



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 707 771 A2

(51) Int. Cl.: F23D 14/64 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

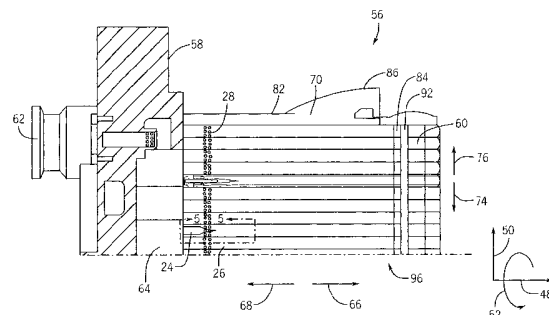
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

|                                |                          |                 |  |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------|--|
| (21) Anmeldenummer:            | 00322/14                 | (71) Anmelder:  | General Electric Company, 1 River Road<br>Schenectady, New York 12345 (US)   |
| (22) Anmeldedatum:             | 05.03.2014               | (72) Erfinder:  | James Harold Westmoreland,<br>Greenville, South Carolina 29615 (US)<br>Ronald James Chila, Schenectady, New York 12345 (US)<br>Gregory Allen Boardman,<br>Greenville, South Carolina 29615 (US)<br>Patrick Benedict Melton,<br>Greenville, South Carolina 29615 (US) |
| (43) Anmeldung veröffentlicht: | 15.09.2014               | (74) Vertreter: | R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14<br>6300 Zug (CH)   |
| (30) Priorität:                | 12.03.2013 US 13/798,027 |                 |  |

(54) System mit Vielrohr-Brennstoffdüse mit mehreren Brennstoffinjektoren.

(57) Ein System weist eine Vielrohr-Brennstoffdüse auf. Die Vielrohr-Brennstoffdüse weist mehrere Brennstoffinjektoren (24) auf. Jeder Brennstoffinjektor (24) ist so gestaltet, dass er sich in ein jeweiliges Vormischrohr (26) von mehreren Vormischrohren hinein erstreckt. Jeder Brennstoffinjektor (24) weist einen Körper (100), einen Brennstoffkanal (116) und mehrere Brennstoffmündungen (25) auf. Der Brennstoffkanal (116) ist im Körper (100) angeordnet und erstreckt sich in einer Längsrichtung innerhalb eines Abschnitts des Körpers (100). Die mehreren Brennstoffmündungen (25) sind entlang des Abschnitts des Körpers (100) angeordnet und mit dem Brennstoffkanal (116) verbunden. Ein Zwischenraum ist zwischen dem Abschnitt des Körpers (100) mit den Brennstoffmündungen (25) und dem jeweiligen Vormischrohr (26) angeordnet.



## Beschreibung

### Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft allgemein Gasturbinen und insbesondere Brennstoffinjektoren in Gasturbinenbrennern.

[0002] Eine Gasturbine verbrennt eine Mischung aus Brennstoff und Luft, um heisse Verbrennungsgase zu erzeugen, die wiederum eine oder mehrere Turbinenstufen antreiben. Genauer erzwingen die heissen Verbrennungsgase eine Rotation von Turbinenblättern, wodurch eine Welle angetrieben wird, die einen oder mehrere Verbraucher, z.B. einen elektrischen Generator, rotieren lässt. Die Gasturbine weist eine Brennstoffdüsenanordnung, z.B. mit mehreren Brennstoffdüsen, auf, um Brennstoff und Luft in einen Brenner einzuspritzen. Das Design und die Konstruktion der Brennstoffdüsenanordnung können die Durchmischung und die Verbrennung von Brennstoff und Luft erheblich beeinflussen, was wiederum Einfluss auf Abgasemissionen (z.B. Stickoxide, Kohlenmonoxid usw.) und die Leistungsausgabe der Gasturbine hat. Ferner können das Design und die Konstruktion der Brennstoffdüsenanordnung den Zeit- und Kostenaufwand sowie die Komplexität der Installation, des Ausbaus, der Wartung und der allgemeinen Pflege erheblich beeinflussen. Daher wäre es anzustreben, das Design und die Konstruktion der Brennstoffdüsenanordnung zu verbessern.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0003] Bestimmte Ausführungsformen, die mit der ursprünglich beanspruchten Erfindung im Einklang stehen, sind nachstehend zusammengefasst. Diese Ausführungsformen sollen den Bereich der beanspruchten Erfindung nicht beschränken; vielmehr sollen diese Ausführungsformen lediglich einen kurzen Überblick über mögliche Formen der Erfindung geben. In der Tat kann die Erfindung eine Reihe von Formen umfassen, die den unten aufgeführten Ausführungsformen ähnlich oder davon verschieden sein können.

[0004] In einer ersten Ausführungsform weist ein System eine Vielrohr-Brennstoffdüse auf. Die Vielrohr-Brennstoffdüse weist mehrere Brennstoffinjektoren auf. Jeder Brennstoffinjektor ist so gestaltet, dass er sich in ein jeweiliges Vormischrohr von mehreren Vormischrohren hinein erstreckt. Jeder Brennstoffinjektor weist einen Körper, einen Brennstoffkanal und mehrere Brennstoffmündungen auf. Der Brennstoffkanal ist in dem Körper angeordnet und erstreckt sich in einer Längsrichtung innerhalb eines Abschnitts des Körpers. Die mehreren Brennstoffmündungen sind entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet und mit dem Brennstoffkanal verbunden. Ein Zwischenraum ist zwischen dem Abschnitt des Körpers mit den Brennstoffmündungen und dem jeweiligen Vormischrohr angeordnet.

[0005] Der Körper kann einen ringförmigen Abschnitt aufweisen, der den Brennstoffkanal definiert.

[0006] Die mehreren Brennstoffmündungen können an dem ringförmigen Abschnitt angeordnet sein.

[0007] Der Körper jedes der oben genannten Systeme kann ein stromaufwärtiges Ende, ein stromabwärtiges Ende und einen sich verjüngenden Abschnitt aufweisen, wobei sich der sich verjüngende Abschnitt in einer Richtung von dem stromaufwärtigen zu dem stromabwärtigen Ende verjüngen kann.

[0008] Der Brennstoffkanal jedes der oben genannten Systeme kann sich in den sich verjüngenden Abschnitt hinein erstrecken.

[0009] Die mehreren Brennstoffmündungen jedes der oben genannten Systeme können an dem sich verjüngenden Abschnitt angeordnet sein.

[0010] Der Brennstoffkanal jedes der oben genannten Systeme kann vor dem sich verjüngenden Abschnitt enden, und die mehreren Brennstoffmündungen können entlang eines ringförmigen Abschnitts zwischen dem stromaufwärtigen Ende und dem sich verjüngenden Abschnitt angeordnet sein.

[0011] Der Körper jedes der oben genannten Systeme kann einen stromaufwärtigen Abschnitt mit einer Aussenfläche aufweisen, die so eingerichtet ist, dass sie an einer Innenfläche des jeweiligen Vormischrohrs anliegt.

[0012] Die mindestens eine Brennstoffmündung von den mehreren Brennstoffmündungen jedes der oben genannten Systeme kann so eingerichtet sein, dass sie Brennstoff radial in das jeweilige Vormischrohr einspritzt.

[0013] Die mindestens eine Brennstoffmündung von den mehreren Brennstoffmündungen jedes der oben genannten Systeme kann so eingerichtet sein, dass sie Brennstoff in einem Winkel in Bezug auf die Längsachse des Brennstoffinjektors einspritzt.

[0014] Der Winkel jedes der oben genannten Systeme kann in Bezug auf die Längsachse axial stromaufwärts oder axial stromabwärts ausgerichtet sein.

[0015] Der Winkel jedes der oben genannten Systeme kann tangential ausgerichtet sein, um den Brennstoff in Umfangsrichtung um die Längsachse des Brennstoffinjektors zu richten.

[0016] Die mehreren Brennstoffmündungen jedes der oben genannten Systeme können eine erste Brennstoffmündung aufweisen, die an einer ersten axialen Position entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet ist, und eine zweite Brennstoffmündung kann an einer zweiten axialen Position entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet sein.

**[0017]** Das System jeder der oben genannten Arten kann eine Brenner-Endabdeckungsanordnung aufweisen, und die mehreren Brennstoffinjektoren können mit der Brenner-Endabdeckungsanordnung verbunden sein.

**[0018]** Das System jeder der oben genannten Arten kann eine Gasturbine oder einen Brenner mit der Vielrohr-Brennstoffdüse aufweisen.

**[0019]** In einer zweiten Ausführungsform weist ein System eine Brenner-Endabdeckungsanordnung und eine Vielrohr-Brennstoffdüse auf. Die Vielrohr-Brennstoffdüse weist mehrere Brennstoffinjektoren auf, die mit der Brenner-Endabdeckungsanordnung verbunden sind. Jeder Brennstoffinjektor ist so eingerichtet, dass er sich in ein jeweiliges Vormischrohr von mehreren Vormischrohren hinein erstreckt. Jeder Brennstoffinjektor weist einen ringförmigen Abschnitt, einen sich verjüngenden Abschnitt, einen Brennstoffkanal und mehrere mit dem Brennstoffkanal verbundene Brennstoffmündungen auf. Der sich verjüngende Abschnitt befindet sich stromabwärts von dem ringförmigen Abschnitt. Der Brennstoffkanal erstreckt sich durch den ringförmigen Abschnitt. Die mehreren Brennstoffmündungen sind in dem ringförmigen Abschnitt, in dem sich verjüngenden Abschnitt oder in einer Kombination davon angeordnet.

**[0020]** Der ringförmige Abschnitt jedes der oben genannten Systeme kann den sich verjüngenden Abschnitt zum Teil überlappen, um einen überlappten Abschnitt zu bilden, und die mehreren Brennstoffmündungen können entlang des überlappten Abschnitts angeordnet sein.

**[0021]** Jeder Brennstoffinjektor von den mehreren Brennstoffinjektoren jedes der oben genannten Systeme kann so eingerichtet sein, dass er einzeln aus der Brenner-Endabdeckungsanordnung entfernt oder dort installiert werden kann.

**[0022]** In einer dritten Ausführungsform beinhaltet ein Verfahren das Entfernen einer Endabdeckungsanordnung und einer Vielrohr-Brennstoffdüse aus einem Brenner, das Entfernen der Endabdeckungsanordnung aus der Vielrohr-Brennstoffdüse und das Entfernen mindestens eines Brennstoffinjektors aus der Endabdeckungsanordnung. Die Vielrohr-Brennstoffdüse weist mehrere Vormischrohre und mehrere Brennstoffinjektoren auf, wobei jeder Brennstoffinjektor von den mehreren Brennstoffinjektoren in einem jeweiligen Vormischrohr angeordnet ist und jeder Brennstoffinjektor mit der Endabdeckungsanordnung verbunden ist.

**[0023]** Der ringförmige Abschnitt kann den sich verjüngenden Abschnitt zum Teil überlappen, um einen überlappten Abschnitt zu bilden, und die mehreren Brennstoffmündungen können entlang des überlappten Abschnitts angeordnet sein.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0024]** Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden besser verständlich werden, wenn die folgende ausführliche Beschreibung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen gelesen wird, wobei gleiche Zeichen Teile bezeichnen, die in allen Zeichnungen gleich sind, und wobei:

- Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines Gasturbinensystems mit einer Mikromischer-Brennstoffdüse innerhalb eines Brenners ist, wobei die Brennstoffdüse mehrere Mikromischer-Brennstoffinjektoren aufweist.
- Fig. 2 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung der Ausführungsform eines Gasturbinensystems von Fig. 1 und zeigt die räumliche Beziehung zwischen Komponenten des Systems;
- Fig. 3 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform eines Abschnitts des Brenners von Fig. 2 entlang einer Linie 3–3, und zeigt eine Mikromischer-Brennstoffdüse, die mit einer Endabdeckungsanordnung des Brenners verbunden ist;
- Fig. 4 ist eine seitliche Teil-Querschnittsansicht des Brenners von Fig. 3 entlang einer Linie 4–4 von Fig. 3 und zeigt Details der Mikromischer-Brennstoffdüse;
- Fig. 5 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform des Mikromischer-Brennstoffinjektors und Mischrohrs der Mikromischer-Brennstoffdüse von Fig. 4 entlang einer Linie 5–5 und zeigt Details einer Ausführungsform der Mikromischer-Brennstoffinjektorspitze, die so gestaltet ist, dass sie in einem Mischrohr mit Luftmündungen angeordnet ist, einschliesslich eines stromaufwärtigen Abschnitts mit einem konstanten Durchmesser, eines stromabwärtigen Abschnitts, der sich verjüngt, und eines Brennstoffkanals, der sich in den stromabwärtigen, sich verjüngenden Abschnitt hinein erstreckt.
- Fig. 6 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform des Mikromischer-Brennstoffinjektors und eines Mischrohrs der Mikromischer-Brennstoffdüse von Fig. 4 entlang der Linie 5–5 und zeigt Details einer Ausführungsform der Mikromischer-Brennstoffinjektorspitze, die für eine Anordnung in einem Mischrohr mit Luftmündungen ausgelegt ist, einschliesslich eines stromaufwärtigen Abschnitts mit einem konstanten Durchmesser, eines mittleren Abschnitts mit einem kleineren Durchmesser, eines stromabwärtigen Abschnitts, der sich verjüngt, und eines Brennstoffkanals, der stromaufwärts von dem sich verjüngenden, stromabwärtigen Abschnitt endet.

