sein, die über den Rotationsausgang eines Turbinensystems **10** Energie erzeugen kann, wie eine Stromerzeugungsanlage oder eine externe mechanische Last. Die Beziehung zwischen der Zusammensetzung des Brennstoff-Luft-Gemischs **30** und dem effizienten Betrieb des Gasturbinensystems lässt sich daher erkennen. Die Ausformung der mehreren Mi-

schrohre **26**, die jeweils eine Luftkonditioniereinrichtung **27** mit mehreren Luftdurchlassöffnungen **28** zur Konditionierung von Luft **18** haben, wird unten ausführlicher besprochen.

**[0044]** Fig. 2 zeigt eine seitliche Schnittansicht der Ausführungsform des Gasturbinensystems **10** von Fig. 1. Wie abgebildet, beinhaltet die Ausführungsform einen Verdichter **20**, der mit einer ringförmigen Anordnung von Brennkammern **16** gekoppelt ist. Jede Brennkammer **16** beinhaltet wenigstens eine Brennstoffdüse **12** (z.B. eine Mehrrohrbrennstoffdüse), die das Brennstoff-Luft-Gemisch **30** einem in jeder Brennkammer **16** befindlichen Brennraum **46** zuführt. Wie unten ausführlich beschrieben wird, beinhalten gewisse Ausführungsformen der Mischrohre **26** der Brennstoffdüse **12** einzigartige Merkmale, um die verdichtete Luft **18** gleichmäßiger zu verteilen, was ein gleichmäßigeres Brennstoff-Luft-Gemisch **30** entstehen lässt. Die Gleichmäßigkeit des Brennstoff-Luft-Gemischs **30** sorgt für eine effizientere Verbrennung, wodurch die Leistung gesteigert wird und Emissionen reduziert werden. Die Verbrennung des Brennstoff-Luft-Gemischs **30** in den Brennkammern **16**, wie oben in Bezug auf Fig. 1 erwähnt, veranlasst, dass die Laufschaufeln oder Schaufeln innerhalb der Turbine **24** sich beim Durchströmen von Abgasen **22** (z.B. Verbrennungsgasen) zu einem Abgasauslass **38** hin drehen. Während der Besprechung wird durchgehend auf einen Satz Achsen Bezug genommen. Diese Achsen basieren auf einem zylindrischen Koordinatensystem und zeigen in eine axiale Richtung **48**, eine radiale Richtung **50** und eine Umfangsrichtung **52**. Zum Beispiel verläuft die axiale Richtung **48** an einer Längen- oder Längsachse **54** der Brennstoffdüse **12** entlang, die radiale Richtung **50** erstreckt sich von der Längsachse **54** weg und die Umfangsrichtung **53** verläuft um die Längsachse **54**.

**[0045]** Fig. 3 ist eine ausgeschnittene Seitenansicht der Brennkammer **16** des Gasturbinensystems **10** von Fig. 2 und innerhalb Linie 3-3 von Fig. 2 entnommen. Wie gezeigt, beinhaltet die Brennkammer **16** ein Kopfende **56** und einen Brennraum **46**. Die Brennstoffdüse **12** ist innerhalb des Kopfendes **56** der Brennkammer **16** positioniert. Innerhalb der Brennstoffdüse **12** sind die mehreren Mischrohre **26** (z.B. Luft-Brennstoff-Vormischrohre) aufgehängt. Veranschaulicht wird eine Ausführungsform der Mischrohre **26** mit Luftkonditioniereinrichtungen **27** mit Luftdurchlassöffnungen **28**, die verdichtete Luft **18** eintreten und sich mit Brennstoff **22** vermischen lassen. Die Mischrohre **26** verlaufen allgemein axial zwischen einer Endabdeckungsbaugruppe **58** der Brennkammer **16** und einer Kappenseitenbaugruppe **60** der Brennstoffdüse **12**. Die Mischrohre **26** können mit der Endabdeckungsbaugruppe **58** und der Kappenseitenbaugruppe **60** gekoppelt sein, wie unten weiter beschrieben wird. Die Endabdeckungsbaugruppe **58** kann einen Brennstoffeinlass **62** und einen Brennstoffraum

**64** zum Versorgen von mehreren Brennstoffinjektoren **24** mit Brennstoff **22** beinhalten. Wie oben besprochen, ist jeder einzelne Brennstoffinjektor **24** mit einem einzelnen Mischrohr **26** gekoppelt. Während des Verbrennungsprozesses bewegt sich der Brennstoff **22** axial durch jedes der Mischrohre **26** von der Endabdeckungsbaugruppe **58** (durch die Brennstoffinjektoren **24**) durch die Kappenseitenbaugruppe **60** und zum Brennraum **46**. Die Richtung dieser Bewegung an der Längsachse **54** der Brennstoffdüse **12** entlang wird als die Stromabwärtsrichtung **66** bezeichnet. Die entgegengesetzte Richtung wird als die Stromaufwärtsrichtung **68** bezeichnet.

**[0046]** Wie oben beschrieben, verdichtet der Verdichter **20** aus dem Lufteintritt **42** erhaltene Luft **40**. Der resultierende Strom von verdichteter Druckluft **18** wird den im Kopfende **56** der Brennkammer **16** liegenden Brennstoffdüsen **12** zugeführt. Die Luft tritt durch Lufteinlässe **70** in die Brennstoffdüsen **12** ein, um im Verbrennungsprozess verwendet zu werden. Speziell strömt die Druckluft **18** vom Verdichter **20** in einer Stromaufwärtsrichtung **68** durch einen Ringraum **72**, der zwischen einer Auskleidung **74** (z.B. einer ringförmigen Auskleidung) und einer Strömungshülle **76** (z.B. einer ringförmigen Strömungshülle) der Brennkammer **16** ausgebildet ist. Am Ende dieses Ringraums **72** wird die verdichtete Luft **18** in die Lufteinlässe **70** der Brennstoffdüse **12** gezwungen und füllt einen Luftraum **78** innerhalb der Brennstoffdüse **12**. Die Druckluft **18** im Luftraum **78** tritt dann durch die Luftdurchlassöffnungen **28** der Luftkonditioniereinrichtung **27** in die mehreren Mischrohre **26** ein. Zusätzlich dazu, dass sie die Luft **18** in die Mischrohre **26** eintreten lassen, können die Luftdurchlassöffnungen **28** der Luftkonditioniereinrichtung **27** die Luft auf verschiedene Weisen konditionieren, wie unten weiter besprochen wird. Im Inneren der Mischrohre **26** wird die Luft **18** dann mit dem von den Brennstoffinjektoren **24** bereitgestellten Brennstoff **22** vermischt. Das Brennstoff-Luft-Gemisch **30** strömt in einer Stromabwärtsrichtung **66** von den Mischrohren **26** in den Brennraum **46**, wo es entzündet und zum Bilden der Verbrennungsgase **22** (z.B. Abgase) verbrannt wird. Die Verbrennungsgase **32** strömen vom Brennraum **46** in der Stromabwärtsrichtung **66** zu einem Übergangsstück **80**. Die Verbrennungsgase **22** strömen dann vom Übergangsstück **80** zur Turbine **34**, wo die Verbrennungsgase **22** die Drehung der Schaufeln innerhalb der Turbine **34** antreiben.

**[0047]** Fig. 4 veranschaulicht eine perspektivische Explosivdarstellung der Mehrrohrbrennstoffdüse **12** innerhalb Linie 4-4 von Fig. 3. Diese Figur veranschaulicht ferner die einigen Ausführungsformen gemäß der Anordnung der mehreren Brennstoffinjektoren **24** an der Endabdeckung **58** und ihre Beziehung zu den mehreren Mischrohren **26**. Die Brennstoffräume **64** verteilen den Brennstoff **22** an die Brennstoffinjektoren **24**. Wie oben beschrieben, sind die Mischrohre

**26** so angeordnet, dass sie zwischen der Endabdeckungsbaugruppe **58** und der Kappenseitenbaugruppe **60** angeordnet sind. Die einzelnen Mischrohre **26** sind jeweils mit einem einzelnen Brennstoffinjektor **24** gepaart und zur Anordnung um diesen Brennstoffinjektor **24** (z.B. in einer koaxialen oder konzentrischen Anordnung) konfiguriert. Die Luftdurchlassöffnungen **28** befinden sich auf dieser stromaufwärtigen **68** Seite der Mischrohre **26** am nächsten zu den Brennstoffinjektoren **24**. In gewissen Ausführungsformen können die Brennstoffinjektoren **24** entfernbar mit der Endabdeckungsbaugruppe **58** gekoppelt sein.

**[0048]** Außerdem veranschaulicht **Fig. 4** eine Stützkonstruktion **82** (z.B. ringförmige Trommel, Brennstoffdüsenkappe) der Brennstoffdüse **12**, welche die Mischrohre **26** und andere Gebilde innerhalb der Brennstoffdüse **12** umgibt. Die Stützkonstruktion **82** verläuft von der Endabdeckungsbaugruppe **58** zur Kappenseitenbaugruppe **60**, schützt und stützt die innerhalb der Brennstoffdüse **12** positionierten Gebilde allgemein und definiert den Luftraum **78** innerhalb der Brennstoffdüse **12**. Die Lufteinlässe **70** befinden sich an der Stützkonstruktion **82** und leiten die verdichtete Luft **18** radial in den Luftraum **78** am Inneren der Brennstoffdüse **12**. Stromaufwärts **68** und am nächsten zur entfernbaaren Kappenseitenbaugruppe **60** befindet sich eine Halteplatte **84**. In gewissen Ausführungsformen beinhaltet die Düse **12** einen die Lufteinlässe **70** umgebenden ringförmigen Luftstromkonditionierungsdiffusor **86**.

**[0049]** **Fig. 5** ist eine Seitenansicht, teilweise im Querschnitt, der Brennkammer **16** innerhalb Linie 5-5 von **Fig. 3**. Das Kopfende **56** der Brennkammer **16** enthält einen Teil der Mehrrohrbrennstoffdüse **12**. Die Stützkonstruktion **82** umgibt die Mehrrohrbrennstoffdüse **12** und die mehreren Mischrohre **26**. Wie oben besprochen kann in einigen Ausführungsformen jedes Mischrohr **26** axial zwischen der Endabdeckungsbaugruppe **58** und der Kappenseitenbaugruppe **60** verlaufen. Die Mischrohre **26** können sich ferner durch die Kappenseitenbaugruppe **60** erstrecken, um das Brennstoff-Luft-Gemisch direkt dem Brennraum **46** zuzuführen. Jedes Mischrohr **26** ist so positioniert, dass es einen Brennstoffinjektor **24** umgibt (z.B. koaxiale oder konzentrische Anordnung), so dass der Injektor **24** Brennstoff **22** aus dem Brennstoffraum **64** erhält und den Brennstoff in das Rohr **26** leitet. Der Brennstoffraum **64** wird mit in den Brennstoffeinlass **62**, der sich an der Endabdeckungsbaugruppe **58** befindet, eintretendem Brennstoff gespeist.