- Fig. 7 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform des Mikromischer-Brennstoffinjektors und Mischrohrs der Mikromischer-Brennstoffdüse von Fig. 4 entlang der Linie 5–5 und zeigt Details einer Ausführungsform der Mikromischer-Brennstoffinjektorspitze, die für eine Anordnung in einem Mischrohr mit einer Luftenlassregion ausgelegt ist, einschliesslich eines verkürzten stromaufwärtigen Abschnitts mit einem konstanten Durchmesser, eines mittleren Abschnitts mit einem kleineren Durchmesser, eines stromabwärtigen Abschnitts, der sich verjüngt, und eines Brennstoffkanals, der stromaufwärts von dem sich verjüngenden, stromabwärtigen Abschnitt endet.
- Fig. 8 ist eine Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform einer Mikromischer-Brennstoffinjektorspitze von Fig. 5 und zeigt Details der Brennstoffmündungen, einschliesslich verschiedener axialer Positionen und Konfigurationen, um Brennstoff in Richtungen mit einer axialen Komponente zu richten;
- Fig. 9 ist eine Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform der Mikromischer-Brennstoffinjektorspitze entlang einer Linie 9–9 von Fig. 5 und zeigt Details der Brennstoffmündungen, die Brennstoff in eine Richtung mit einer tangentialen Komponente richten; und
- Fig. 10–12 zeigen eine Reihe von Ansichten einer Ausführungsform der Mikromischer-Brennstoffdüse, die mit einer Brenner-Endabdeckungsanordnung verbunden ist, und zeigen ein Verfahren zum Entfernen von Brennstoffinjektoren.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0025]** Eine oder mehrere spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachstehend beschrieben. In dem Bemühen, eine konzise Beschreibung dieser Ausführungsformen zu liefern, sind möglicherweise nicht alle Merkmale einer tatsächlichen Implementierung in der Beschreibung aufgeführt. Man beachte, dass bei der Entwicklung einer solchen tatsächlichen Implementierung, beispielsweise in einem Konstruktions- oder Designprojekt, zahlreiche implementierungsspezifische Entscheidungen getroffen werden müssen, um die jeweiligen Ziele des Entwicklers zu erreichen, beispielsweise die Einhaltung systembedingter und unternehmensbedingter Zwänge, die bei jeder Implementierung anders sein können. Darüber hinaus ist zu beachten, dass ein solches Entwicklungsunternehmen komplex und zeitaufwändig sein kann, aber für einen Durchschnittsfachmann, der sich auf diese Offenbarung stützen kann, trotzdem eine routinemässige Design-, Fabrikations- und Herstellungsaufgabe sein würde.

**[0026]** Wenn Elemente von verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung das erste Mal genannt werden, sollen die Artikel «ein, eine», «der, die, das» und «dieser, diese, dieses» bedeuten, dass eines oder mehrere von den Elementen vorhanden sind. Die Begriffe «umfassen», «beinhalten» und «aufweisen» sollen inklusiv sein und bedeuten, dass weitere Elemente ausser den aufgeführten Elementen vorhanden sein können.

**[0027]** Die vorliegende Erfindung ist auf Systeme zur Mikro-mischung von Luft und Brennstoff innerhalb von Brennstoffdüsen (z.B. Vielrohr-Brennstoffdüsen) von Gasturbinen gerichtet. Wie nachstehend ausführlich beschrieben wird, weist die Vielrohr-Brennstoffdüse mehrere Mischrohre (z.B. 10 bis 1000) auf, die in einer allgemein parallelen Anordnung oder einem Rohrbündel voneinander beabstandet sind, wobei jedes Mischrohr einen Brennstoffeinlass, einen Luftenlass und einen Brennstoff-Luft-Auslass aufweist. Die Mischrohre können auch als Luft-Brennstoff-Mischrohre, Vormischrohre oder Mikromischrohre beschrieben werden, da in jedem Rohr seiner Länge nach Brennstoff und Luft in einem relativ kleinen Umfang vermischt werden. Zum Beispiel kann jedes Mischrohr einen Durchmesser von etwa 0,5 bis 2, 0,75 bis 1,75 oder 1 bis 1,5 Zentimetern aufweisen. Der Brennstoffeinlass kann an einer stromaufwärtigen axialen Öffnung angeordnet sein, der Brennstoff-Luft-Auslass kann an einer stromabwärtigen axialen Öffnung angeordnet sein und der Luftenlass (z.B. 1 bis 100 Luftenlässe) kann entlang einer Seitenwand des Mischrohrs angeordnet sein. Ferner kann jedes Mischrohr einen Brennstoffinjektor aufweisen, der an einer stromaufwärtigen axialen Öffnung des Mischrohrs mit dem Brennstoffeinlass verbunden ist und/oder sich axial in diesen hinein erstreckt. Der Brennstoffinjektor, der als Brennstoffinjektor der Vielrohr-Brennstoffdüse auf Rohrebene beschrieben werden kann, kann so gestaltet sein, dass er Brennstoff in verschiedenen Richtungen in das Mischrohr lenkt, beispielsweise in einer oder mehreren axialen Richtungen, Umfangsrichtungen oder irgendeiner Kombination davon.

**[0028]** In bestimmten Ausführungsformen weist jeder Brennstoffinjektor, wie nachstehend beschrieben, einen Brennstoffkanal und mehrere Brennstoffmündungen auf. Der Brennstoffkanal ist im Körper angeordnet und erstreckt sich in einer Längsrichtung innerhalb eines Abschnitts des Körpers. Die mehreren Brennstoffmündungen sind entlang eines Abschnitts des Körpers angeordnet, und die Brennstoffmündungen sind mit dem Brennstoffkanal verbunden. Der Abschnitt des Körpers mit den Brennstoffmündungen ist so gestaltet, dass er räumlich und thermisch von dem jeweiligen Vormischrohr entkoppelt ist. Das heisst, da die Komponenten räumlich nicht verbunden sind, ist eine Wärmeübertragung zwischen dem Brennstoffinjektor und dem Vormischrohr minimiert. Der Körper des Rohres kann einen ringförmigen Abschnitt aufweisen, der den Brennstoffkanal definiert. Die mehreren Brennstoffmündungen können am ringförmigen Abschnitt angeordnet sein. In manchen Ausführungsformen kann der Körper ein stromaufwärtiges Ende, ein stromabwärtiges Ende und einen sich verjüngenden Abschnitt aufweisen. Der sich verjüngende Abschnitt verjüngt sich in einer Richtung vom stromaufwärtigen Ende zum stromabwärtigen Ende. Der Brennstoffkanal erstreckt sich in den sich verjüngenden Abschnitt. Mehrere

Brennstoffmündungen können am sich verjüngenden Abschnitt angeordnet sein. In anderen Ausführungsformen weist der Körper ein stromaufwärtiges Ende, ein stromabwärtiges Ende, einen ringförmigen Abschnitt, der den Brennstoffkanal definiert, und einen sich verjüngenden Abschnitt auf, der sich in einer Richtung vom stromaufwärtigen Ende zum stromabwärtigen Ende verjüngt. Der Brennstoffkanal dieser Ausführungsformen kann vor dem sich verjüngenden Abschnitt enden, und die mehreren Brennstoffmündungen sind entlang des ringförmigen Abschnitts angeordnet. Der ringförmige Abschnitt kann den sich verjüngenden Abschnitt zum Teil überlappen, um einen überlappten Abschnitt zu bilden, und die mehreren Brennstoffmündungen können an dem überlappten Abschnitt angeordnet sein. Der Körper kann einen stromaufwärtigen Abschnitt mit einer Aussenfläche aufweisen, die so gestaltet ist, dass sie an einer Innenfläche des jeweiligen Vormischrohrs anliegt. In manchen Ausführungsformen ist mindestens eine Brennstoffmündung von den mehreren Brennstoffmündungen so gestaltet, dass sie Brennstoff radial in das jeweilige Vormischrohr einspritzt. Ferner ist in manchen Ausführungsformen mindestens eine Brennstoffmündung von den mehreren Brennstoffmündungen so gestaltet, dass sie Brennstoff in einer Richtung einspritzt, die eine axiale, radiale und tangentielle Komponente aufweist. Die mehreren Brennstoffmündungen jedes der oben genannten Systeme können eine erste Brennstoffmündung, die an einer ersten axialen Position entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet ist, und eine zweite Brennstoffmündung aufweisen, die an einer zweiten axialen Position entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet ist.

**[0029]** Wie nachstehend erörtert wird, ist jede Brennstoffdüse von ihrem jeweiligen Mischrohr abnehmbar und kann mit einer gemeinsamen Montagestruktur verbunden sein, um eine gleichzeitige Installation und Entfernung mehrerer Brennstoffdüsen von den mehreren Mischrohren zu ermöglichen. Zum Beispiel kann die gemeinsame Montagestruktur eine Brenner-Endabdeckungsanordnung, eine Platte, ein Verteiler oder ein anderes strukturelles Element beinhalten, das alle oder einige von den mehreren Brennstoffdüsen trägt. Somit kann während der Installation die Struktur (z.B. die Endabdeckungsanordnung) mit den mehreren Brennstoffdüsen axial in Richtung auf die Vielrohr-Brennstoffdüse bewegt werden, so dass sämtliche Brennstoffdüsen gleichzeitig in die jeweiligen Mischrohre eingeführt werden. Somit kann während Ausbau-, Wartungs- oder Instandhaltungsvorgänge die Struktur (z.B. die Endabdeckungsanordnung) mit den mehreren Brennstoffdüsen axial weg von der Vielrohr-Brennstoffdüse bewegt werden, so dass sämtliche Brennstoffdüsen gleichzeitig aus den jeweiligen Mischrohren herausgenommen werden. Ausführungsformen der Brennstoffdüsen werden nachstehend ausführlicher mit Bezug auf die Zeichnungen erörtert.

**[0030]** Nun soll auf die Zeichnungen Bezug genommen werden, wobei Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines Gasturbinensystems 10 mit einer Mikromischer-Brennstoffdüse 12 darstellt. Das Gasturbinensystem 10 weist eine oder mehrere Brennstoffdüsen 12 (z.B. Vielrohr-Brennstoffdüsen), eine Brennstoffquelle 14 und einen Brenner 16 auf. Die Brennstoffdüse 12 empfängt verdichtete Luft 18 von einem Luftkompressor 20 und Brennstoff 22 von der Brennstoffquelle 14. Obwohl die vorliegenden Ausführungsformen im Kontext von Luft als Oxidationsmittel erörtert werden, kann die vorliegende Ausführungsform Luft, Sauerstoff, mit Sauerstoff angereicherte Luft, Sauerstoffabgereicherte Luft, Sauerstoffmischungen oder irgendeine Kombination davon verwenden. Wie nachstehend ausführlicher erörtert wird, weist die Brennstoffdüse 12 mehrere (z.B. 10 bis 1000) Brennstoffinjektoren 24 und zugehörige Mischrohre 26 (z.B. 10 bis 1000) auf, wobei jedes Mischrohr 26 einen Luftstromkonditionierer 28 aufweist, um einen Luftstrom in das jeweilige Rohr 26 zu lenken und zu konditionieren, und jedes Mischrohr 26 einen jeweiligen Brennstoffinjektor 24 (z.B. in einer koaxialen oder konzentrischen Anordnung im Rohr 26 angeordnet) mit Brennstoffmündungen 25 aufweist, um Brennstoff in das jeweilige Rohr 26 einzuspritzen. Jedes Mischrohr 26 vermischt entlang seiner Länge die Luft und den Brennstoff und gibt dann eine Luft-Brennstoff-Mischung 30 in den Brenner 16 aus. In bestimmten 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 Zentimetern und allen Teilbereichen dazwischen aufweisen können. Die Brennstoffinjektoren 24 und die entsprechenden 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 Brennstoffinjektoren 24 angeordnet sein, im Allgemeinen in einer gegenseitig parallelen Anordnung. Bei dieser Gestaltung ist jedes Mischrohr 26 so gestaltet, dass es Brennstoff aus einem Brennstoffinjektor 24 empfängt und Brennstoff und Luft in einem relativ geringen Umfang innerhalb jedes Mischrohrs 26 mischt (z.B. mikromischt), das dann die Brennstoff-Luft-Mischung 30 in die Brennkammer ausgibt. Merkmale der offenbarten Ausführungsformen des Brennstoffinjektors 24 ermöglichen eine effiziente Verteilung des Brennstoffs im Mischrohr 26. Zusätzlich dazu sind die offenbarten Ausführungsformen der Brennstoffinjektoren 24 thermisch und räumlich von den Vormischrohren 26 entkoppelt, so dass die Brennstoffinjektoren 24 für eine vereinfachte Überprüfung, Ersetzung oder Reparatur leicht entfernt werden können.

**[0031]** Der Brenner 16 entzündet die Brennstoff-Luft-Mischung 30, wodurch unter Druck stehende Abgase 32 entstehen, die in eine Turbine 34 strömen. Die unter Druck stehenden Abgase 32 strömen gegen und zwischen Laufschaufelblätter in der Turbine 34, wodurch die Turbine 34 angetrieben wird, um eine Welle 36 rotieren zu lassen. Schliesslich verlässt das Abgas 32 das Turbinensystem 10 über einen Abgasauslass 38. Blätter innerhalb des Kompressors 20 sind zusätzlich mit der Welle 36 verbunden und rotieren, während die Welle 36 von der Turbine 34 drehend angetrieben wird. Die Rotation der Blätter innerhalb des Kompressors 20 verdichtet Luft 18, die von einem Lufterlass 42 in den Kompressor 20 gesaugt worden ist. Die resultierende verdichtete Luft 18 wird dann in eine oder mehrere Vielrohr-Brennstoffdüsen 12 in den einzelnen Brennern 16 gesaugt, wie oben beschrieben, wo sie mit Brennstoff 22 vermischt und entzündet wird, wodurch ein im Wesentlichen selbsterhaltender Prozess erzeugt wird. Ferner kann die Welle 36 mit einem Verbraucher 44 verbunden sein. Man beachte, dass der Verbraucher 44 jede geeignete Vorrichtung sein kann, die Leistung über das Drehmoment des Turbinensystems 10 erzeugen kann, beispielsweise ein Kraftwerk oder eine externe mechanische Last. Die Implementierung der Brennstoffinjektoren 24 wird nachstehend ausführlicher erörtert.

**[0032]** Fig. 2 zeigt eine seitliche Querschnittsansicht der Ausführungsform eines Gasturbinensystems 10 von Fig. 1 und zeigt die räumliche Beziehung zwischen Komponenten des Systems 10. Wie dargestellt, weist die Ausführungsform den Kompressor 20 auf, der mit einer ringförmigen Anordnung von Brennern 16 verbunden ist. Jeder Brenner 16 weist mindestens eine Brennstoffdüse 12 auf (z.B. eine Vielrohr-Brennstoffdüse). Jede Brennstoffdüse 12 weist mehrere Brennstoffinjektoren 24 auf, die Brennstoff in mehrere Mischrohre 26 verteilen, wo der Brennstoff mit unter Druck stehender Luft 18 vermischt wird. Die Brennstoffinjektoren 24 tragen dazu bei, die Vermischung von Brennstoff und Luft in den Mischrohren 26 zu verbessern, indem sie den Brennstoff in verschiedenen Richtungen einspritzen, beispielsweise in einer oder mehreren axialen Richtungen, radialen Richtungen, Umfangsrichtungen oder einer Kombination davon. Die Mischrohre 26 speisen die Brennstoff-Luft-Mischung 30 in eine Brennkammer 46, die in jedem Brenner 16 angeordnet ist. Die Verbrennung der Brennstoff-Luft-Mischung 30 in den Brennern 16 bewirkt, wie oben beschrieben, dass sich Blätter der Turbine 34 drehen, wenn Abgase 32 (z.B. Verbrennungsgase) zu einem Auslass 38 strömen. In der gesamten Erörterung wird auf einen Satz von 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 erstreckt sich die axiale Richtung 48 entlang einer Länge oder Längsachse 54 der Brennstoffdüse 12, erstreckt sich die radiale Richtung 50 weg von der Längsachse 54 und erstreckt sich die Umfangsrichtung 52 um die Längsachse 54 herum. Ausserdem kann auf eine tangentielle Richtung 55 Bezug genommen werden.

**[0033]** Fig. 3 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform eines Abschnitts des Brenners 16 von Fig. 2 entlang der Linie 3–3. Wie dargestellt, weist der Brenner 16 ein Kopfende 56 und die Brennkammer 46 auf. Die Brennstoffdüse 12 ist im Kopfende 56 des Brenners 16 angeordnet. In der Brennstoffdüse 12 sind die mehreren Mischrohre 26 aufgehängt (z.B. Luft-Brennstoff-Vormischrohre). Die Mischrohre 26 erstrecken sich im Allgemeinen axial 48 zwischen einer Endabdeckungsanordnung 58 des Brenners 16 und einer Kappenflächenanordnung 60 der Brennstoffdüse 12. Die Mischrohre 26 können so gestaltet sein, dass sie in der Brennstoffdüse 12 zwischen der Endabdeckungsanordnung 58 und der Kappenflächenanordnung 60 in einer schwebenden Konfiguration installiert sind. Zum Beispiel kann das Mischrohr 26 in manchen Ausführungsformen in einer schwebenden Konfiguration von einer oder mehreren axialen Federn und/oder radialen Federn gestützt werden, um eine axiale und radiale Bewegung zu absorbieren, die durch eine temperaturbedingte Ausdehnung der Rohre 24 während des Betriebs der Brennstoffdüse 12 bewirkt wird. Die Endabdeckungsanordnung 58 kann einen Brennstoffeinlass 62 und ein Brennstoffplenum 64 aufweisen, um Brennstoff 22 zu den mehreren Brennstoffinjektoren 24 zu liefern. Wie oben erörtert, ist jeder einzelne Brennstoffinjektor 24 herausnehmbar in einem jeweiligen Mischrohr 26 angeordnet. In bestimmten Ausführungsformen sind der Brennstoffinjektor 24 und das Mischrohr 26 separate Komponenten, die räumlich getrennt und thermisch entkoppelt sind, was dazu beiträgt, einer Wärmeübertragung in den Brennstoffinjektor 24 zu widerstehen. Während des Verbrennungsprozesses bewegt sich Brennstoff 22 von der Endabdeckungsanordnung 58 (über die Brennstoffinjektoren 24) durch die Kappenflächenanordnung 60 und zur Brennkammer 46 axial durch die einzelnen Mischrohre 26. Die Richtung dieser Bewegung entlang der Längsachse 54 der Brennstoffdüse 12 wird als Abwärtsrichtung 66 bezeichnet. Die entgegengesetzte Richtung wird als Aufwärtsrichtung 68 bezeichnet.

**[0034]** Wie oben beschrieben, verdichtet der Kompressor 20 Luft 40, die er von der Luftansaugung 42 empfängt. Der resultierende Strom aus verdichteter Druckluft 18 wird den Brennstoffdüsen 12 zugeführt, die im Kopfende 56 des Brenners 16 angeordnet sind. Die Luft tritt durch Lufteinlässe 70 (z.B. radiale Lufteinlässe) in die Brennstoffdüsen 12 ein, um im Verbrennungsprozess genutzt zu werden. Genauer strömt die unter Druck stehende Luft 18 vom Kompressor 20 in Aufwärtsrichtung 68 durch einen Ringraum 72, der zwischen einem Einsatz 74 (z.B. einem ringförmigen Flammrohr) und einer Durchflusshülse 76 (z.B. einer ringförmigen Durchflusshülse) des Brenners 16 angeordnet ist. Wo der Ringraum 72 endet, wird die verdichtete Luft 18 in die Lufteinlässe 70 der Brennstoffdüse 12 getrieben und füllt ein Luftplenum 78 in der Brennstoffdüse 12. Die unter Druck stehende Luft 18 im Luftplenum 78 tritt dann durch den Luftkonditionierer 28 (z.B. mehrere Luftmündungen oder eine Lufteinlassregion) in die mehreren Mischrohre 26 ein. Innerhalb der Mischrohre 26 wird die Luft 18 dann mit dem Brennstoff 22 vermischt, der von den Brennstoffinjektoren 24 zugeführt wird. Die Brennstoff-Luft-Mischung 30 strömt in Abwärtsrichtung 66 von den Mischrohren 26 in die Brennkammer 46, wo sie entzündet und verbrannt wird, um die Verbrennungsgase 32 (z.B. Abgase) zu bilden. Die Verbrennungsgase 32 strömen aus der Brennkammer 46 in Abwärtsrichtung 66 zu einem Übergangsstück 80. Die Verbrennungsgase 32 strömen dann vom Übergangsstück 80 zur Turbine 34, wo die Verbrennungsgase 32 die Drehung der Blätter innerhalb der Turbine 34 antreiben.

**[0035]** Fig. 4 ist eine seitliche Teil-Querschnittsansicht des Brenners 16 entlang der Linie 4–4 von Fig. 3. Das Kopfende 56 des Brenners 16 enthält einen Abschnitt der Vielrohr-Brennstoffdüse 12. Eine Stützstruktur 82 umgibt die Vielrohr-Brennstoffdüse 12 und die mehreren Mischrohre 26 und definiert ein Luftplenum 78. Wie oben erörtert, kann sich in manchen Ausführungsformen jedes einzelne Mischrohr 26 axial zwischen der Endabdeckungsanordnung 58 und der Kappenflächenanordnung 60 erstrecken. Die Mischrohre 26 können sich ferner durch die Kappenflächenanordnung 60 hindurch erstrecken, um die Brennstoff-Luft-Mischung 30 direkt zur Brennkammer 46 zu liefern. Jedes Mischrohr 26 ist so angeordnet, dass es einen Brennstoffinjektor 24 umgibt (z.B. in koaxialer oder konzentrischer Anordnung), so dass der Injektor 24 Brennstoff 22 vom Brennstoffplenum 64 empfängt und den Brennstoff in das Rohr 26 lenkt. Jedes Mischrohr 26 weist einen Luftstromkonditionierer 28 auf, der Luft konditioniert, wenn diese in das Rohr 26 eintritt. Merkmale des Brennstoffinjektors 24, die nachstehend offenbart werden, machen es möglich, dass der Injektor 24 Brennstoff effizient in der unter Druck stehenden Luft 18 in den Rohren 26 verteilt. Dem Brennstoffplenum 64 wird Brennstoff 22 zugeführt, der in den Brennstoffeinlass 62 eintritt, der an der Endabdeckungsanordnung 58 angeordnet ist. In manchen Ausführungsformen

können eine Rückhalteplatte 84 und/oder eine Prallplatte 92 innerhalb der Brennstoffdüse 12 angeordnet sein und das stromabwärtige Ende 96 der Mischrohre 26 allgemein nahe an der Kappenflächenanordnung 60 umgeben. Die Prallplatte 92 kann mehrere Prallkühlungslöcher aufweisen, die Luftstrahlen so lenken können, dass diese auf eine rückseitige Fläche der Kappenflächenanordnung 60 prallen, um für eine Prallkühlung zu sorgen.

**[0036]** Fig. 5 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform des Mikromischer-Brennstoffinjektors 24 (z.B. einer Brennstoffinjektorspitze 93) und des Mischrohrs 26 der Mikromischer-Brennstoffdüse 12 von Fig. 4 entlang der Linie 5–5. Dargestellt sind Details des Mikromischer-Brennstoffinjektors 24, der sich axial in das Mischrohr 26 der Mikromischer-Brennstoffdüse 12 erstreckt. Der Brennstoffinjektor 24 weist einen Hauptkörper 100 mit einem stromaufwärtigen Abschnitt 102 und einem stromabwärtigen Abschnitt 104 auf. In bestimmten Ausführungsformen bleibt ein Durchmesser 106 einer Aussenfläche 109 des stromaufwärtigen Abschnitts 102 in der axialen Richtung 48 konstant. Der Durchmesser 108 der Aussenfläche 109 des stromabwärtigen Abschnitts 104 des Brennstoffinjektors 24 nimmt in der axialen Abwärtsrichtung 66 ab, so dass sich der Brennstoffinjektor 24 allmählich bis zu einem Punkt 110 verjüngt, um die Spitze 93 zu definieren (z.B. einen konvergierenden ringförmigen Abschnitt oder konischen Abschnitt). Der stromaufwärtige Abschnitt 102 des Brennstoffinjektors 24 grenzt direkt an eine Innenfläche 112 des Mischrohrs 26 an. Der stromabwärtige Abschnitt 104 nimmt im Mischrohr 26 im Durchmesser ab, um einen Raum (z.B. eine Mischregion) zwischen dem Brennstoffinjektor 24 und dem Mischrohr 26 zu bilden, wo sich der Brennstoff 22 und die Luft 18 im Rohr 26 treffen und mischen. Die Nähe des Mischrohrs 26 zur Brennkammer 46 führt zu einer Wärmeübertragung in das Rohr 26 hinein. Der Brennstoffinjektor 24 und das Mischrohr 26 sind räumlich und thermisch entkoppelt, so dass die Wärmeübertragung in den Brennstoffinjektor 24 minimiert sein kann. Wie dargestellt, ist ein stromaufwärtiges Ende 114 des Brennstoffinjektors 24 mit einer Endabdeckungsanordnung 58 verbunden. Der Brennstoffinjektor 24 kann über mehrere Verbindungen, wie eine Löt-fuge, eine Schweiß-fuge, einen Bolzen oder eine Schraubverbindung, eine Keilverbindung, eine Pressverbindung oder irgendeine Kombination davon mit der Endabdeckungsanordnung 58 verbunden sein. Wie nachstehend ausführlicher erörtert wird, ermöglichen die offenbarten Ausführungsformen einen Zugriff auf den Brennstoffinjektor 24 für eine Inspektion und/oder Entnahme aus der Endabdeckungsanordnung 58 und für einen einfachen Wiedereinbau. Der Brennstoffinjektor 24 weist einen ringförmigen Abschnitt 115 auf, der einen Brennstoffkanal 116 definiert. Der ringförmige Abschnitt 115 erstreckt sich durch den stromaufwärtigen Abschnitt 102 und überlappend in den sich verjüngenden stromabwärtigen Abschnitt 104 der Spitze 24 in einem überlappten Abschnitt 117. Wenn der Brennstoffinjektor 24 an der Endabdeckungsanordnung 58 installiert ist, ist der Brennstoffkanal 116, wie dargestellt, mit dem Brennstoffplenum 64 der Brennstoffdüse 12 verbunden, die in der Endabdeckungsanordnung 58 angeordnet ist. Diese Verbindung macht es möglich, dass der Brennstoffinjektor 24 Brennstoff 22 vom Brennstoffplenum 64 der Endabdeckungsanordnung 58 empfängt. In bestimmten Ausführungsformen weist der Brennstoffkanal 116, der den Brennstoff empfängt, einen Durchmesser 118 auf, der innerhalb des stromaufwärtigen Abschnitts 102 des Brennstoffinjektors 24 konstant ist und am sich verjüngenden stromabwärtigen Abschnitt 104 des Brennstoffinjektors 24 allmählich abnimmt.