**[0050]** Wie oben beschrieben, tritt verdichtete Luft **18** durch die Lufteinlässe **70**, die von einem Diffusor **86** umgeben sein können, in die Brennstoffdüse **12** ein. Der Diffusor **86** kann ringförmig und zur Vorkonditionierung und Verteilung der Druckluft über die Mischrohre **26** in verschiedenen Richtun-

gen in die Brennstoffdüse **12** konfiguriert sein. Die Richtung des Luftstroms innerhalb der Brennstoffdüse **12** ist im Wesentlichen radial einwärts **88**, kann aber eine stromaufwärtige **68** Komponente oder eine stromabwärtige **66** Komponente haben. Der Luftstrom variiert über die Mischrohre **26**, die sich an radial weiter außen **90** gelegenen Stellen innerhalb der Brennstoffdüse **12**, näher an den Lufteinlässen **70**, befinden. Nach dem Eintreten in die Brennstoffdüse **12** durch den Lufteinlass **70** und dem Bewegen über die Mischrohre **26** tritt die Druckluft **18** durch einen oder mehrere Luftdurchlassöffnungen **28** einer Luftkonditioniereinrichtung **27** in jedes Mischrohr **26** ein. In gewissen Ausführungsformen ist die Konfiguration von Luftdurchlassöffnungen **28** der Luftkonditioniereinrichtung **27** unter einzelnen Mischrohren **26** auf Basis ihrer radialen **50** Lage innerhalb des Luftraums **78** der Brennstoffdüse verschieden. Diese spezifische Anpassung kann die Schwankungen von Luftdruck und -bewegung über die Mischrohre **26**, nämlich den Druckabfall, der in der radial einwärts gehenden **88** Richtung stattfindet, ausgleichen. In gewissen Ausführungsformen können die axialen **48** Positionen der Luftdurchlassöffnungen **28** entlang der Mischrohre **26** unterschiedlich sein, um axiale **48** Luftdruckschwankungen auszugleichen. Zur zusätzlichen Regulierung des Druckluftstroms **18** können die Luftdurchlassöffnungen **28** der Luftkonditioniereinrichtung **27** so konfiguriert sein, dass sie verschiedene Formen, Größen und Anordnungen haben, wie unten weiter besprochen wird. In einigen Ausführungsformen, wie ebenfalls in **Fig. 5** gezeigt, können die Halteplatte **84** und/oder eine Prallplatte **92** innerhalb der Brennstoffdüse **12** positioniert sein, die das stromabwärtige **66** Ende der Mischrohre **26** allgemein am nächsten zur Kappenseitenbaugruppe **60** umgibt. Die Prallplatte **92** kann mehrere Prallkühlungsaussparungen beinhalten, die Luftstrahlen zum Aufprallen auf eine hintere Oberfläche der Kappenseitenbaugruppe **60** lenken können, um für Prallkühlung zu sorgen.

**[0051]** In **Fig. 6** ist eine Querschnittsansicht eines einzelnen Mischrohrs **26** und Brennstoffinjektors **24** innerhalb Linie 6-6 von **Fig. 5** veranschaulicht. Der zentrale Teil des Rohrs **26** wurde weggelassen, um mehr Details des ersten und des zweiten Endes **94** und **96** zu zeigen. Der Brennstoffinjektor **24** kann allgemein innerhalb eines zentralen Durchgangs **98** am ersten Ende **94** (z.B. stromaufwärtigen **68** Ende) jedes Mischrohrs **26** positioniert sein. Dieses erste Ende **94** befindet sich auf der stromaufwärtigen **68** Seite der Mehrrohrbrennstoffdüse **12** benachbart zu der Endabdeckungsbaugruppe **58**. In gewissen Ausführungsformen befinden sich die Luftdurchlassöffnungen **28** der Luftkonditioniereinrichtung **27** an oder nahe diesem ersten Ende **94** allgemein am nächsten zum Brennstoffinjektor **24**. In anderen Ausführungsformen liegen die Luftdurchlassöffnungen **28** der Luftkonditioniereinrichtung **27** an Stellen weiter stromauf-

wärts **68** oder stromabwärts **66** vom Brennstoffinjektor **24**. Die Lage der Luftdurchlassöffnungen **28** kann konfiguriert sein, um die Luft **28** selektiv in verschiedene Wege zu leiten, je nach dem Strom von Brennstoff **22** und Druckluft **28** an einer spezifischen Stelle innerhalb der Brennstoffdüse **12**. In einigen Ausführungsformen kann die Halteplatte **84** ein zweites Ende **96** der Mischrohre **26** abstützen, das sich auf der stromabwärtigen **66** Seite befindet. In gewissen Ausführungsformen kann die Halteplatte **84** außerdem zur Befestigung des zweiten Endes **96** der Mischrohre **26** an der Prallplatte **82** beitragen.

**[0052]** Fig. 6 veranschaulicht auch eine Ausführungsform der räumlichen Beziehung unter den Mischrohren **26**, der Kappenseitenbaugruppe **60** und/oder der Endabdeckungsanordnung **58**. In einigen Ausführungsformen können die Mischrohre **26** mit verschiedenen Befestigungselementen oder Verbindungen, wie Schweißung, Hartlötverbindungen, Halterungen, Gewindefestigungsteilen, Schnappverbindungen, Verbindungsstücken oder anderen Verbindungen, an Bauteilen innerhalb des Kopfendes **56** der Brennkammer **16** angebracht werden, wie der Kappenseitenbaugruppe **60**, der Halteplatte **84** und/oder der Prallplatte **92**. In anderen Ausführungsformen werden die Mischrohre **26** in einer schwimmenden Konfiguration gehalten und werden lediglich von einer oder mehreren der Kappenseitenbaugruppe **60**, der Halteplatte **84**, der Prallplatte **92**, verschiedenen Federn oder anderen Stützkonstruktionen getragen. Derartige schwimmende Konfigurationen können vorteilhaft eine Wärmeausdehnung der Mischrohre **18** und anderer Bauteile der Brennkammer **14** aufnehmen. Schwimmende Konfigurationen ermöglichen auch die leichtere Durchführung von spezifischer Anpassung und Konfiguration von Mischrohren **26** mit diversen Konfigurationen von Luftdurchlassöffnungen **28**. Wenn festgestellt wird, dass Brennstoff-Luft-Gemische **20** nicht gleichmäßig sind, können leicht einzelne Rohre **26** entfernt und durch Rohre **26** ersetzt werden, die andere Konfigurationen der Luftdurchlassöffnungen **28** (z.B. Luftkonditioniereinrichtung **27**) haben, die Luftdruckschwankungen in der Brennstoffdüse **12** besser ausgleichen. Die schwimmenden Konfigurationen können außerdem durch den Einbau einer axialen Feder **100** implementiert werden, um federnde axiale **48** Unterstützung und Einschränkung der Bewegung der Mischrohre **26** bereitzustellen. Gemäß der veranschaulichten Ausführungsform kann die axiale Feder **100** zwischen einer Halteplatte **84** und einer Prallplatte **92** positioniert sein. Ferner kann eine radiale Feder **102** zwischen dem Brennstoffinjektor **24** und dem ersten Ende **94** des Mischrohrs **26** liegen und kann eine federnde radiale **50** Einschränkung der Bewegung und Wärmeausdehnung des Mischrohrs **26** bereitstellen. Es kann ferner Merkmale wie zusätzliche Federn, Kanäle und/oder Führungen zum Sperren einer Bewegung der Mischrohre **26** in Umfangsrichtung **52** geben.

**[0053]** Wie ferner in Fig. 6 veranschaulicht, hat der Brennstoffinjektor **24** eine ringförmige Wand **103** um einen inneren Brennstoffdurchgang **104**, der zu einer oder mehreren Brennstoffdurchlassöffnungen **106** in einem abgeschrägten Teil **108** des Brennstoffinjektors **24** führt, der im Inneren des Mischrohrs **26** angeordnet ist (z.B. in einer koaxialen oder konzentrischen Anordnung). Im Betrieb lässt der Brennstoffinjektor **24** Brennstoff **22** aus dem Brennstoffraum **64** über den einen oder die mehreren Brennstoffdurchlassöffnungen **106** stromabwärts **66** zu einer Region im Inneren des Mischrohrs **26** strömen. In gewissen Ausführungsformen können die Brennstoffdurchlassöffnungen **106** relativ zu den Luftdurchlassöffnungen(n) **28** axial stromaufwärts **69**, axial stromabwärts **66**, axial fluchtend mit oder in einer Kombination davon positioniert sein. In der veranschaulichten Ausführungsform befinden sich die Brennstoffdurchlassöffnungen **106** am abgeschrägten Teil **108**, der eine lineare oder gekrümmte Abschrägung in der Stromabwärtsrichtung **66** haben kann. Zum Beispiel kann der abgeschrägte Teil **108** als eine konische Wand, eine einwärts gekrümmte ringförmige Wand (z.B. einwärts in Richtung auf die Achse des Injektors **24** gekrümmt), eine nach außen gekrümmte ringförmige Wand (z.B. von der Achse des Injektors **24** weg nach außen gekrümmt) oder eine Kombination davon ausgebildet sein. In der veranschaulichten Ausführungsform verläuft der abgeschrägte Teil **108** von einer ersten Position stromaufwärts **68** der Luftdurchlassöffnungen **28** zu einer zweiten Position stromabwärts **66** der Luftdurchlassöffnungen **28** des Mischrohrs **26**. Wie veranschaulicht, nimmt der Durchmesser des abgeschrägten Teils **108** des Brennstoffinjektors **24** in der Stromabwärtsrichtung **66** allmählich ab (d.h. er konvergiert), wodurch die Querschnittsfläche zwischen dem Brennstoffinjektor **24** und dem Mischrohr **26** in der Stromabwärtsrichtung **66** allmählich vergrößert wird. Auf diese Weise ergibt die veranschaulichte Ausführungsform einen allmählichen Druckabfall zwischen dem Brennstoffinjektor **24** und dem Mischrohr **26**, wodurch zur Verbesserung der Strömung und Vermischung von Brennstoff und Luft beigetragen wird. In der veranschaulichten Ausführungsform sind die Luftkonditioniereinrichtung **27** (z.B. Luftdurchlassöffnungen **28**) am Mischrohr **26** entlang und die Brennstoffdurchlassöffnungen **106** am Brennstoffinjektor **24** (z.B. abgeschrägten Teil **108**) beide stromaufwärts einer Spitze **109** des Brennstoffinjektors **24** angeordnet, so dass die Luft und der Brennstoff sich an der abnehmenden Querschnittsfläche zwischen dem Brennstoffinjektor **24** und dem Mischrohr **26** wenigstens teilweise vermischen. Des Weiteren sind die veranschaulichten Luftdurchlassöffnungen **28** stromaufwärts der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** angeordnet, um den Druck stromaufwärts der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** zu erhöhen.