**[0037]** Am stromabwärtigen Abschnitt 104 des Brennstoffinjektors 24 sind mehrere Brennstoffmündungen 25 angeordnet, die sich durch den ringförmigen Abschnitt 115 des Brennstoffinjektors 24 erstrecken und ermöglichen, dass Brennstoff in einer Auswärtsrichtung (z.B. einer Richtung mit radialen, Um-fangs- und/oder axialen Komponenten) vom Brennstoffinjektor 24 in das Mischrohr 26 strömt. Es können 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder eine beliebige andere Anzahl von Brennstoffmündungen 25 am Brennstoffinjektor 24 vorhanden sein. Die Brennstoffmündungen 25 können um den Umfang des Brennstoffinjektor 24 herum an der gleichen axialen 48 Stelle entlang des Körpers 100 des Brennstoffinjektors oder an verschiedenen axialen 48 Stellen entlang des Körpers 100 angeordnet sein. Zum Beispiel kann ein Brennstoffinjektor 24 eine oder mehrere Brennstoffmündungen 25 aufweisen, die an 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehr axialen Stellen angeordnet sind, die axial zueinander versetzt sind. Stromaufwärts 68 von den Brennstoffmündungen 25 an der Spitze 24 und angeordnet am Mischrohr 26 befindet sich der Luftstromkonditionierer 28. In der vorliegenden Ausführungsform weist der Luftstromkonditionierer 28 mehrere Luftmündungen 120 auf, die verdichtete Luft 18 vom Brennstoffplenum 64 der Brennstoffdüse in das Mischrohr 26 lenken. Wie oben erörtert, ermöglichen die Luftmündungen 120 den Eintritt von Luft aus dem Luftplenum der Brennstoffdüse 78 in die Mischrohre 26. Die sich verjüngende Form des stromabwärtigen Abschnitts 104 des Brennstoffinjektors 24 kann eine aerodynamische Form sein, die Wirbelkörperströme im Vormischrohr 26 eliminiert oder minimiert. Die Möglichkeit eines Flammenhaltens ist durch die aerodynamische Form des Brennstoffinjektors 24 ebenfalls minimiert. Die allmähliche Verjüngung der Injektorspitze 93 ermöglicht eine allmähliche Ausbreitung der Brennstoff-Luft-Mischung 30 und erzeugt eine im Wesentlichen gleichmässige Brennstoff-Luft-Mischung 30. In der vorliegenden Ausführungsform lenken die Brennstoffmündungen 25 Brennstoff in einer im Wesentlichen radialen Richtung 50 (z.B. in einer Richtung mit einem zusammengesetzten Winkel in Bezug auf eine Längsachse 122 des Brennstoffinjektors 24). In anderen Ausführungsformen können die Brennstoffmündungen 25, wie nachstehend erörtert, so gestaltet sein, dass sie Brennstoff in verschiedenen Richtungen lenken (z.B. Richtungen mit axialen und/oder tangentialen Komponenten 48 bzw. 55). Die tangentiale Richtung 55 der Brennstoffmündungen 25 ist so gestaltet, dass sie den Brennstoff in Umfangsrichtung 52 um die Achse 122 lenkt, um eine Drallströmung zu erzeugen. Ausserdem können die Brennstoffmündungen 25 in anderen Ausführungsformen im Verhältnis zu der Stelle, wo sich die Luftmündungen 120 befinden, weiter stromaufwärts angeordnet sein.

**[0038]** Fig. 6 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung einer zusätzlichen Ausführungsform des Mikromischer-Brennstoffinjektors 24, 130 und des Mischrohrs 26 der Mikromischer-Brennstoffdüse 12 von Fig. 4 entlang der Linie 5–5 und zeigt Details des Mikromischer-Brennstoffinjektors 130. Ähnlich wie in der vorangehenden Ausführungsform weist der Brenn-

stoffinjektor 130 einen stromaufwärtigen Abschnitt 132 auf, der einen Durchmesser 134 zwischen einer Aussenfläche 135 aufweist, der ungefähr gleich gross oder nur etwas kleiner ist als der des Innendurchmessers 136 des Mischrohrs 26. Der Brennstoffinjektor 130 weist ausserdem einen mittleren axialen Abschnitt 138 auf mit einem Durchmesser 140 zwischen der Aussenfläche 135, der deutlich kleiner ist als der Durchmesser 134 zwischen der Aussenfläche 135 des stromaufwärtigen Abschnitts 132. Stromabwärts 66 vom mittleren Abschnitt 138 weist ein stromabwärtiger Abschnitt 142 des Brennstoffinjektors 130 einen Durchmesser 144 zwischen der Aussenfläche 135 auf, der allmählich abnimmt, so dass der Brennstoffinjektor 130 sich bis zu einem Punkt 146 allmählich verjüngt, um die Spitze 93, 147 zu bilden. Die sich verjüngende Form des stromabwärtigen Abschnitts 142 des Brennstoffinjektors 130 ist eine aerodynamische Form, die Wirbelkörperströme und Flammenhaltung im Vormischrohr 26 eliminiert oder minimiert.

**[0039]** Ein Brennstoffkanal 148 erstreckt sich von einem stromaufwärtigen Ende 150 des Brennstoffinjektors 130 und durch den mittleren Abschnitt 138 des Brennstoffinjektors 130. Ein stromaufwärtiger Abschnitt 152 des Brennstoffkanals 148, der innerhalb der Endabdeckungsanordnung 58 angeordnet ist, empfängt Brennstoff von dem Brennstoffplenum 64 und weist einen Durchmesser 156 auf, der grösser ist als ein Durchmesser 158 eines stromabwärtigen Abschnitts 154 des Brennstoffkanals 148. Entlang des mittleren Abschnitts 138 des Brennstoffinjektors 130 ist der Durchmesser 158 des Brennstoffkanals 148 im Verhältnis zum Durchmesser 152 des stromaufwärtigen Abschnitts 152 kleiner und ist entlang der axialen Richtung 48 konstant. Ein mittlerer Abschnitt 160 des Brennstoffkanals 148 ist abgestuft und verjüngt sich (z.B. konisch), um einen abgestuften Übergang zwischen dem stromaufwärtigen Abschnitt 152 und dem stromabwärtigen Abschnitt 154 des Brennstoffkanals 148 zu erzeugen. Diese Gestaltung des Brennstoffkanals 148 kann dem Brennstoff 22 einen im Wesentlichen sanften Übergang vom Brennstoffplenum 64 durch den stromaufwärtigen Abschnitt 152 des Brennstoffkanals 148 und in den stromabwärtigen Abschnitt 154 des Brennstoffkanals 148 ermöglichen. Diese allmähliche Verengung (z.B. konisch) des Brennstoffkanals 148 kann Störungen wie Söge und Turbulenzen bei der Bewegung des Brennstoffs 22 aus der Brennstoffquelle 14 in den Brennstoffinjektor 130 minimieren. In der vorliegenden Ausführungsform endet der Brennstoffkanal 148 stromaufwärts 68 vom sich verjüngenden stromabwärtigen Abschnitt 142 des Brennstoffinjektors 130. Demgemäss erstrecken sich die Brennstoffkanäle 25 durch den Körper des Brennstoffinjektors 130 und sind mit dem Brennstoffkanal 148 gekoppelt. Die Brennstoffkanäle 25 sind in axialer Richtung 48 an einer Position stromabwärts 66 von den Luftmündungen 120 des Mischrohrs 26 und am mittleren Abschnitt 138 des Brennstoffinjektors 130 angeordnet. Somit treten die Luft 18 und der Brennstoff 22 an Stellen ein, die axial dem mittleren Abschnitt 138 der Brennstoffinjektorspitze 130 entsprechen, wo der Durchmesser 140 konstant ist. Der Brennstoffinjektor 130 verjüngt sich stromabwärts 66 vom mittleren Abschnitt 138 des Brennstoffinjektors 130, von den Luftmündungen 120 des Mischrohrs 26 und von den Brennstoffmündungen 25 des Brennstoffinjektors 130, wodurch eine allmähliche Ausbreitung und Vermischung des Brennstoffs 22 und der Luft 18 auf ihrem Weg stromabwärts 66 ermöglicht wird.

**[0040]** Fig. 7 ist eine seitliche Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform eines Mikromischer-Brennstoffinjektors 24, 170 und eines Mischrohrs 26, 172 der Mikromischer-Brennstoffdüse 12 von Fig. 4 entlang der Linie 5–5 und zeigt Einzelheiten des Mikromischer-Brennstoffinjektors 170, der für eine Anordnung in einem Mischrohr 26, 172 mit einer Lufteinlassregion 174 ausgelegt ist. Dargestellt ist eine Ausführungsform des Mischrohrs 172 mit einem Luftstromkonditionierer 28, der eine Lufteinlassregion 174 stromaufwärts 68 vom Mischrohr 172 aufweist. In dieser Ausführungsform der Brennstoffdüse 12 ist der Körper des Brennstoffinjektors 170 zum Mischrohr 172 axial teilweise nach aussen versetzt. Diese räumliche Trennung (z.B. axiale Versetzung) ermöglicht einen Eintritt von Luft in das Mischrohr 172 durch die Lufteinlassregion 174 (z.B. eine trompetenförmige Lufteinlassregion des Mischrohrs 172), wo sich die Luft mit dem Brennstoff 22 innerhalb des Mischrohrs 172 vermischt. Das Mischrohr 172 wird von Stützstreben 178 (z.B. radialen Armen) gestützt, die sich radial einwärts erstrecken und den Brennstoffinjektor 170 umgeben und dabei Luft 18 axial 48 passieren lassen. Die Stützstreben 178 können ein aerodynamisches Profil aufweisen. Es können 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehr Stützstreben 178 vorhanden sein. Um den Abstand zu maximieren, der nahe der Lufteinlassregion 174 bereitgestellt wird, weist die vorliegende Ausführungsform des Brennstoffinjektors 170 einen verkürzten stromaufwärtigen Abschnitt 180 auf mit einem Durchmesser 182 zwischen einer Aussenfläche 181, der nur etwas grösser ist als der Durchmesser 184 zwischen der Aussenfläche 181 eines mittleren Abschnitts 186 des Brennstoffinjektors 170. Der mittlere Abschnitt 186 erstreckt sich von der Endabdeckungsanordnung 58 axial in das Mischrohr 172. Ein Brennstoffkanal 188 erstreckt sich von einem stromaufwärtigen Ende 190 des Brennstoffinjektors 170 durch den mittleren Abschnitt 186 des Brennstoffinjektors 170. Ein stromaufwärtiger Abschnitt 192 des Brennstoffkanals 188, der innerhalb der Endabdeckungsanordnung 58 angeordnet ist, weist einen grösseren Durchmesser 194 auf als ein stromabwärtiger Abschnitt 196 des Brennstoffkanals 188, der im mittleren Abschnitt 186 des Brennstoffinjektors 170 liegt. Der Brennstoffkanal 188 weist ausserdem einen mittleren Abschnitt 198 auf, der gekrümmt ist und sich verjüngt (z.B. konisch), um den Brennstoff 22 allmählich in den schmäleren stromabwärtigen Abschnitt 196 des Brennstoffkanals 188 zu lenken. Wie oben erörtert, ermöglicht diese Gestaltung des Brennstoffkanals 188 einen sanften Übergang des Brennstoffs aus dem Brennstoffplenum 64 in den Brennstoffinjektor 170. Die Brennstoffkanäle 25 erstrecken sich durch einen ringförmigen Abschnitt 189 des Brennstoffinjektors und sind mit dem Brennstoffkanal 188 gekoppelt. Wie dargestellt, sind die Brennstoffkanäle 25 am mittleren Abschnitt 186 des Brennstoffinjektors 170 stromaufwärts von einem sich verjüngenden stromabwärtigen Abschnitt 200 (z.B. einem konvergierenden ringförmigen Abschnitt, einem konischen Abschnitt oder einer Spitze) des Brennstoffinjektors 170 angeordnet. Die Anordnung der Brennstoffkanäle 25 stromaufwärts vom sich verjüngenden Abschnitt 200 des Brennstoffinjektors 170 ermöglicht es der Luft 18 und dem Brennstoff 22, sich in einem Bereich mit konstantem Durchmesser 184 zu treffen, wo der Brennstoffinjektor 170 einen konstanten Durchmesser der Aussenfläche 181 aufweist. Somit ist eine allmähliche

Vermischung des Brennstoffs und der Luft über dem sich verjüngenden stromabwärtigen Abschnitt 200 der Brennstoffinjektorspitze 170 möglich, während sich die Mischung stromabwärts 66 bewegt.

**[0041]** Fig. 8 ist eine Querschnittsdarstellung des Brennstoffinjektors 24, 170 von Fig. 7 und zeigt den mittleren Abschnitt 186 mit dem konstanten Durchmesser 184 und den stromabwärtigen sich verjüngenden Abschnitt 200. Dargestellt sind Einzelheiten einer Ausführungsform der Brennstoffmündungen 210, 211. Wie oben erörtert, können der Luftdruck und die Strömungsgeschwindigkeit von Luft, die auf Rohre 26, 172 verteilt wird, von Ort zu Ort innerhalb der Brennstoffdüse 12 variieren (z.B. ist der Luftdruck umso niedriger, je grösser der Abstand zu den Lufteinlässen 70 ist). Um die Gleichmässigkeit der Vermischung unter den Rohren 26, 172 zu verbessern, können Brennstoffmündungen 210, 211 an den Brennstoffinjektoren 170, die mit ihren jeweiligen Rohren 26 gepaart sind, in axialer Richtung 48 gesehen an verschiedenen Stellen am ringförmigen Abschnitt 209 des Brennstoffinjektors 170 angeordnet sein. Ausserdem können Brennstoffdüsen 210, 211 so gestaltet sein, dass sie Brennstoff in verschiedenen Winkeln 212 in Bezug auf eine Haupt-Längsachse 214 des Rohres 26, 172 und des Brennstoffinjektors 24, 170 abgeben. Der Winkel der Brennstoffmündungen 210, 211 kann 0 bis 90, 10 bis 80, 20 bis 70, 30 bis 60, 40 bis 50, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 oder 90 Grad in einer Stromaufwärtsrichtung 68 oder einer Stromabwärtsrichtung 66 sein. Am Brennstoffinjektor 170 angeordnet und verbunden mit einem Brennstoffkanal 215 sind Brennstoffmündungen 210 an einer ersten Stelle und ist ein anderer Satz von Brennstoffmündungen 211 an einer zweiten axialen Stelle stromaufwärts 68. Wie dargestellt, sind die weiter stromabwärts 66 angeordneten Brennstoffmündungen 210 so gestaltet, dass sie den Brennstoff 22 in einer Richtung mit einer axialen Komponente in Stromabwärtsrichtung 66 (z.B. einer axialen Stromabwärtsrichtung, die von einem Pfeil 216 angegeben ist) in dem Mischrohr 26 verteilen. Die stromaufwärtigen Brennstoffmündungen 211 sind so gestaltet, dass sie Brennstoff in einer radialen Richtung 217 ohne axiale Komponente (z.B. in einem senkrechten Winkel 212) richten. Durch den Ort der Brennstoffmündungen 210, 212 und die Richtung, in der sie den Brennstoff richten, kann die Brennstoffeinspritzung auf die erwarteten Bedingungen innerhalb der einzelnen Mischrohre 24 abgestellt werden. In anderen Ausführungsformen können die Brennstoffmündungen 25 so gestaltet sein, dass sie den Brennstoff in einer Richtung mit einer grösseren oder kleineren axialen Komponente in Stromabwärtsrichtung 66 richten. Durch Gestalten der Richtung der Brennstoffmündungen 210 stromabwärts 66 kann das Auftreten einer Brennstoffblockade an den Brennstoffmündungen 210 durch eintretende, unter hohem Druck stehende Luft 18 vermieden oder minimiert werden. Alternativ dazu können die Brennstoffmündungen 210 so gestaltet sein, dass sie den Brennstoff 22 in einer Richtung mit einer grösseren oder kleineren axialen Komponente in Stromaufwärtsrichtung 68 richten. Diese Variationen der winkelmässigen Gestaltung der Brennstoffmündungen 210 können variierende Bedingungen der Umgebung innerhalb der Brennstoffdüse 12 kompensieren, die sich auf die Gleichmässigkeit der Brennstoff-Luft-Mischung 30 auswirken könnten (z.B. lokale Variationen des Drucks und der axialen Strömungsgeschwindigkeit der Luft 18).

**[0042]** Fig. 9 ist eine Querschnittsdarstellung des Mikromischer-Brennstoffinjektors 170 von Fig. 7 entlang einer Linie 9–9 und zeigt Einzelheiten einer zusätzlichen Ausführungsform der Brennstoffmündungen 25, 220. Dargestellt sind Brennstoffmündungen 25, 220 gemäss einigen Ausführungsformen, die so gestaltet sind, dass sie Brennstoff 22 in einer Richtung mit einer tangentialen Komponente 222 in das Mischrohr 26, 172 richten. Das heisst, ein Winkel 224 der Brennstoffmündung 220 in Bezug auf eine radiale Achse 50 ist grösser als null. Zum Beispiel kann der Winkel 224 der Brennstoffmündungen 220 in einem Bereich von etwa 0 bis 45 Grad, 0 bis 30 Grad, 15 bis 30 Grad, 15 bis 90 Grad, 45 bis 90 Grad, 60 bis 90 Grad, 45 bis 75 Grad oder 60 bis 75 Grad und in allen Teilbereichen dazwischen liegen. Der Winkel 224 kann so gestaltet sein, dass er den eingespritzten Brennstoff in Umfangsrichtung 52 um die Achse 214 herum einspritzt, um einen Brennstoffwirbelstrom zu schaffen, was die Gleichmässigkeit der resultierenden Brennstoff-Luft-Mischung 30 erhöhen kann. Zum Beispiel kann der Winkel 224 mancher Brennstoffmündungen 220 ungefähr 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 oder 45 Grad oder jeder andere Winkel sein, und der Winkel 224 der anderen Brennstoffmündungen 220 kann 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 oder 45 Grad oder jeder andere Winkel sein. In manchen Ausführungsformen können Brennstoffmündungen 220 so gestaltet sein, dass sie den Brennstoff im Uhrzeigersinn um die Achse 214 verwirbeln, während andere Brennstoffmündungen 220 so gestaltet sein können, dass sie den Brennstoff entgegen dem Uhrzeigersinn um die Achse 214 verwirbeln. Diese Variation der Drallrichtung kann auf Basis der umfangsmässigen Stelle des jeweiligen Brennstoffinjektors 24, 170 und des entsprechenden Mischrohrs 26, 172 im Verhältnis zum Lufteinlass 70 der Brennstoffdüse 12 geschaffen werden.

**[0043]** Fig. 10–12 zeigen eine Reihe von Ansichten einer Ausführungsform der Mikromischer-Brennstoffdüse 12, die mit einer Brenner-Endabdeckungsanordnung 58 verbunden ist, und zeigen ein Verfahren zum Entfernen von Brennstoffinjektoren 24. Fig. 10 stellt die Vielrohr-Brennstoffdüse 12 dar, die vom Kopfende 56 des Brenners 16 entfernt und mit der Endabdeckungsanordnung 58 verbunden ist. Dargestellt ist die Endabdeckungsanordnung 58 mit einem Brennstoffeinlass 62, der mit der Stützstruktur 82 und der Kappenflächenanordnung 60 verbunden ist. Um Zugang zu den Brennstoffinjektoren 24 zu erhalten, wird, wie in Fig. 11 dargestellt, die Endabdeckungsanordnung 58 von der Stützstruktur 82 und der Kappenflächenanordnung 60 getrennt. Nach Abnahme der Stützstruktur 82 und der Kappenflächenanordnung 60 sind die Brennstoffinjektoren 24 sichtbar, die mit der Endabdeckungsanordnung 58 der Brennstoffdüse 12 verbunden sind. Wie in Fig. 12 dargestellt ist, können dann die Brennstoffinjektoren 24 von ihrem Platz am Ende der Endabdeckungsanordnung 58 entfernt werden. Wie oben erörtert worden ist, können die Brennstoffinjektoren 24 über verschiedene Verbindungen, wie eine Lötverbindung, eine Schweissverbindung, Bolzen oder Schraubverbindungen, Pressverbindungen, Keilverbindungen oder irgendeine Kombination davon mit der Endabdeckungsanordnung 58 verbunden sein. In manchen Ausführungsformen, wenn der Injektor 24 in die Endabdeckungsanordnung 58 geschraubt ist, kann der Injektor 24 durch Abschrauben entfernt werden. Eine Entfernung eines oder mehrerer Brennstoffinjektoren 24 kann eine Überprüfung, Ersetzung, Reparatur oder irgendeinen anderen Zweck ermöglichen, der sich im Laufe der Herstellung, Installation und des Betriebs

der Brennstoffdüse 12 ergibt. Eine Installation der Brennstoffinjektoren 24 wird durch die Ausführung der in Fig. 10–12 dargestellten Schritte in umgekehrter Reihenfolge erreicht. Das heisst, der eine oder die mehreren Brennstoffinjektoren 24 können in die Kappenflächenanordnung 60 eingesetzt und dort befestigt (z.B. angelötet oder angeschraubt) werden (Fig. 12). Die Stützstruktur 82 wird dann durch Ausrichten der Brennstoffinjektoren 24 an ihren jeweiligen Mischrohren 26 mit der Endabdeckungsanordnung 58 verbunden (Fig. 11). Die zusammengesetzte Brennstoffdüse 12 (Fig. 12) kann dann in das Kopfende 56 des Brenners 12 eingebaut werden.

**[0044]** Technische Wirkungen der offenbarten Ausführungsformen beinhalten Systeme und Verfahren zur Verbesserung der Durchmischung des Brennstoffs 14 und der Luft 18 innerhalb von Vielrohr-Brennstoffdüsen 12 eines Gasturbinensystems 10. Genauer ist die Brennstoffdüse 12 mit mehreren Brennstoffinjektoren 24 ausgestattet, die jeweils in einem Vormischrohr 26 angeordnet sind. Jede Brennstoffinjektorspitze 24 weist Brennstoffmündungen 25 auf, durch die Brennstoff, der in die Brennstoffdüse 12 eintritt, gelenkt wird und mit Luft vermischt wird, die durch einen Luftstromkonditionierer 28 eintritt. Da die Brennstoffspitze 24 und das Mischrohr 26 räumlich entkoppelt sind, sind sie auch thermisch entkoppelt, was eine vereinfachte Bewältigung einer etwaigen thermisch bedingten Ausdehnung ermöglicht, die während des Betriebs der Brennstoffdüse 12 auftreten kann. Die Brennstoffmündungen 25 können in verschiedener Anzahl, in verschiedenen Formen, Grössen, räumlichen Anordnungen gestaltet sein und so gestaltet sein, dass sie den Brennstoff in verschiedenen Winkeln lenken. Diese Anpassung verbessert die Vermischung und die Gleichmässigkeit und kompensiert dadurch die variierenden Drücke der Luft 18 und des Brennstoffs 22 zwischen den mehreren Brennstoffinjektoren 24 in der Vielrohr-Brennstoffdüse 12. Die verbesserte Durchmischung des Brennstoffs 22 und der Luft 18 erhöht die Stabilität der Flamme im Brenner 16 und verringert die Menge an unerwünschten Verbrennungsnebenprodukten. Das Verfahren zur Entfernung und Ersetzung der einzelnen Brennstoffinjektoren 24 ermöglicht eine kostengünstige und effiziente Reparatur der Brennstoffdüse 12.

**[0045]** Obwohl vorstehend in der vorliegenden Offenbarung einige typische Grössen und Abmessungen angegeben wurden, sei klargestellt, dass die verschiedenen Komponenten des beschriebenen Brenners vergrössert oder verkleinert werden können und ausserdem individuell für verschiedene Arten von Brennern und für verschiedene Zwecke angepasst werden können. Diese Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschliesslich der besten Weise zu ihrer Ausführung, zu beschreiben und um den Fachmann in die Lage zu versetzen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, wozu auch die Herstellung und Verwendung von Vorrichtungen und Systemen und die Ausführung enthaltener Verfahren gehören. Der schutzwürdige Bereich der Erfindung wird von den Ansprüchen definiert und kann andere Beispiele einschliessen, die für den Fachmann naheliegend sein mögen. Diese anderen Beispiele sollen im Bereich der Ansprüche liegen, wenn sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich vom Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder wenn sie gleichwertige strukturelle Elemente aufweisen, die sich vom Wortsinn der Ansprüche nur unerheblich unterscheiden.

**[0046]** Ein System weist eine Vielrohr-Brennstoffdüse auf. Die Vielrohr-Brennstoffdüse weist mehrere Brennstoffinjektoren auf. Jeder Brennstoffinjektor ist so gestaltet, dass er sich in ein jeweiliges Vormischrohr von mehreren Vormischrohren hinein erstreckt. Jeder Brennstoffinjektor weist einen Körper, einen Brennstoffkanal und mehrere Brennstoffmündungen auf. Der Brennstoffkanal ist im Körper angeordnet und erstreckt sich in einer Längsrichtung innerhalb eines Abschnitts des Körpers. Die mehreren Brennstoffmündungen sind entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet und mit dem Brennstoffkanal verbunden. Ein Zwischenraum ist zwischen dem Abschnitt des Körpers mit den Brennstoffmündungen und dem jeweiligen Vormischrohr angeordnet.

#### Bezugszeichenliste

**[0047]**

- 10 Gasturbinensystem
- 12 Mikromischer-Brennstoffdüse
- 14 Brennstoffquelle
- 16 Brenner
- 18 empfängt verdichtete Luft
- 20 Luftkompressor
- 22 Brennstoff
- 24 Brennstoffinjektoren
- 25 Brennstoffmündungen
- 26 zugehörige Mischrohre
- 28 Luftstromkonditionierer

|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| 30  | Luft-Brennstoff-Mischung    |
| 32  | unter Druck stehende Abgase |
| 34  | Turbine                     |
| 36  | Welle                       |
| 38  | Abgasauslass                |
| 40  | Luft                        |
| 42  | Lufteinlass                 |
| 44  | Verbraucher (Last)          |
| 46  | Brennkammer                 |
| 48  | axiale Richtung             |
| 50  | radiale Richtung            |
| 52  | Umfangsrichtung             |
| 54  | Längsachse                  |
| 55  | tangential                  |
| 56  | Kopfende                    |
| 58  | Endabdeckungsanordnung      |
| 60  | Kappenflächenanordnung      |
| 62  | Brennstoffeinlass           |
| 64  | Brennstoffplenum            |
| 66  | Stromabwärtsrichtung        |
| 68  | Stromaufwärtsrichtung       |
| 70  | Lufteinlässe                |
| 72  | Ringraum                    |
| 74  | Einsatz (Flammrohr)         |
| 76  | Durchflusshülse             |
| 78  | Luftplenum                  |
| 80  | Übergangsstück              |
| 82  | Stützstruktur               |
| 84  | Rückhalteplatte             |
| 92  | Prallplatte                 |
| 96  | stromabwärtiges Ende        |
| 93  | Brennstoffinjektorspitze    |
| 100 | Hauptkörper                 |
| 102 | stromaufwärtiger Abschnitt  |
| 104 | stromabwärtiger Abschnitt   |
| 106 | Durchmesser                 |

- 109 Aussenfläche
- 108 Durchmesser
- 110 Punkt
- 112 Innenfläche
- 114 stromaufwärtiges Ende
- 115 ringförmiger Abschnitt
- 116 Brennstoffkanal
- 117 überlappter Abschnitt
- 118 Durchmesser
- 119 mehrere Brennstoffmündungen
- 120 mehrere Luftmündungen
- 122 Längsachse
- 130 Mikromischer-Brennstoffinjektor
- 132 stromaufwärtiger Abschnitt
- 134 Durchmesser
- 135 Aussenfläche
- 136 Innendurchmesser
- 138 mittlerer axialer Abschnitt
- 140 Durchmesser
- 142 stromabwärtiger Abschnitt
- 144 Durchmesser
- 146 Punkt
- 147 Spitze
- 148 Brennstoffkanal
- 150 stromaufwärtiges Ende
- 152 stromaufwärtiger Abschnitt
- 156 Durchmesser
- 158 Durchmesser
- 154 stromabwärtiger Abschnitt
- 160 mittlerer Abschnitt
- 170 Mikromischer-Brennstoffinjektor
- 172 Mischrohr
- 174 Lufteinlassregion
- 178 Stützstreben
- 180 verkürzter stromaufwärtiger Abschnitt
- 182 Durchmesser