**[0054]** In gewissen Ausführungsformen können die Brennstoffdurchlassöffnungen **106** und die Luftdurch-

lassöffnungen **28** (z.B. Achsen der Öffnungen) in der radialen Richtung **50**, der axialen Richtung **48**, einem axial stromaufwärtigen Winkel, einem axial stromabwärtigen Winkel, der Umfangsrichtung **52** (z.B. im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn) oder einer Kombination davon ausgerichtet sein. Des Weiteren können die Brennstoff- und Luftdurchlassöffnungen **106** und **28** in derselben Richtung und/oder in verschiedenen Richtungen ausgerichtet sein. Zum Beispiel können die Brennstoffdurchlassöffnungen **106** radial nach außen ausgerichtet sein, während die Luftdurchlassöffnungen **28** radial nach außen ausgerichtet sein können, und die Brennstoffdurchlassöffnungen **106** können in derselben und/oder entgegengesetzten Umfangsrichtung **52** wie die Luftdurchlassöffnungen **28** ausgerichtet sein. Die Umfangsrichtung der Öffnungen **28** und **106** kann verwendet werden, um einen Drallstrom zu ermöglichen. Die Ausrichtung der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** und Luftdurchlassöffnungen **28** können auch in Umfangsrichtung **52** um jedes Rohr **26**, axial an jedem Rohr **26** entlang oder in einer Kombination davon variieren. Des Weiteren kann auch die Ausrichtung der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** und der Luftdurchlassöffnungen **28** unter den mehreren Mischrohren **26** von einem Rohr **26** zu einem anderen Rohr **26** verschieden sein. Auf diese Weise kann die Ausrichtung der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** und der Luftdurchlassöffnungen **28** verwendet werden, um die Brennstoff-Luft-Vermischung in jedem Rohr **26** zu verbessern, während Durchfluss- und Druckschwankungen innerhalb der Mehrrohrbrennstoffdüse **12** ausgeglichen werden. Diese Fähigkeit, die Ausrichtung von Öffnungen **28** und **106**, speziell der Luftdurchlassöffnungen **28**, zu verändern, ermöglicht die Luftkonditionierung auf Rohrbasis unter den mehreren Mischrohren **26**.

**[0055]** Die Zahl, Größe und/oder Form der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** und der Luftdurchlassöffnungen **27** können dieselbe und/oder voneinander verschieden sein. In gewissen Ausführungsformen können die Luftdurchlassöffnungen **28** Lochdurchmesser haben, die so groß wie, größer als und/oder kleiner als Lochdurchmesser der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** sind. Zum Beispiel können die Luftdurchlassöffnungen **28** einen Durchmesser mit dem 0,1- bis 10-fachen, 0,2 bis 5-fachen, 0,3- bis 4-fachen, 0,4- bis 3-fachen oder 0,5- bis 2-fachen des Durchmessers der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** haben. In gewissen Ausführungsformen kann die Zahl der Luftdurchlassöffnungen **28** so groß wie, größer als und/oder kleiner als die Zahl der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** sein. Als Beispiel kann die Zahl der Luftdurchlassöffnungen etwa das 0,5- bis 50-fache, 0,5 bis 25-fache, 1- bis 10-fache oder 2- bis 5-fache der Zahl der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** sein. Als Beispiel kann die Luftkonditioniereinrichtung **27** jedes Mischrohrs **26** 5 bis 500, 10 bis 100 oder 15 bis 50 Luftdurchlassöffnun-

gen **28** haben. In gewissen Ausführungsformen kann die Form der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** und der Luftdurchlassöffnungen **28** kreisförmige Öffnungen, rechteckige Öffnungen, ovale Öffnungen, dreieckige Öffnungen, mehreckige Öffnungen oder eine beliebige Kombination davon beinhalten. Zusammen mit der Variation der Ausrichtung, Zahl, Größe und/oder Form können die Brennstoffdurchlassöffnungen **106** und Luftdurchlassöffnungen **28** auch in Umfangsrichtung **52** um jedes Rohr **26**, axial an jedem Rohr **26** entlang oder in einer Kombination davon verschieden sein. Des Weiteren kann die Zahl, Größe und/oder Form der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** oder Luftdurchlassöffnungen **28** auch von einem Rohr **26** zu einem anderen Rohr **26** unter den mehreren Mischrohren **26** verschieden sein. Auf diese Weise kann die Zahl, Größe und/oder Form der Brennstoffdurchlassöffnungen **106** und der Luftdurchlassöffnungen **28** verwendet werden, um die Brennstoff-Luft-Vermischung in jedem Rohr **26** zu verbessern, während Durchfluss- und Druckschwankungen innerhalb der Mehrrohrbrennstoffdüse **12** ausgeglichen werden. Diese Fähigkeit, die Zahl, Größe und/oder Form der Öffnungen **28** und **106**, speziell der Luftdurchlassöffnungen **28**, zu verändern, ermöglicht die Luftkonditionierung auf Rohrbasis unter den mehreren Mischrohren **26**.

**[0056]** Fig. 7 ist eine Veranschaulichung eines einzelnen, von der Brennstoffdüse **12** getrennten Mischrohrs **26**. In gewissen Ausführungsformen können die Mischrohre **26** zur Reparatur, zur Überprüfung oder zum Auswechseln aus der Brennstoffdüse **12** ausbaubar sein. Wie oben besprochen, können die Mischrohre **26** innerhalb von Mischrohren, die andere Konfigurationen von Luftdurchlassöffnungen **28** haben, die Druckabfälle innerhalb der Brennstoffdüse **12** möglicherweise besser ausgleichen, selektiv entfernt und ersetzt werden. Ein Verfahren zum Entfernen und Ersetzen der Mischrohre **26** wird unten ausführlicher besprochen. Fig. 7 veranschaulicht außerdem ein vollständiges Mischrohr **26** mit einem ersten Ende **94**, in dem in einigen Ausführungsformen allgemein die Luftdurchlassöffnungen **28** liegen, und einem zweiten Ende **96**, an dem das Mischrohr **26** mit der Kappenseitenbaugruppe **60**, einer Halteplatte **84** und/oder einer Prallplatte **92** gekoppelt ist. Jedes Mischrohr **26** kann ferner eine beliebige verschiedener Formen und Größen haben. In einigen Ausführungsformen kann jedes Mischrohr **26** eine allgemein zylindrische Form haben und kann beispielsweise einen allgemein kreisförmigen Querschnitt haben. Außerdem kann das Mischrohr **26** in einigen Ausführungsformen einen Durchmesser von etwa 5 bis 20 mm, 5 bis 10 mm, 10 bis 15 mm und allen Untergruppen dazwischen haben. Zum Beispiel kann ein Mischrohr **26** einen Durchmesser von 5, 10, 15 oder 20 Millimetern oder einen anderen Durchmesser haben. In gewissen Ausführungsformen kann das Mischrohr **26** einen Durchmesser von etwa 6,35 Mil-

limetern haben. Es ist zu beachten, dass alle Mischrohre **26** innerhalb der Brennkammer **16** einen im Wesentlichen ähnlichen Durchmesser haben können, dass es aber in gewissen Ausführungsformen vorteilhaft sein kann, wenn die Mischrohre **26** verschiedene Durchmesser haben. Des Weiteren kann jedes Mischrohr **26** eine axiale Länge von etwa 10 bis 300 cm, 20 bis 200 cm, 30 bis 150 cm oder eine(n) beliebige(n) inkrementelle(n) Länge oder Bereich innerhalb dieser Bereiche haben. Zum Beispiel kann jedes Mischrohr **26** eine axiale Länge von 10, 15, 20, 35, 30, 75, 80, 85, 90 oder 150 cm oder eine beliebige andere Länge haben. In gewissen Ausführungsformen können die Mischrohre **26** innerhalb der Brennkammer **16** im Wesentlichen ähnliche Längen haben, obwohl die Mischrohre **26** in einigen Ausführungsformen zwei oder mehr verschiedene Längen haben können. Des Weiteren kann die Luftkonditioniereinrichtung **27** (z.B. Luftdurchlassöffnungen **28**) an einem beliebigen axialen Teil jedes Rohrs **26** entlang liegen, wie innerhalb von 0 bis 10, 0 bis 20, 0 bis 30, 0 bis 40 oder 0 bis 50 Prozent der Länge jedes Rohrs **26**, gemessen vom stromaufwärtigen Ende **94** des Rohres **26**. Die Luftkonditioniereinrichtung **27** kann auch eine oder mehrere Gruppen von eng beabstandeten Luftdurchlassöffnungen **28** an einer oder mehreren axialen Regionen an jedem Rohr **26** entlang beinhalten.

**[0057]** Fig. 8 ist eine ausführliche Ansicht des ersten Endes **94** des Mischrohrs **26** von Fig. 7, die eine Ausführungsform der Luftkonditioniereinrichtung **27** (z.B. Luftdurchlassöffnungen **28**) an einem Mischrohr **26** veranschaulicht. Wie unten besprochen, können die Luftdurchlassöffnungen **28** verschiedene Formen, Größen, Ausrichtungen, Zahlen und Konfigurationen haben. Fig. 8 veranschaulicht eine Konfiguration mit zwei Sätzen **110** und **112** elliptischer Luftdurchlassöffnungen **28**, die in Umfangsrichtung **52** um das Mischrohr **26** angeordnet sind, wobei der erste Satz **110** Luftdurchlassöffnungen **28** axial stromaufwärts **68** des zweiten Satzes **112** Luftdurchlassöffnungen **28** liegt. In dieser Ausführungsform haben die einzelnen Luftdurchlassöffnungen **28** des ersten Satzes **110** eine Querschnittsfläche **114**, die im Wesentlichen größer als die Querschnittsfläche **114** der Luftdurchlassöffnungen **28** des zweiten Satzes **112** ist. Der größere Querschnitt **114** der weiter stromabwärts befindlichen Luftdurchlassöffnungen **28** kann den stromabwärtigen Druckabfall ausgleichen, der über die Rohre **26** innerhalb des Luftraums **78** erfahren wird. In anderen Ausführungsformen können die Luftdurchlassöffnungen **28** eine kreisförmige, tropfenförmige oder rechteckige Querschnittsform oder eine beliebige andere Form haben. Jeder veranschaulichte Satz **110** und **112** Luftdurchlassöffnungen **28** beinhaltet mehrere Reihen **116** und **118** (z.B. zwei Reihen) von Luftdurchlassöffnungen **28**, die in Umfangsrichtung **52** um das Mischrohr **26** gleichmäßig voneinander beabstandet angeord-

net sind, wobei die Luftdurchlassöffnungen **28** der ersten Reihe **116** in der axialen Richtung **48** und der Umfangsrichtung **52** von den Luftdurchlassöffnungen **28** in der zweiten Reihe **118** versetzt (z.B. gestaffelt) sind. In einigen Ausführungsformen können nachfolgende Reihen **118** nicht in Umfangsrichtung **52** versetzt (z.B. gestaffelt) sein, sondern können stattdessen in Umfangsrichtung mit vorhergehenden Reihen **116** von Luftdurchlassöffnungen **28** fluchten (z.B. in einer axialen Linie). In anderen Ausführungsformen können nachfolgende Reihen **118** teilweise voneinander versetzt sein. In einigen Ausführungsformen können die Luftdurchlassöffnungen **28** einen Querschnitt **114** in einem Bereich von etwa 1 mm<sup>2</sup> bis 100 mm<sup>2</sup>, 10 mm<sup>2</sup> bis 50 mm<sup>2</sup>, 25 mm<sup>2</sup> bis 75 mm<sup>2</sup> oder einer beliebigen Untergruppe dazwischen haben. Zum Beispiel können die einzelnen Luftdurchlassöffnungen **28** einen Querschnitt von 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 75, 80, 85, 90, 95 oder 100 Quadratmillimeter (n) oder einen beliebigen anderen Querschnitt haben. In der veranschaulichten Ausführungsform beinhaltet die Luftkonditioniereinrichtung **27** zwei Reihen **116** und **118** von Luftdurchlassöffnungen **28** in zwei Sätzen **110** und **112** Luftdurchlassöffnungen **28**. In anderen Ausführungsformen kann die Luftkonditioniereinrichtung **27** 1 bis 1000, 2 bis 500, 3 bis 250, 4 bis 100 oder 5 bis 25 oder mehr Sätze und Reihen von Luftdurchlassöffnungen **28** mit verschiedenen Größen, Formen, Ausrichtungen, Mustern oder einer Kombination davon beinhalten. Zum Beispiel kann die Luftkonditioniereinrichtung **27** 1 bis 100 Sätze verschieden großer Luftdurchlassöffnungen **28** beinhalten, wobei jeder Satz 1 bis 100 Reihen gleich oder verschieden beabstandeter, abgewinkelter oder geformter Luftdurchlassöffnungen **28** hat. Weiter kann beispielsweise die Größe, die Zahl und/oder der Winkel der Luftdurchlassöffnungen **28** der gleiche sein, in der axialen Richtung **48** und/oder der Umfangsrichtung **52** an jedem Mischrohr **26** entlang zunehmen und/oder abnehmen. In gewissen Ausführungsformen kann der Durchmesser der Luftdurchlassöffnungen **28** allmählich von einer Reihe zu einer weiteren am Mischrohr **26** entlang zunehmen oder abnehmen (oder abwechseln).