- 181 Aussenfläche
- 184 Durchmesser
- 186 mittlerer Abschnitt
- 188 Brennstoffkanal
- 190 stromaufwärtiges Ende
- 192 stromaufwärtiger Abschnitt
- 194 grosser Durchmesser
- 196 stromabwärtiger Abschnitt
- 198 mittlerer Abschnitt
- 189 ringförmiger Abschnitt
- 200 sich verjüngender stromabwärtiger Abschnitt
- 210 Brennstoffmündungen
- 211 Brennstoffmündungen
- 209 ringförmiger Abschnitt
- 212 verschiedene Winkel
- 214 Haupt-Längsachse
- 215 Brennstoffkanal
- 216 Pfeil
- 217 radiale Richtung
- 220 Brennstoffmündungen
- 222 tangentielle Komponente
- 224 Winkel

#### Patentansprüche

1. System, das aufweist:
  - eine Vielrohr-Brennstoffdüse, aufweisend:
    - mehrere Brennstoffinjektoren, wobei jeder Brennstoffinjektor so konfiguriert ist, dass er sich in ein jeweiliges Vormischrohr von mehreren Mischrohren hinein erstreckt, und jeder Brennstoffinjektor aufweist:
      - einen Körper;
      - einen Brennstoffkanal, der in dem Körper angeordnet ist, wobei sich der Brennstoffkanal in einer Längsrichtung innerhalb eines Abschnitts des Körpers erstreckt; und
      - mehrere Brennstoffmündungen, die entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet und mit dem Brennstoffkanal verbunden sind, wobei ein Zwischenraum zwischen dem Abschnitt des Körpers mit den Brennstoffmündungen und dem jeweiligen Vormischrohr angeordnet ist.
2. System nach Anspruch 1, wobei der Körper einen ringförmigen Abschnitt aufweist, der den Brennstoffkanal definiert; und/oder wobei der Körper ein stromaufwärtiges Ende, ein stromabwärtiges Ende und einen sich verjüngenden Abschnitt aufweist, und wobei sich der sich verjüngende Abschnitt in einer Richtung von dem stromaufwärtigen Ende zu dem stromabwärtigen Ende verjüngt.
3. System nach Anspruch 2, wobei die mehreren Brennstoffmündungen an dem ringförmigen Abschnitt angeordnet sind; und/oder wobei die mehreren Brennstoffmündungen an dem sich verjüngenden Abschnitt angeordnet sind.
4. System nach Anspruch 2, wobei sich der Brennstoffkanal in den sich verjüngenden Abschnitt hinein erstreckt.
5. System nach Anspruch 2, wobei der Brennstoffkanal vor dem sich verjüngenden Abschnitt endet und die mehreren Brennstoffmündungen entlang eines ringförmigen Abschnitts zwischen dem stromaufwärtigen Ende und dem sich verjüngenden Abschnitt angeordnet sind.

## CH 707 771 A2

6. System nach Anspruch 1, wobei der Körper einen stromaufwärtigen Abschnitt mit einer Aussenfläche aufweist, die so konfiguriert ist, dass sie an einer Innenfläche des jeweiligen Vormischrohrs anliegt.
7. System nach Anspruch 1, wobei mindestens eine Brennstoffmündung von den mehreren Brennstoffmündungen so konfiguriert ist, dass sie Brennstoff radial in das jeweilige Vormischrohr einspritzt; und/oder wobei mindestens eine Brennstoffmündung von den mehreren Brennstoffmündungen so konfiguriert ist, dass sie Brennstoff unter einem Winkel in Bezug auf eine Längsachse des Brennstoffinjektors einspritzt.
8. System nach Anspruch 7, wobei der Winkel axial stromaufwärts oder axial stromabwärts in Bezug auf die Längsachse ausgerichtet ist; und/oder wobei der Winkel tangential ausgerichtet ist, um den Brennstoff in Umfangsrichtung um die Längsachse des Brennstoffinjektors herum zu richten.
9. System nach Anspruch 1, wobei die mehreren Brennstoffmündungen eine erste Brennstoffmündung, die an einer ersten axialen Position entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet ist, und eine zweite Brennstoffmündung aufweisen, die an einer zweiten axialen Position entlang des Abschnitts des Körpers angeordnet ist.
10. System nach Anspruch 1, wobei das System eine Brenner-Endabdeckungsanordnung aufweist und die mehreren Brennstoffinjektoren mit der Brenner-Endabdeckungsanordnung verbunden sind.