**[0058]** Fig. 9 ist eine Ausführungsform der Luftkonditioniereinrichtung **27** (z.B. Luftdurchlassöffnungen **28**) am ersten Ende **94** eines Mischrohrs **26**, wobei die Luftdurchlassöffnungen **28** im Wesentlichen die gleiche Form und Querschnittsfläche **114** haben. Eine Ausführungsform von Luftdurchlassöffnungen **28** wie diese kann einen Querschnitt ausnutzen, bei dem in der axialen **48** oder Umfangsrichtung **52** ein unerheblicher Druckabfall erwartet wird. Die Luftdurchlassöffnungen **28** dieser Ausführungsform sind in sechs Reihen **116** angeordnet. Der axiale **48** Abstand zwischen den Reihen **116** ist jeweils gleich und die Luftdurchlassöffnungen **28** jeder Reihe **116** sind in Umfangsrichtung **52** um das Mischrohr **26** gleichmäßig voneinander beabstandet. Außerdem ist jede Reihe

**116** in der Umfangsrichtung **52** von der nächsten Reihe **118** vollständig versetzt, d.h. gestaffelt.

**[0059]** Fig. 10 ist ein Querschnitt des Mischrohrs **26** von Fig. 9 durch Linie 10-10 von Fig. 9. Wie veranschaulicht, sind die Luftdurchlassöffnungen **28** direkt einwärts in Richtung auf eine zentrale Achse **119** des Mischrohrs **26** ausgerichtet, wodurch eine Luftinjektion radial einwärts in das Mischrohr **26** ermöglicht wird, wie durch die Pfeile angezeigt. Wie oben besprochen, tritt die verdichtete Luft **18** über den Luftraum **78** der Brennstoffdüse **12** in die Mischrohre **26** ein. Die Luft **18** wird von einem Diffusor **86** und einem Lufteinlass **70** in einer im Wesentlichen radialen Einwärtsrichtung **74** in den Luftraum **78** geleitet. Beim Eintreten der Luft **18** in die Mischrohre **26** tragen die Luftdurchlassöffnungen **28** der Luftkonditioniereinrichtung **27** zum Leiten, Verteilen und allgemeinen Konditionieren des Luftstroms in das Mischrohr **26** zur Verbesserung der Vermischung mit dem Brennstoff **22** vom Brennstoffinjektor **24** bei. In dieser Ausführungsform sind die Luftdurchlassöffnungen **28** zur radialen Achse **48** parallel und verleihen so der in die Mischrohre **26** eintretenden Luft **18** keine Drallbewegung.

**[0060]** Fig. 11 ist ein Querschnitt des Mischrohrs **26** von Fig. 9 durch Linie 11-11 von Fig. 9. Die Luftdurchlassöffnungen **28** sind, wie von den Pfeilen veranschaulicht, radial einwärts hin zur zentralen Achse **119** des Mischrohrs **26**, aber davon versetzt, ausgerichtet. Das heißt, die Luftdurchlassöffnungen **28** sind allgemein relativ zur radialen Achse **50** abgewinkelt, wie von einem Winkel **120** angedeutet wird, so dass die Luftdurchlassöffnungen **28** in der Umfangsrichtung **52** um die zentrale Achse **119** des Rohrs **26** einen Drallstrom verleihen. Wie veranschaulicht, ist der Winkel **120** der Luftdurchlassöffnung **28** in Bezug auf die radiale Achse **50** größer als null. Der Winkel **120** einzelner Luftdurchlassöffnungen **28** kann im Bereich zwischen etwa 0 und 45 Grad, 0 und 30 Grad, 15 und 45 Grad, 15 und 30 Grad oder in einer beliebigen Untergruppe dazwischen liegen. Zum Beispiel kann der Winkel **120** einiger Luftdurchlassöffnungen **28** 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 oder 45 Grad betragen oder ein beliebiger anderer Winkel sein und der Winkel **120** anderer Luftdurchlassöffnungen **28** kann 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 oder 45 Grad betragen oder ein beliebiger anderer Winkel sein. In einigen Ausführungsformen können die Luftdurchlassöffnungen **28** konfiguriert sein, um der Luft im Uhrzeigersinn Drall zu verleihen, während andere Luftdurchlassöffnungen **28** konfiguriert sein können, um die Luft entgegen dem Uhrzeigersinn Drall zu verleihen. Diese Variation kann auf der Basis der Umfangsfrage des einzelnen Mischrohrs **26** in Bezug auf den Lufteinlass **70** der Brennstoffdüse **12** erfolgen, um den Strom verdichteter Luft **18** im Luftraum **78** der Brennstoffdüse **12** besser zu erfassen.

**[0061]** Fig. 12 ist ein Querschnitt des Mischrohrs **26** von Fig. 9 durch Linie 12-12 von Fig. 9. Wie von den Pfeilen veranschaulicht, sind die Luftdurchlassöffnungen **28** radial einwärts hin zur zentralen Achse **119** des Mischrohrs **26**, aber davon versetzt, ausgerichtet. Das heißt, die Luftdurchlassöffnungen **28** sind allgemein relativ zur radialen Achse **50** abgewinkelt, wie von dem Winkel **120** angedeutet wird, so dass die Luftdurchlassöffnungen **28** in der Umfangsrichtung **52** um die zentrale Achse **119** des Rohrs **26** einen Drallstrom verleihen. Im Gegensatz zu Fig. 11 ist der Winkel **120** der Luftdurchlassöffnungen **28** in Fig. 12 größer, um einen stärkeren Drallstrom bereitzustellen. Das heißt, der Winkel **120** der Luftdurchlassöffnung **28** in Bezug auf eine radiale Achse **50** ist ein größerer Wert als der Winkel **120** in Fig. 11. Zum Beispiel kann der Winkel **120** der Luftdurchlassöffnungen **28** im Bereich zwischen etwa 45 und 90 Grad, 60 und 90 Grad, 45 und 75 Grad oder 60 und 75 Grad oder in einer beliebigen Untergruppe dazwischen liegen. Es wird auch erörtert, dass einzelne Luftdurchlassöffnungen **28** innerhalb eines Satzes Luftdurchlassöffnungen **28** mit verschiedenen Winkeln **120** konfiguriert sein können, um den Strom verdichteter Luft **18** innerhalb der Brennstoffdüse **12** spezifisch anzupassen. Zum Beispiel können Mischrohre **26**, die in einigen Ausführungsformen innerhalb der Brennstoffdüse **12** an Stellen eingebaut sind, die radial weiter außen und näher am Lufteinlass **70** liegen, konfiguriert sein, so dass sie Luftdurchlassöffnungen **28** haben, die größere Winkel **120** als die Luftdurchlassöffnungen an Mischrohren **26** haben, die innerhalb der radial weiter einwärts liegenden Stellen innerhalb der Brennstoffdüse **12**, weiter vom Lufteinlass **70** weg, liegen. In einigen Ausführungsformen können Luftdurchlassöffnungen **28** an den Mischrohren **26** abgewinkelt sein, so dass sie die Luft in Richtungen mit einer axialen **48** Komponente leiten. Das heißt, die Luftdurchlassöffnung **28** kann für noch größere Kontrolle über den Strom verdichteter Luft **18** innerhalb der Mischrohre **26** so konfiguriert sein, dass sie die verdichtete Luft in einer Richtung mit einer stromabwärtigen **66** oder stromaufwärtigen **68** Komponente leitet. Diese Variationen in der Winkelkonfiguration der Luftdurchlassöffnungen **28** kann Schwankungen des Flusses verdichteter Luft innerhalb des Mischrohrs **26**, Schwankungen der Feinverteilung von eingespritztem Brennstoff **22** von den Brennstoffinjektoren **24** oder andere variierende Bedingungen der Umgebung innerhalb der Brennstoffdüse **12** ausgleichen, welche die Gleichmäßigkeit des Brennstoff-Luft-Gemischs **30** beeinträchtigen können.

**[0062]** Die Fig. 13–Fig. 16 sind Perspektivansichten der Brennstoffdüse **12**, die eine Reihe von Schritten eines Verfahrens zum Entfernen von wenigstens einem Mischrohr **26** gemäß gewissen Ausführungsformen veranschaulichen. Wie in Fig. 13 veranschaulicht, ist die Mehrrohrbrennstoffdüse **12** vom Kopf-

ende **56** der Brennkammer **16** entfernt und mit der Endabdeckungsbaugruppe **58** gekoppelt. Die Endabdeckungsbaugruppe **58** mit Brennstoffeinlass **62** ist mit der Stützkonstruktion **82** und der Kappenseitenbaugruppe **60** gekoppelt veranschaulicht. Um die Mischrohre **26** freizulegen, wie in **Fig. 14** gezeigt, wird die Endabdeckungsbaugruppe **58** von der Stützkonstruktion **82** und der Kappenseitenbaugruppe **60** getrennt. **Fig. 14** zeigt die Brennstoffinjektoren **24** auf, die mit der Endabdeckungsbaugruppe **58** der Brennstoffdüse **12** gekoppelt sind. Als nächstes wird, wie in **Fig. 15** gezeigt, die Halteplatte **84** von der Kappenseitenbaugruppe **60** entfernt, indem die Halteplatte **84** in einer Stromaufwärtsrichtung **68** vom zweiten Ende **96** zum ersten Ende **94** der Mischrohre **26** an den Mischrohren **26** entlang geschoben wird. Wie in **Fig. 16** gezeigt, können dann die Mischrohre **26** aus ihrer Lage an der Kappenseitenbaugruppe **60** entfernt werden. Das Entfernen von einem oder mehreren Mischrohren **26** kann die Überprüfung, das Ersetzen, die Reparatur oder beliebige andere Zwecke ermöglichen, die sich im Verlauf der Herstellung, der Montage und des Betriebs der Brennstoffdüse **12** zeigen. Der Einbau von Mischrohren **26** wird durch Befolgen der in den **Fig. 13** bis **Fig. 16** veranschaulichten Schritte in umgekehrter Reihenfolge erreicht. Das eine oder die mehreren Mischrohre **26** können nämlich an der Kappenseitenbaugruppe **60** (**Fig. 16**) in ihre Sollage eingesetzt werden, dann kann die Halteplatte **84** durch Aufschieben über die Mischrohre **26** vom ersten Ende **94** zum zweiten Ende **96**, bis die Rohre **26** mit der Kappenseitenbaugruppe **60** und/oder der Prallplatte **92** (**Fig. 15**) bündig sind, eingebaut werden. Die Stützkonstruktion **82** wird dann mit der Endabdeckungsbaugruppe **58** gekoppelt, indem die Mischrohre **26** auf ihre jeweiligen Brennstoffinjektoren **24** (**Fig. 14**) ausgerichtet werden. Die zusammengebaute Brennstoffdüse **12** (**Fig. 13**) kann dann in das Kopfende **56** der Brennkammer **12** eingebaut werden.

**[0063]** Technische Ergebnisse der offenbarten Ausführungsformen beinhalten Systeme und Verfahren zum Verbessern der Vermischung der Luft und des Brennstoffs innerhalb von Mehrrohrbrennstoffdüsen **12** eines Gasturbinensystems. Speziell ist die Brennstoffdüse **12** mit mehreren Mischrohren **26** bestückt, die Luftdurchlassöffnungen **28** (z.B. Luftkonditioniereinrichtung **27**) haben, durch welche verdichtete Druckluft **18**, die in die Brennstoffdüse **12** eintritt, geleitet wird und sich mit Brennstoff **22** vermischt, der von mehreren Brennstoffinjektoren **24** eingespritzt wird. Die Luftdurchlassöffnungen **28** können mit verschiedenen Formen, Größen, räumlichen Anordnungen konfiguriert sein und konfiguriert sein, um die Luft in verschiedenen Winkeln zu leiten. Die schwankenden Drücke von Luft **18** und Brennstoff **22** unter den mehreren Brennstoffinjektoren **24** in der Mehrrohrbrennstoffdüse **12** ausgleichend, erhöht diese spezifische Anpassung die Vermischung und Gleichmä-

ßigkeit. Die erhöhte Vermischung der Luft **18** und des Brennstoffs **22** erhöht die Flammenstabilität innerhalb der Brennkammer **16** und reduziert die Menge unerwünschter Benachbart zuprodukte der Verbrennung. Das Verfahren zum Entfernen und Einbauen der einzelnen Mischrohre **26** ermöglicht die kosteneffektive und -effiziente Reparatur der Brennstoffdüse **12**.

**[0064]** In der vorliegenden Offenbarung werden oben zwar einige typische Größen und Abmessungen vorgesehen, es ist aber zu beachten, dass die verschiedenen Bauteile der beschriebenen Brennkammer maßstäblich vergrößert oder verkleinert werden können und auch individuell auf diverse Brennkammertypen und diverse Anwendungen angepasst werden können. Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele zur Offenbarung von Ausführungsformen der Erfindung, einschließlich der besten Art der Ausführung, und auch, um einer Fachperson die Ausübung der Erfindung zu ermöglichen, einschließlich der Herstellung und Benutzung jedweder Vorrichtungen oder Systeme und der Durchführung eingebundener Verfahren. Der patentfähige Umfang der Erfindung wird durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele beinhalten, die fachkundigen Personen einfallen werden. Es ist vorgesehen, dass derartige weitere Beispiele in den Umfang der Ansprüche fallen, wenn sie strukturelle Elemente haben, die sich nicht von der wörtlichen Sprache der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden von den wörtlichen Sprachen der Ansprüche beinhalten.

**[0065]** Ein System beinhaltet eine Mehrrohrbrennstoffdüse. Die Mehrrohrbrennstoffdüse beinhaltet mehrere Rohre. Jedes Rohr hat ein erstes Ende, ein zweites Ende und eine um einen zentralen Durchgang angeordnete ringförmige Wand. Das erste Ende ist zur Anordnung um einen Brennstoffinjektor konfiguriert. Jedes Rohr beinhaltet auch eine Luftkonditioniereinrichtung mit mehreren Luftdurchlassöffnungen, die benachbart zu dem ersten Ende angeordnet sind. Die mehreren Luftdurchlassöffnungen verlaufen durch die Wand in den zentralen Durchgang.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Gasturbinensystem
<b>12</b>	Brennstoffdüse
<b>14</b>	Brennstoffzufuhr
<b>16</b>	Brennkammer
<b>18</b>	verdichtete Luft
<b>20</b>	Verdichter
<b>22</b>	Brennstoff
<b>24</b>	Brennstoffinjektor
<b>26</b>	Mischrohre
<b>27</b>	Luftkonditioniereinrichtung
<b>28</b>	Luftdurchlassöffnung

30	Brennstoff-Luft-Gemisch
32	unter Druck stehende Abgase
34	Turbine
36	Welle
38	Abgasauslass
40	Luft
42	Lufteintritt
44	Last
46	Brennraum
48	axial
50	radial
52	in Umfangsrichtung
54	Längsachse
56	Kopfende
58	Endabdeckungsbaugruppe
60	Kappenseitenbaugruppe
62	Brennstoffeinlass in der Endabdeckung
64	Brennstoffraum in der Endabdeckung
66	Stromabwärtsrichtung
68	Stromaufwärtsrichtung
70	Lufteinlass
72	Ringraum
74	Auskleidung
76	Strömungshülle
78	Luftraum
80	Übergangsstück
82	Stützkonstruktion
84	Halteplatte
86	Diffusor
88	radial einwärts gehende Richtung
90	radial nach außen
92	Prallplatte
94	erstes Ende des Mischrohrs
96	zweites Ende des Mischrohrs
98	zentraler Mischrohrdurchgang
100	axiale Feder
102	radiale Feder
103	ringförmige Wand des Brennstoffinjektors
104	innerer Brennstoffdurchgang des Brennstoffinjektors
106	Brennstoffdurchlassöffnungen am Brennstoffinjektor
108	abgeschrägter Teil
109	Spitze des Brennstoffinjektors
110	erster Satz Luftdurchlassöffnungen
112	zweiter Satz Luftdurchlassöffnungen
114	Luftdurchlassöffnungsquerschnitt
116	erste Reihe von Luftdurchlassöffnungen
118	zweite Reihe von Luftdurchlassöffnungen
120	Winkel

### Patentansprüche

1. System, umfassend:  
eine Mehrrohrbrennstoffdüse, umfassend:  
mehrere Rohre, wobei jedes Rohr aufweist:  
ein erstes Ende,  
ein zweites Ende,

eine um einen zentralen Durchgang angeordnete ringförmige Wand, wobei das erste Ende zur Anordnung um einen Brennstoffinjektor konfiguriert ist, und eine Luftkonditioniereinrichtung mit mehreren Luftdurchlassöffnungen, die benachbart zu dem ersten Ende angeordnet sind, wobei sich die mehreren Luftdurchlassöffnungen durch die Wand in den zentralen Durchgang erstrecken.

2. System nach Anspruch 1, wobei die mehreren Luftdurchlassöffnungen in Umfangsrichtung um die ringförmige Wand angeordnet sind und/oder wobei die mehreren Luftdurchlassöffnungen einen ersten Satz Luftdurchlassöffnungen und einen zweiten Satz Luftdurchlassöffnungen umfassen, wobei der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen sich relativ zu dem ersten Ende stromabwärts des ersten Satzes Luftdurchlassöffnungen befindet.

3. System nach Anspruch 2, wobei ein erster Gesamtquerschnitt jeder Luftdurchlassöffnung des ersten Satzes Luftdurchlassöffnungen größer als ein zweiter Gesamtquerschnitt jeder Luftdurchlassöffnung des zweiten Satzes Luftdurchlassöffnungen ist.

4. System nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Satz Luftdurchlassöffnungen eine erste Reihe und eine zweite Reihe von Luftdurchlassöffnungen umfasst, die in Umfangsrichtung um die ringförmige Wand angeordnet sind, und die erste Reihe von Luftdurchlassöffnungen in einer Umfangsrichtung zu der zweiten Reihe von Luftdurchlassöffnungen versetzt ist, und/oder wobei der erste Satz von Luftdurchlassöffnungen zum Führen des Luftstroms in einer radialen Richtung in den zentralen Durchgang konfiguriert ist.

5. System nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen eine dritte Reihe und eine vierte Reihe von Luftdurchlassöffnungen umfasst, die in Umfangsrichtung um die ringförmige Wand angeordnet sind, und die dritte Reihe von Luftdurchlassöffnungen in der Umfangsrichtung zu der vierten Reihe von Luftdurchlassöffnungen versetzt ist, und/oder wobei der zweite Satz Luftdurchlassöffnungen konfiguriert ist, um die Luft mit einer Drallbewegung um eine zentrale Achse des zentralen Durchgangs zu führen.

6. System nach Anspruch 1, wobei die mehreren Luftdurchlassöffnungen mehrere Größen, Formen, Winkel, Anstände oder eine beliebige Kombination davon aufweisen.

7. System nach Anspruch 1, wobei jedes Rohr der mehreren Rohre konfiguriert ist, um eine gleiche Verteilung des Luftstroms über der Luftkonditioniereinrichtung zu erhalten.

8. System nach Anspruch 1, das eine Gasturbine oder eine Brennkammer mit der Mehrrohrbrennstoffdüse aufweist.

9. System, umfassend:  
eine Brennkammerendabdeckungsbaugruppe,  
eine mit der Brennkammerendabdeckungsbaugruppe gekoppelte Mehrrohrbrennstoffdüse, umfassend:  
eine Halteplatte und  
mehrere Rohre, die zwischen der Endabdeckungsbaugruppe und der Halteplatte angeordnet sind, wobei jedes Rohr aufweist:  
ein erstes Ende benachbart zu der Endabdeckungsbaugruppe,  
ein zweites Ende benachbart zu der Halteplatte,  
eine um einen zentralen Durchgang angeordnete ringförmige Wand, wobei das erste Ende zur Anordnung um einen Brennstoffinjektor konfiguriert ist, und  
eine Luftkonditioniereinrichtung mit mehreren Luftdurchlassöffnungen, die benachbart zu dem ersten Ende angeordnet sind, wobei die mehreren Luftdurchlassöffnungen durch die Wand in den zentralen Durchgang verlaufen.