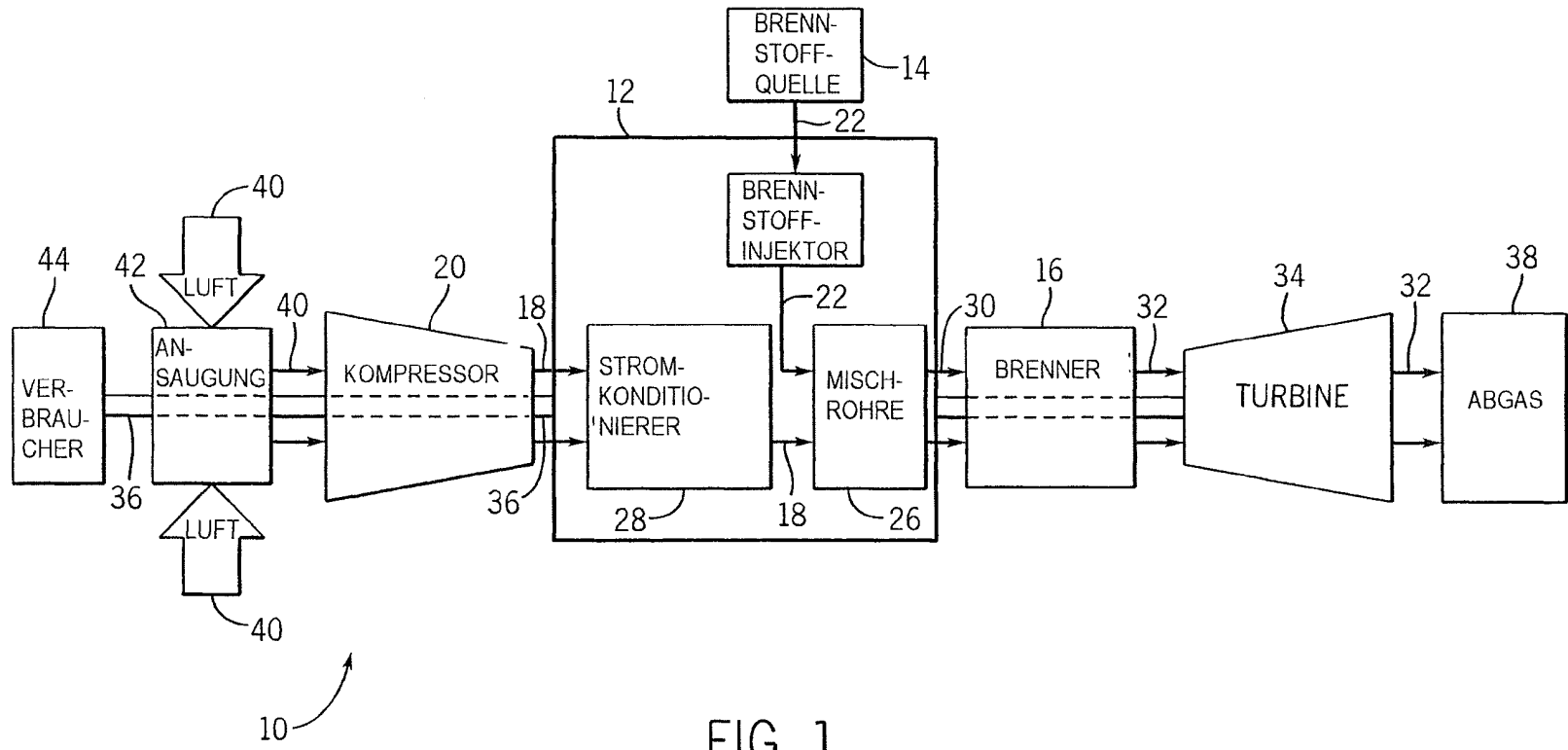


FIG. 1

16

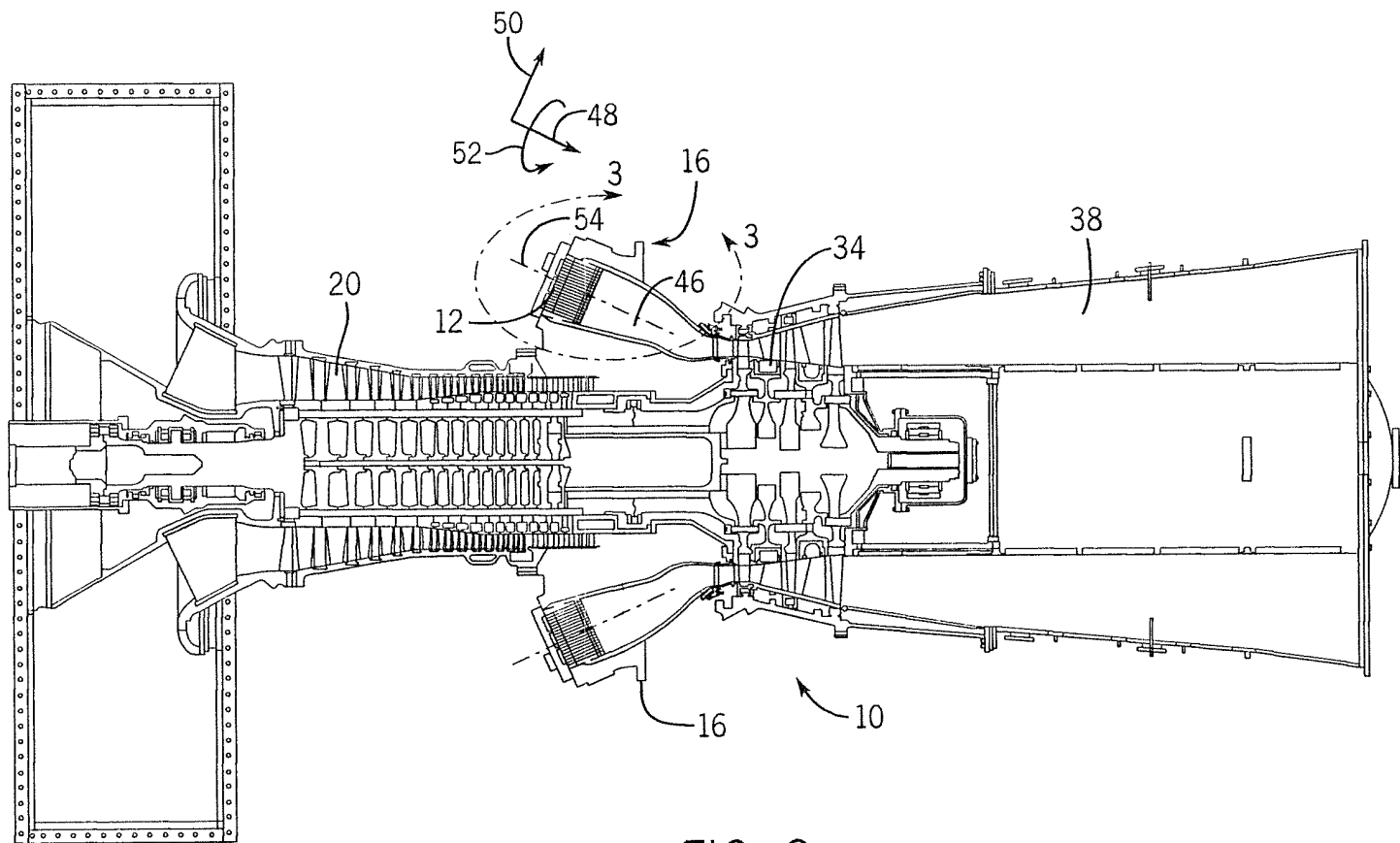


FIG. 2

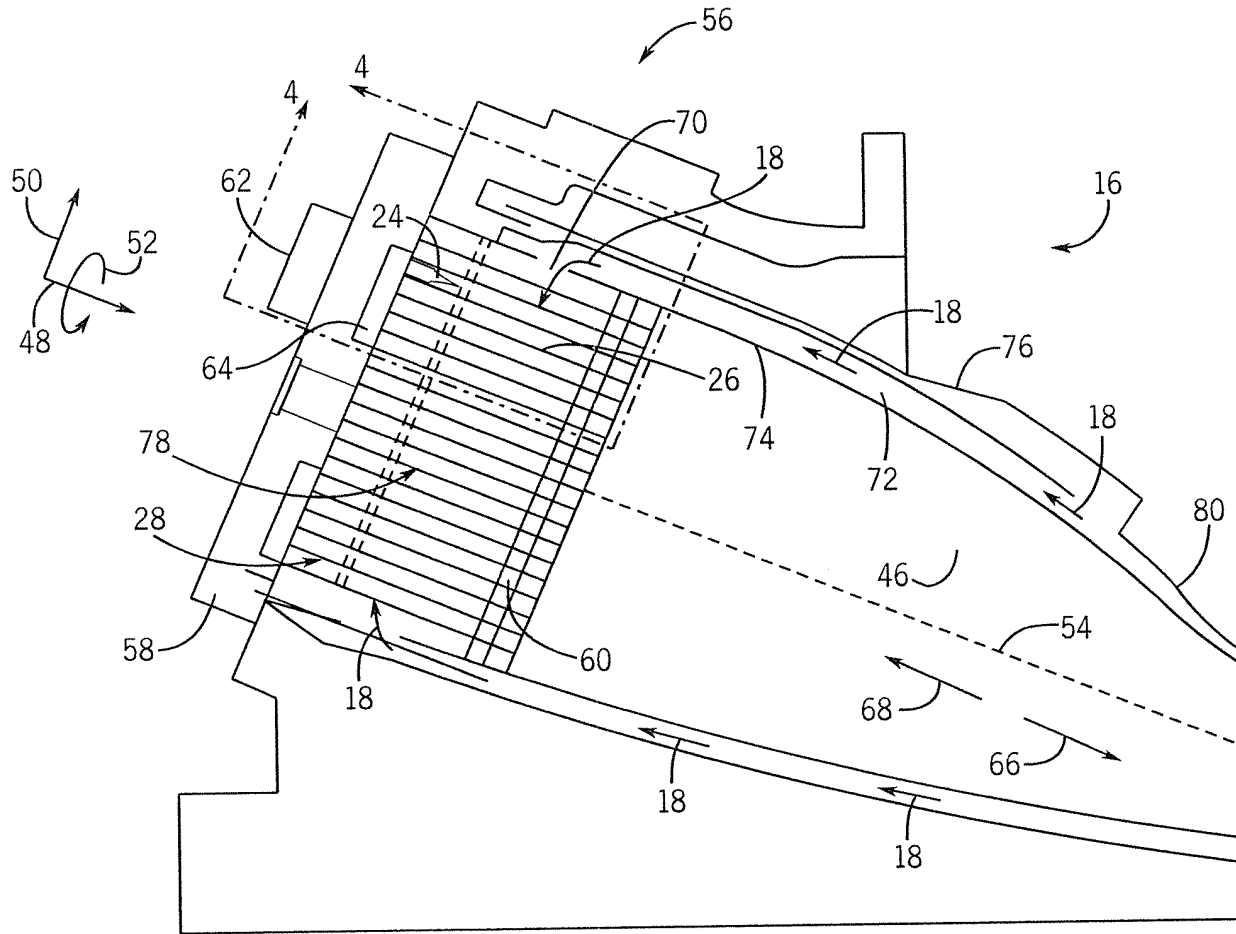


FIG. 3

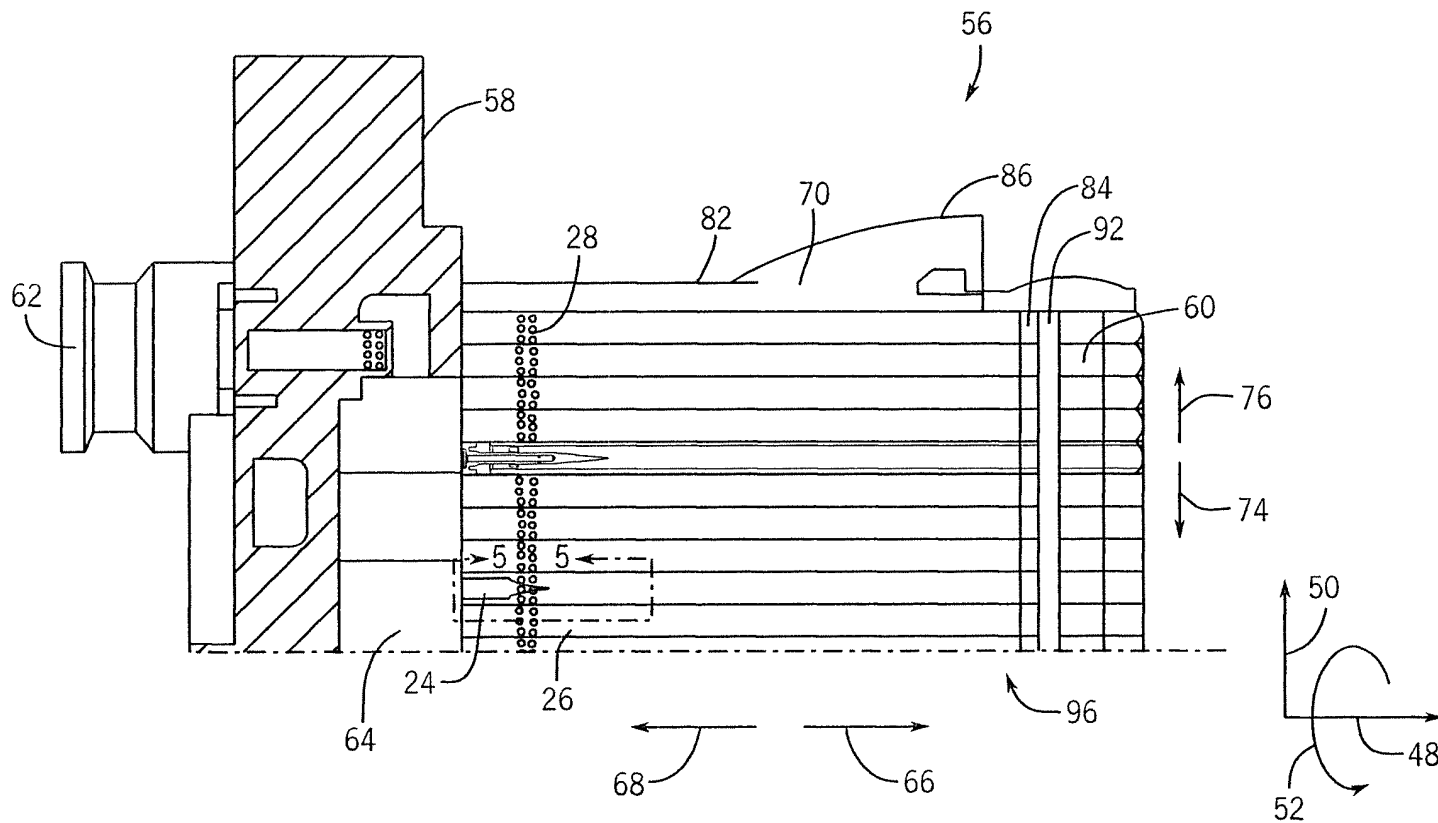


FIG. 4

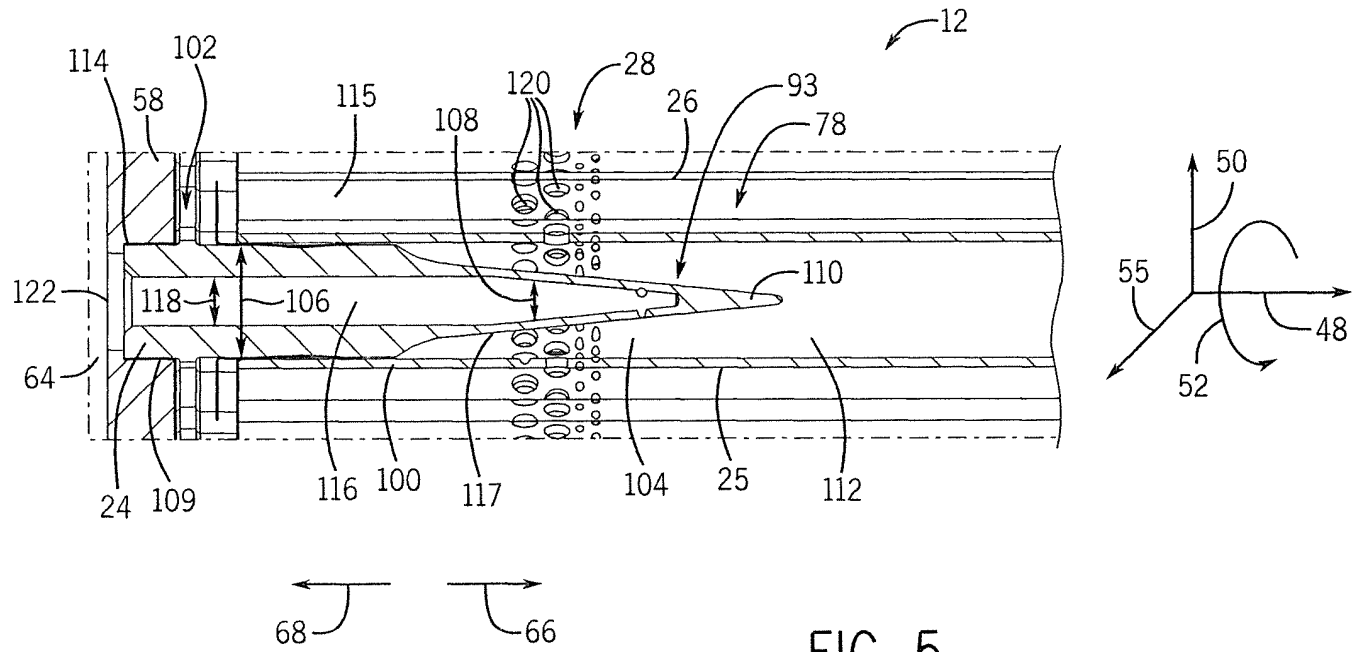


FIG. 5

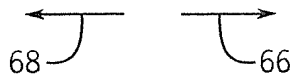
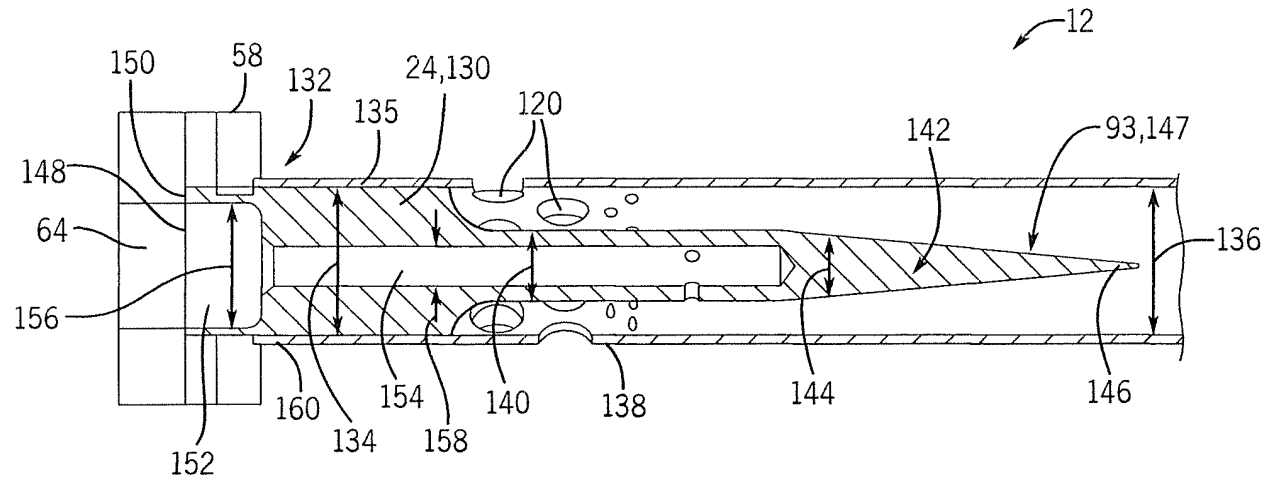
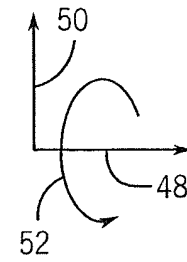