10. System nach Anspruch 9, wobei jedes Rohr der mehreren Rohre derart konfiguriert ist, dass es einzeln von der Endabdeckungsbaugruppe und der Halteplatte entfernt oder dazwischen eingebaut werden kann, und/oder wobei die Halteplatte konfiguriert ist, um nach Entfernen der Endabdeckungsbaugruppe von der Mehrrohrbrennstoffdüse entfernt zu werden, indem die Halteplatte an den mehreren Rohren entlang von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende jedes Rohrs verschoben wird.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

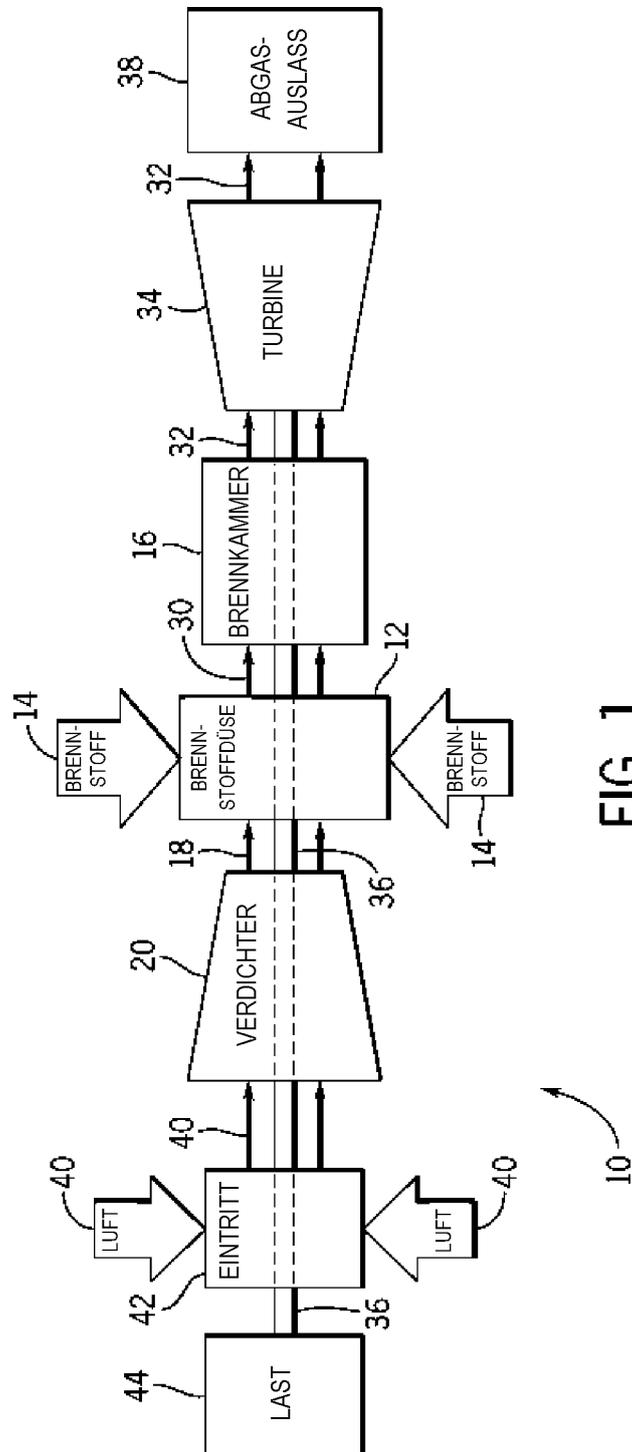
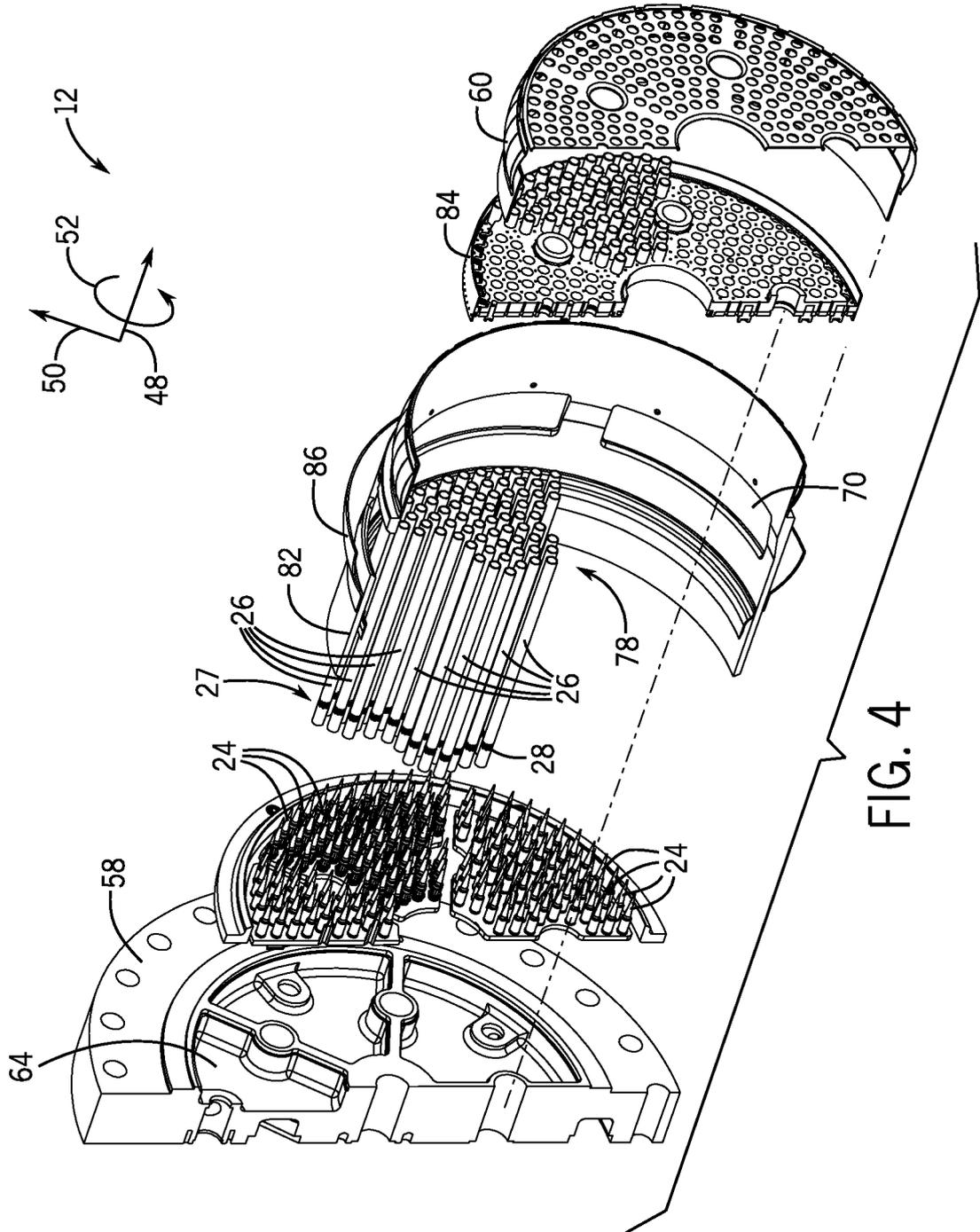
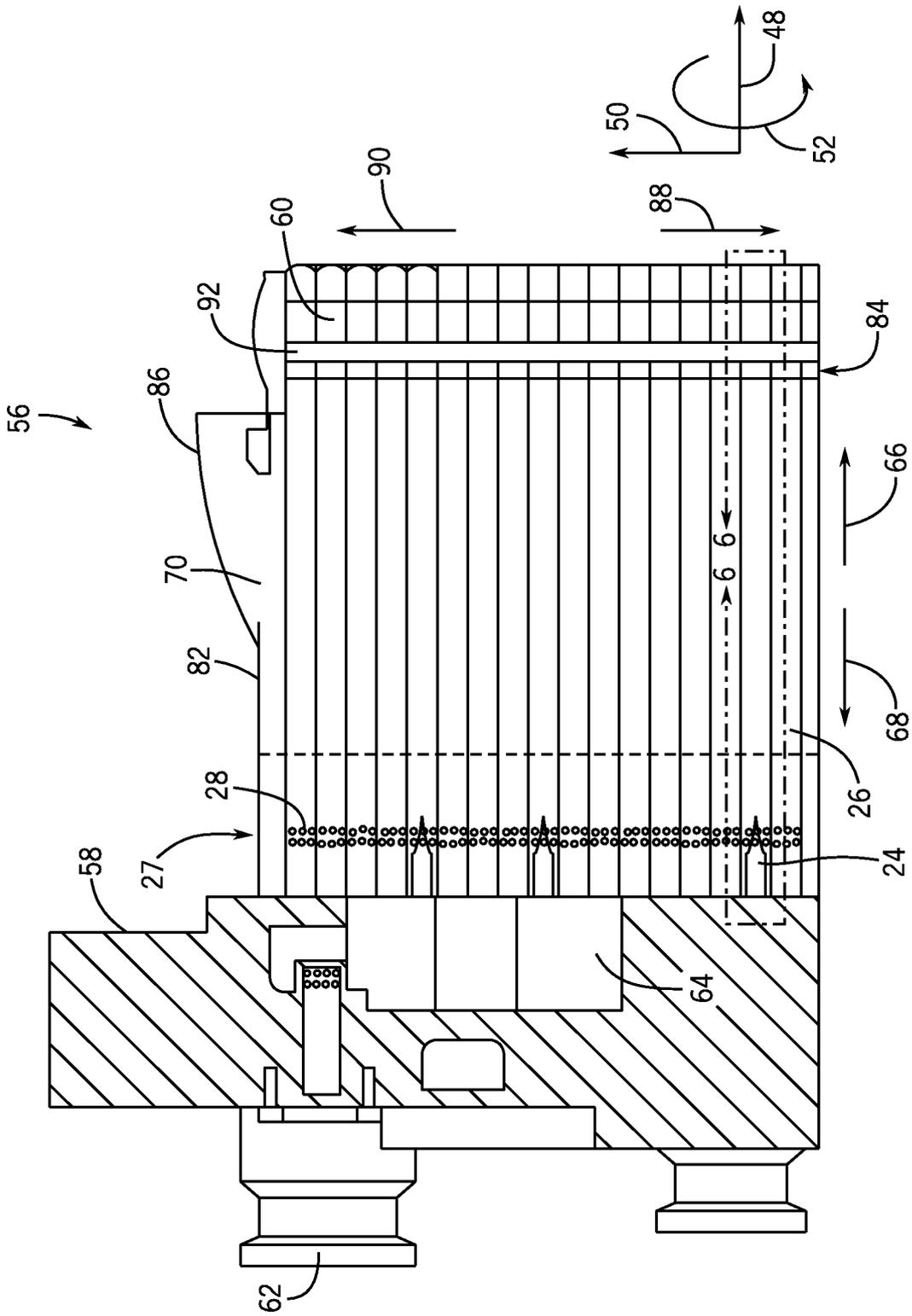


FIG. 1









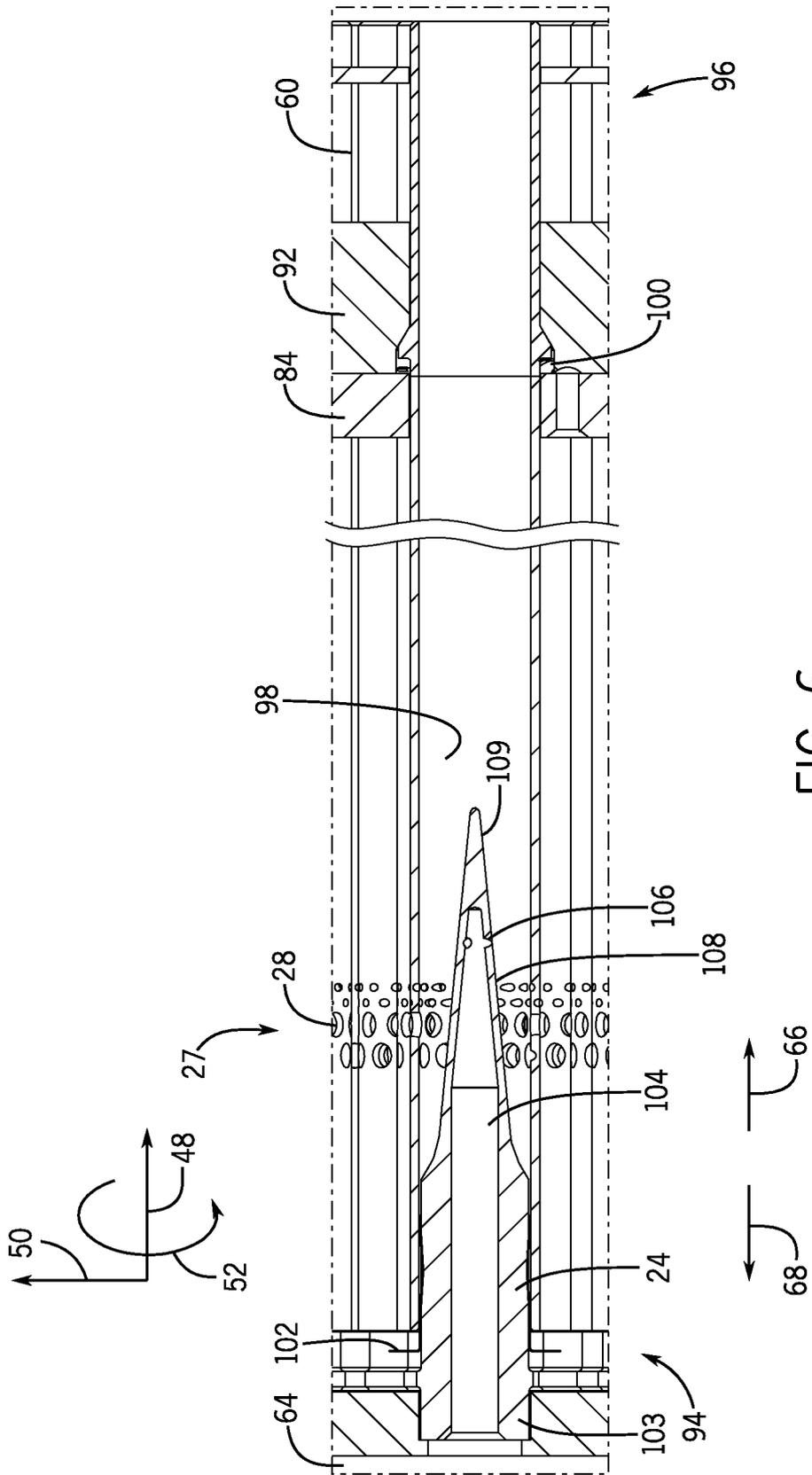
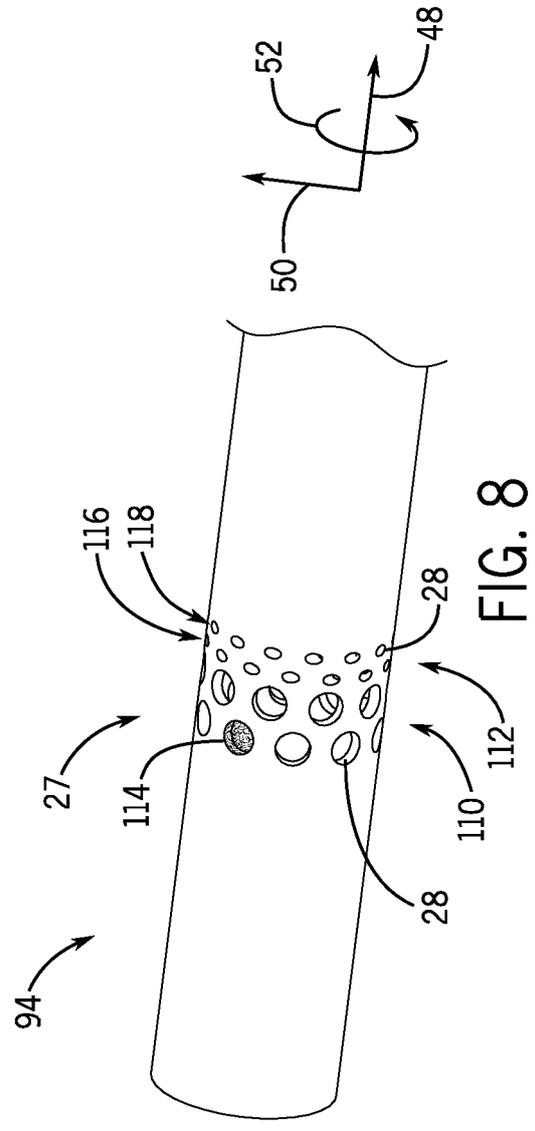
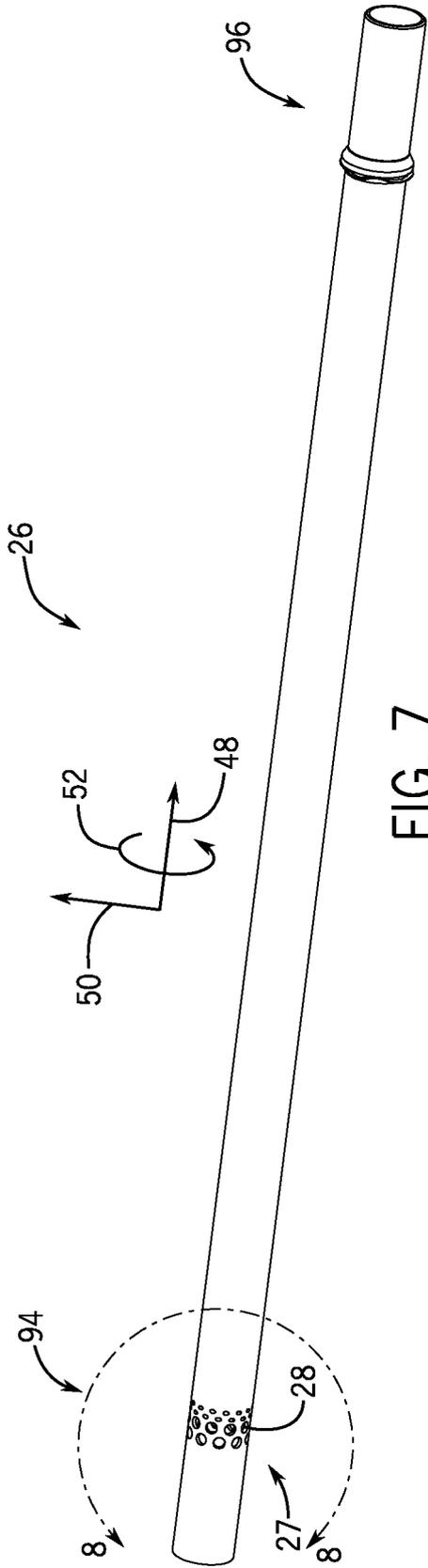