FIG. 6



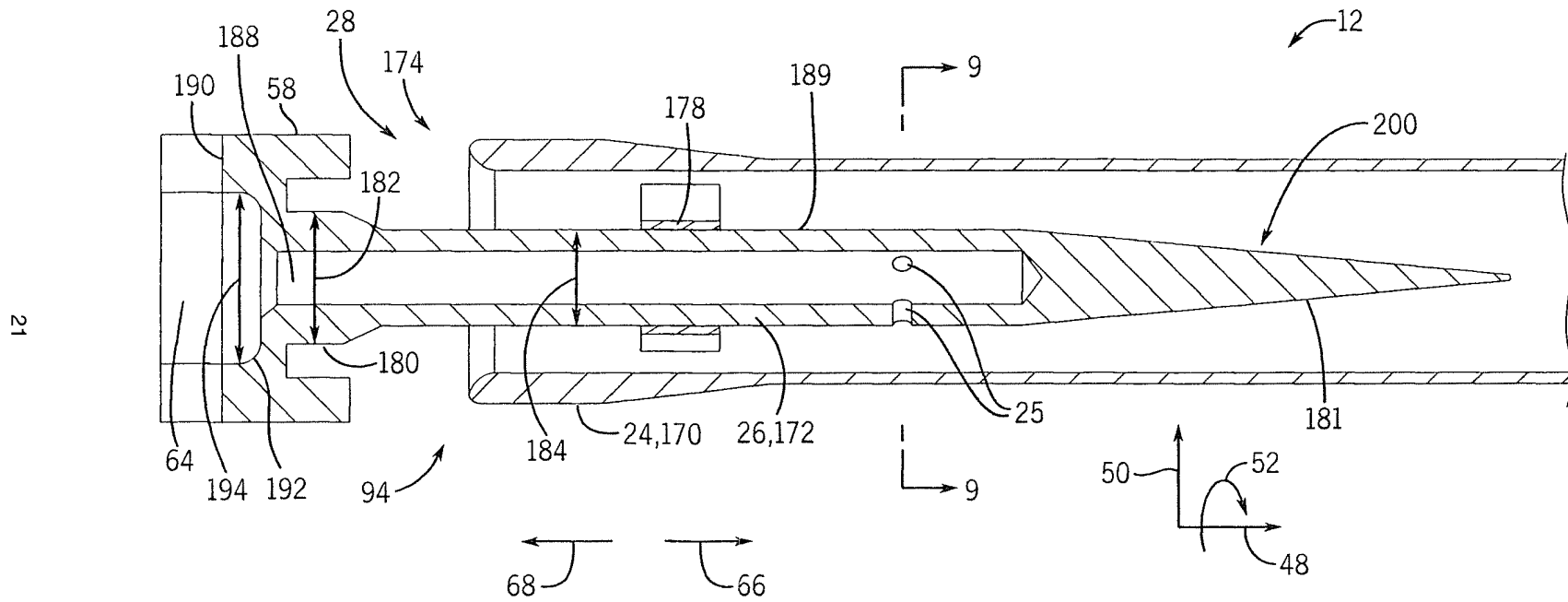
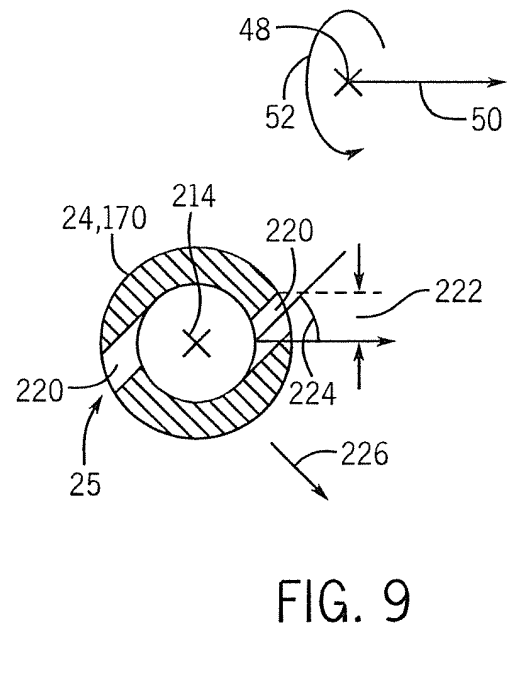
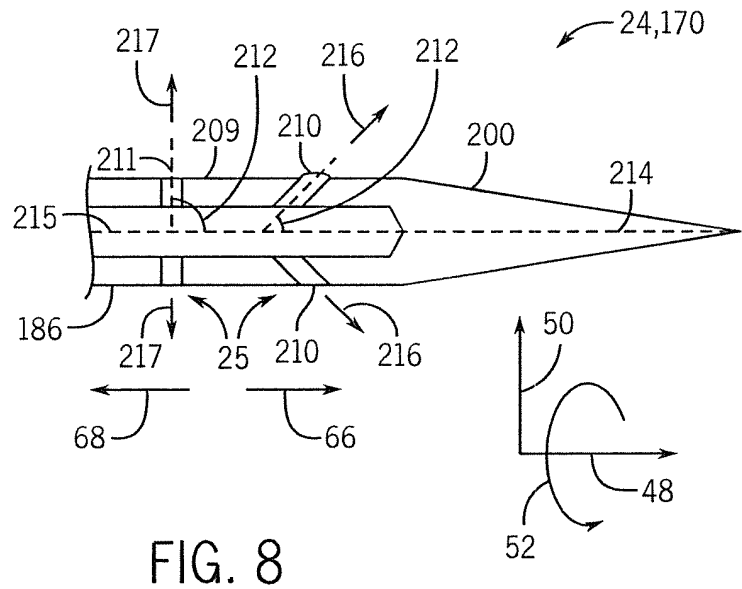


FIG. 7



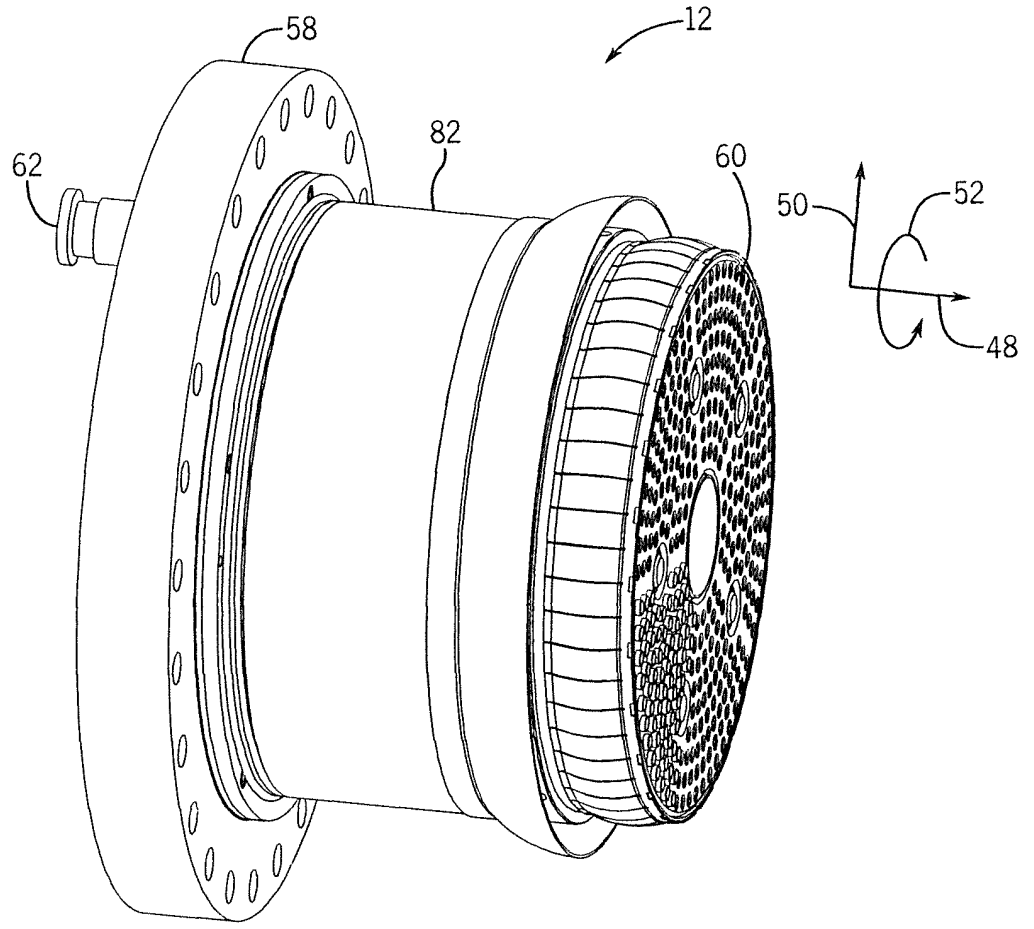


FIG. 10

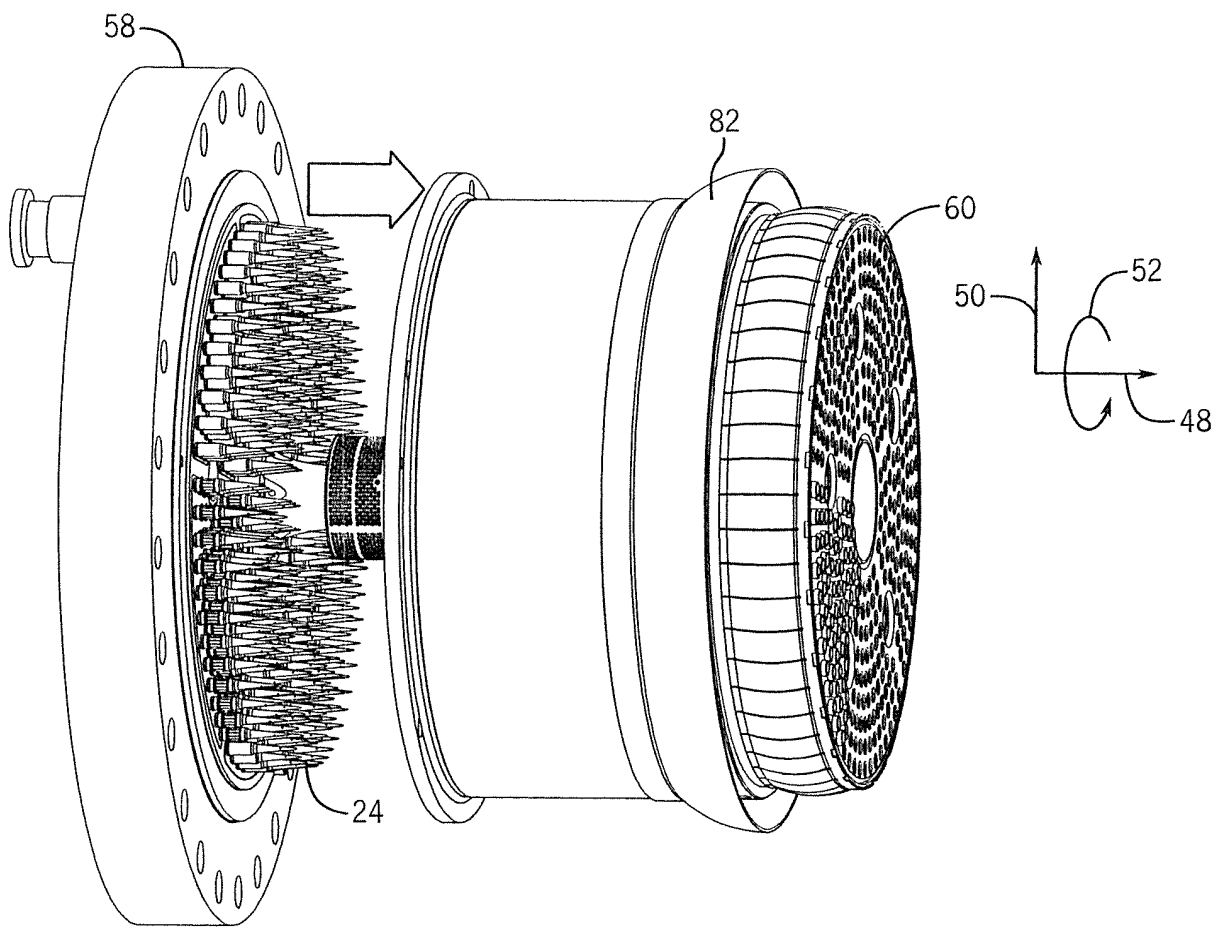


FIG. 11

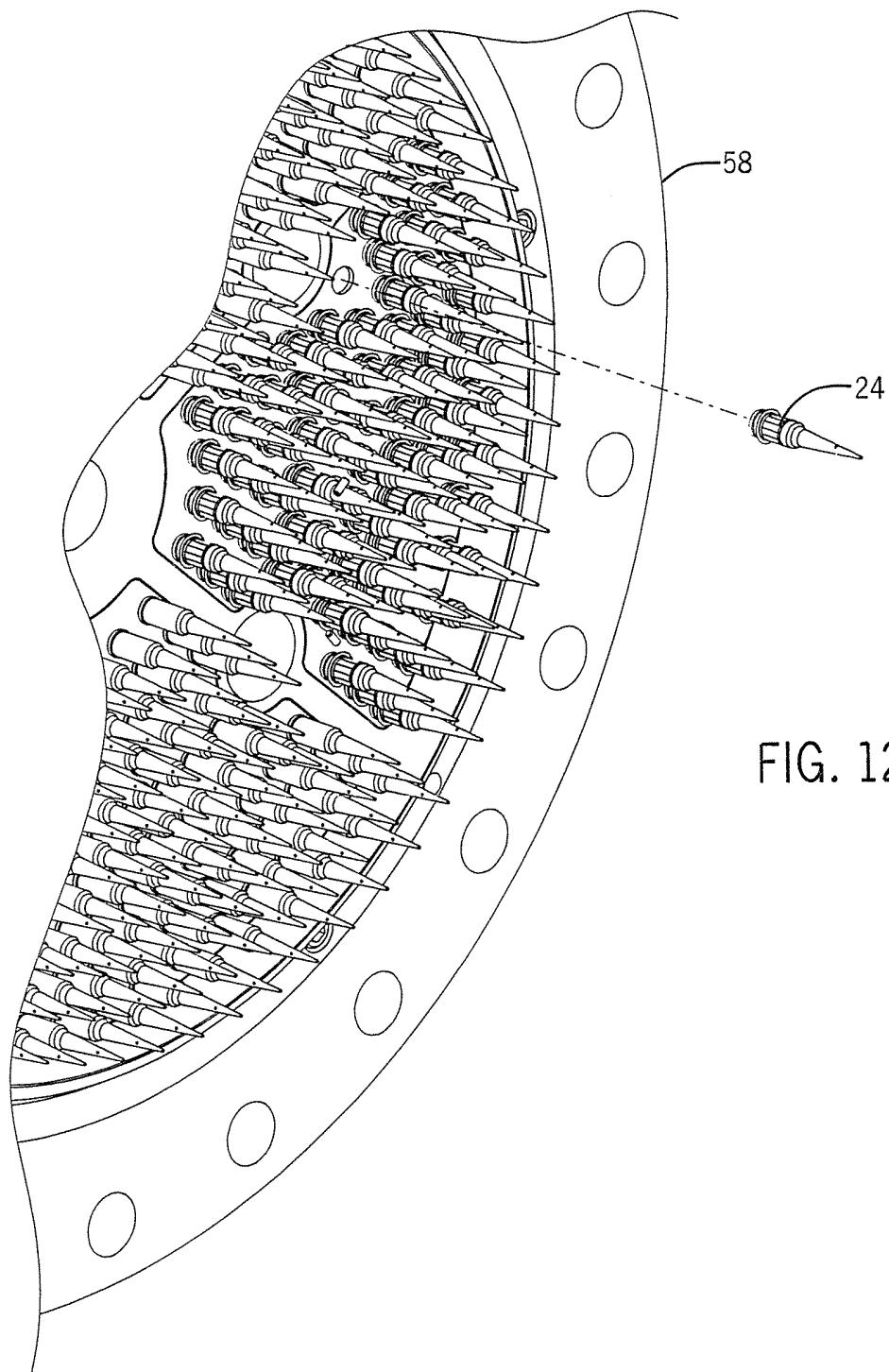


FIG. 12