FIG. 6



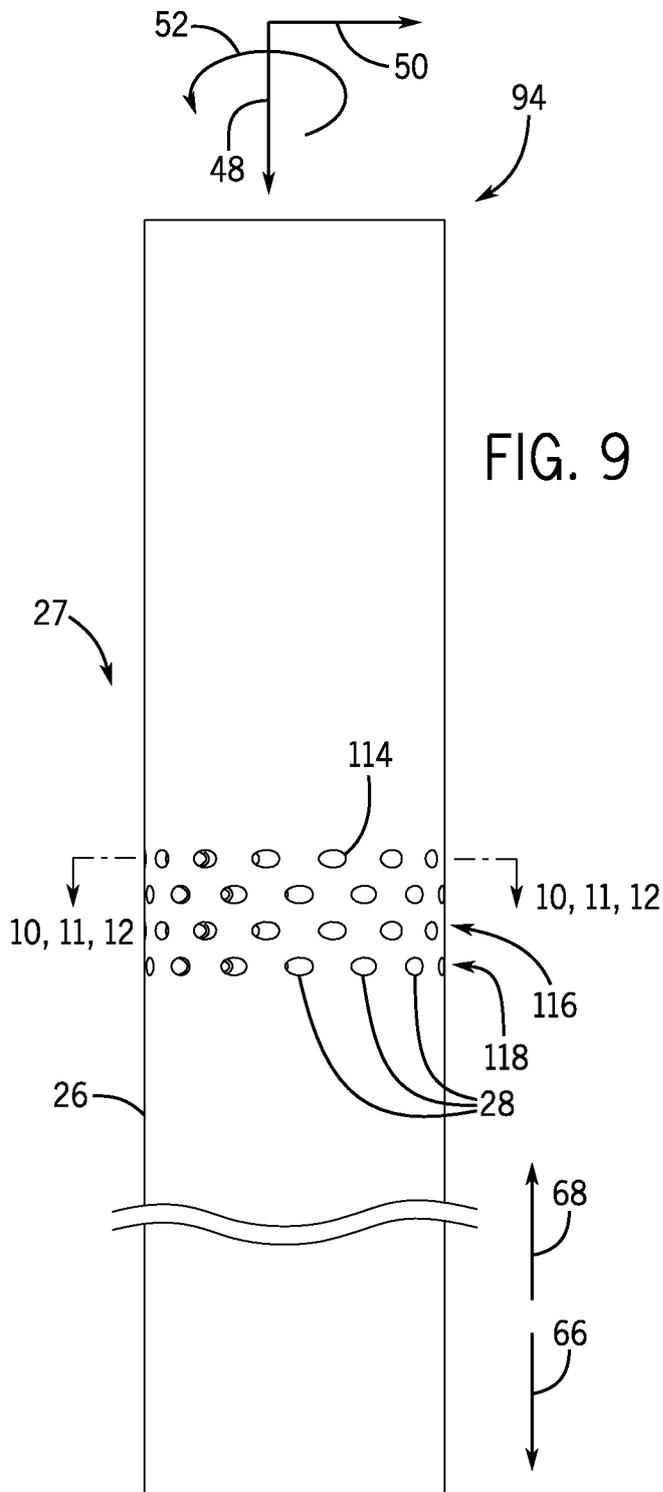


FIG. 9

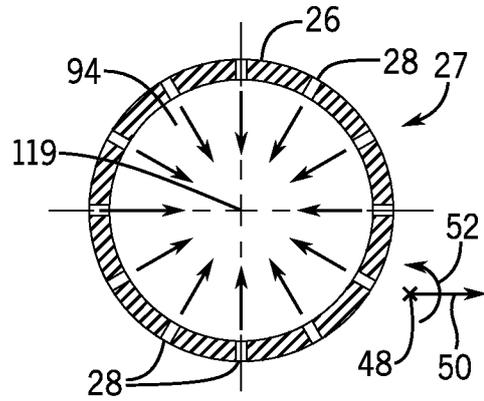


FIG. 10

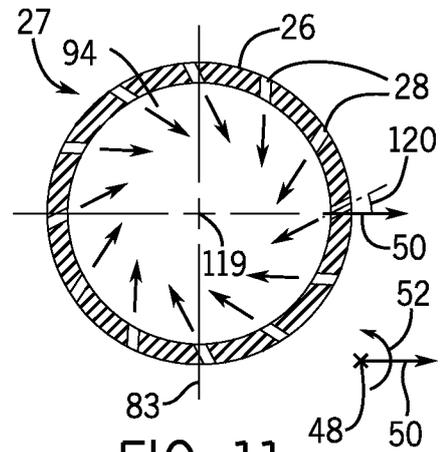


FIG. 11

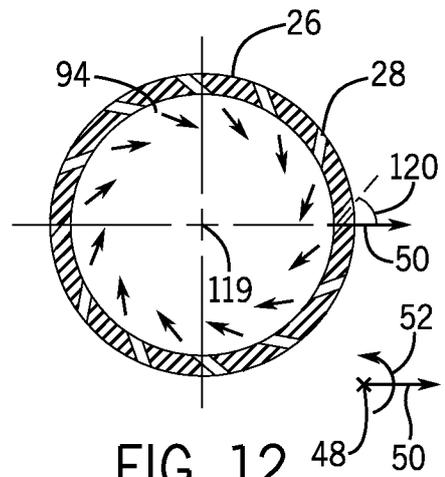


FIG. 12

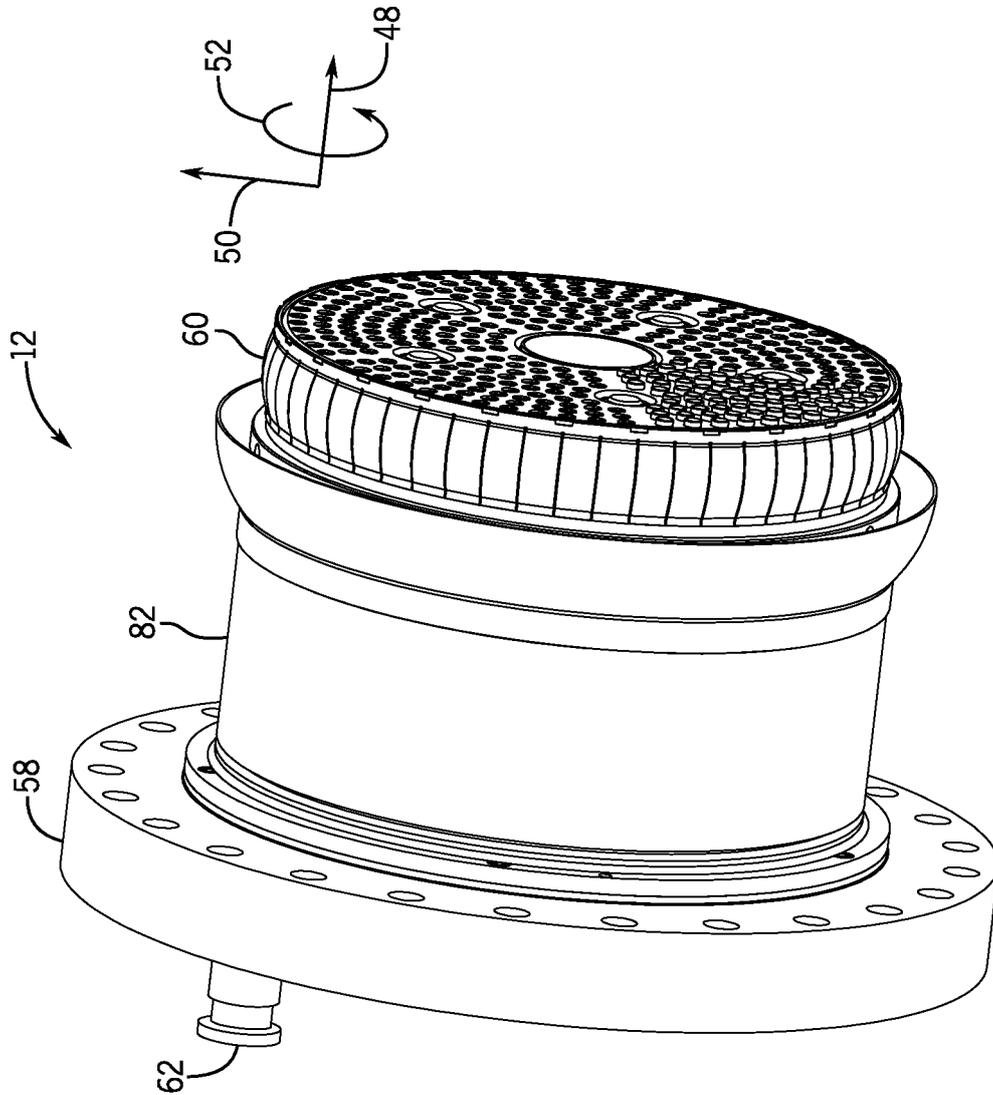


FIG. 13

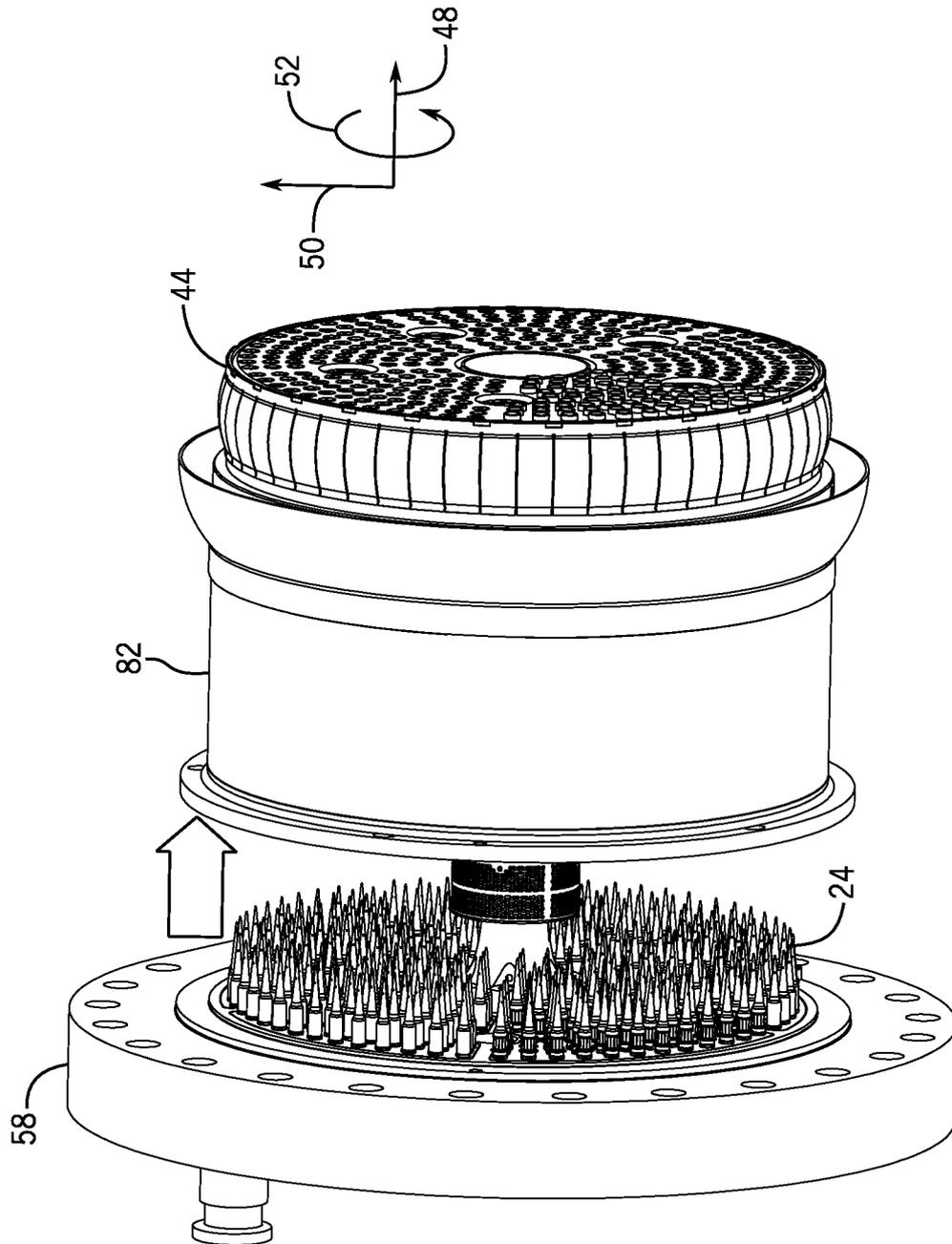


FIG. 14

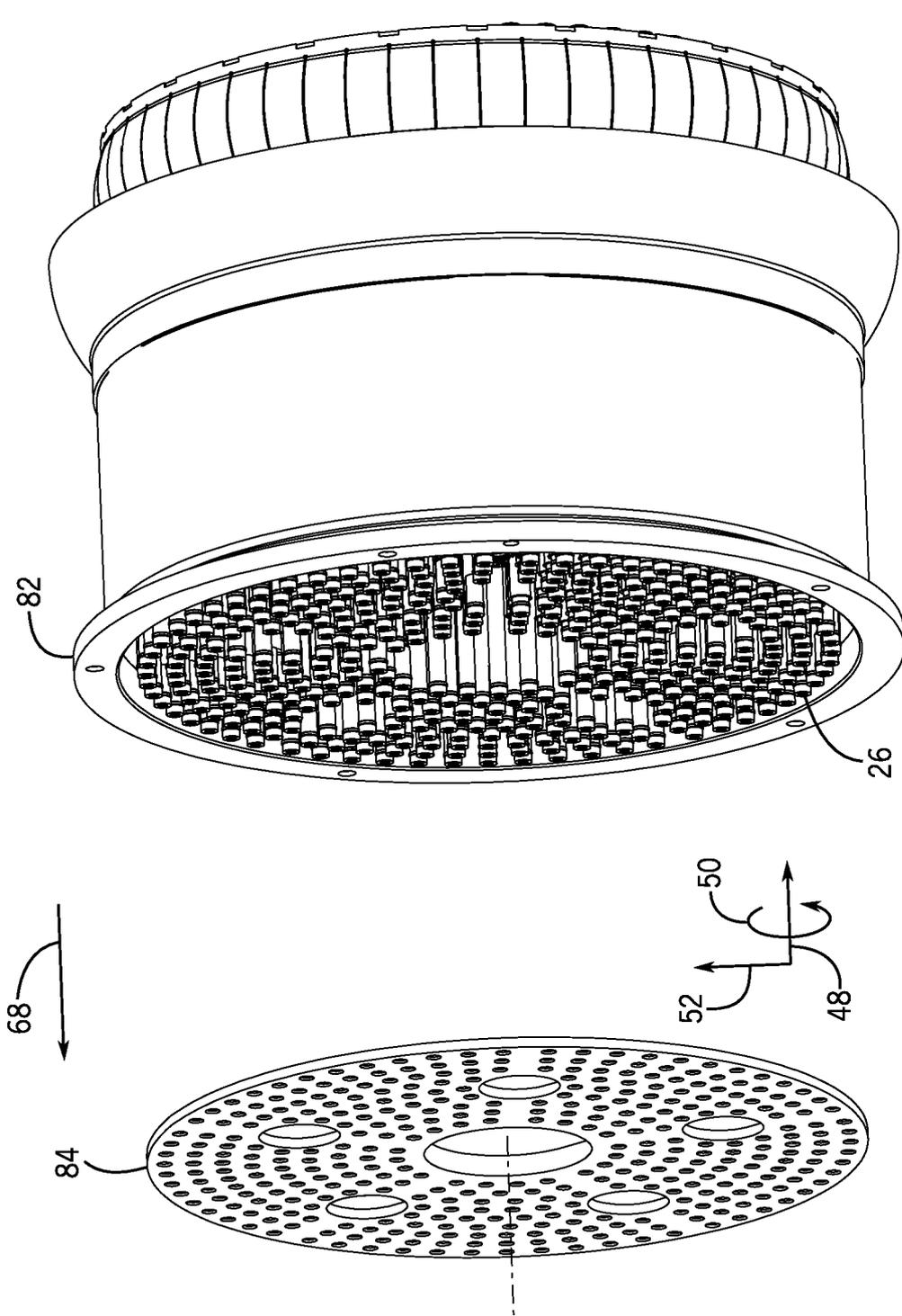


FIG. 15

