



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 079 B1

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

### Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 01450/07

(22) Anmeldedatum: 18.09.2007

(30) Priorität: 02.10.2006 US 11/537,730

(24) Patent erteilt: 30.11.2010

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.11.2010

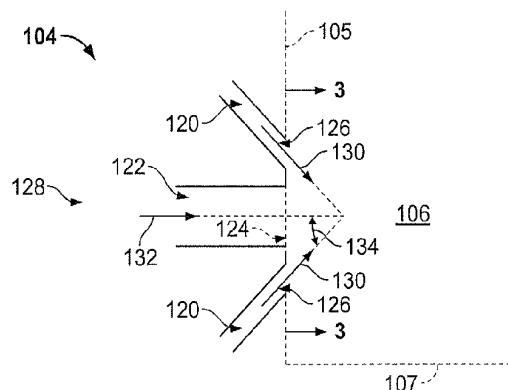
(73) Inhaber:  
General Electric Company, 1 River Road  
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:  
Gilbert O. Kraemer, Greer, South Carolina 29650 (US)  
Benjamin Lacy, Greer, South Carolina 29650 (US)  
John Joseph Lipinski,  
Simpsonville, South Carolina 29681 (US)

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

### (54) Brennkammeranordnung.

(57) Es wird eine Brennkammeranordnung (104) geschaffen. Die Brennkammeranordnung umfasst eine Brennkammerwandung (105), welche eine Verbrennungskammer (106) definiert, zumindest einen ersten Fluiddurchgang (122), der zumindest einen ersten Fluideinlass (124) innerhalb der Brennkammerwandung (105) definiert, wobei der zumindest eine erste Fluiddurchgang (122) in Strömungsverbindung mit der Verbrennungskammer (106) gekoppelt ist, wobei der zumindest eine erste Fluideinlass (124) konfiguriert ist, um einen ersten Fluidstrom (132) in die Verbrennungskammer (106) einzuspritzen, und zumindest einen zweiten Fluiddurchgang (120), der zumindest einen zweiten Fluideinlass (126) innerhalb der Brennkammerwandung (105) definiert, wobei der zumindest eine zweite Fluideinlass (126) benachbart zu dem zumindest einen ersten Fluideinlass (124) angeordnet ist, wobei der zumindest eine zweite Fluideinlass (126) in Strömungsverbindung mit der Verbrennungskammer (106) gekoppelt und so konfiguriert ist, um einen zweiten Fluidstrom (130) mit einem schiefen Winkel (134) in Bezug auf den ersten Fluidstrom (132) so in die Verbrennungskammer (106) einzuspritzen, dass der zweite (130) und der erste (132) Fluidstrom sich mit einem vorbestimmten Einfallswinkel schneiden.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein eine Brennkammeranordnung.

[0002] Zumindest einige bekannte Gasturbinenmotoren verbrennen ein Brennstoff- und Luftgemisch, um Wärmeenergie aus dem Gemisch freizusetzen, um einen Hochtemperatur-Verbrennungsgasstrom zu bilden, der über einen Heissgaspfad an eine Turbine geleitet wird. Die Turbine wandelt thermische Energie aus dem Verbrennungsgasstrom in mechanische Energie um, die eine Turbinenwelle dreht. Die Ausgangsleistung der Turbine kann zum Antreiben einer Maschine, zum Beispiel eines elektrischen Generators oder einer Pumpe, verwendet werden.

[0003] Zumindest ein Nebenprodukt der Verbrennungsreaktion kann behördlichen Einschränkungen unterliegen. Während der thermisch gesteuerten Reaktionen kann zum Beispiel Stickstoffoxid ( $\text{NO}_x$ ) durch eine Reaktion zwischen Stickstoff und Sauerstoff in der Luft, welche durch die hohen Temperaturen innerhalb des Gasturbinenmotors ausgelöst wird, gebildet werden. Im Allgemeinen nimmt der Motorwirkungsgrad zu, wenn die Temperatur des in einen Turbinenabschnitt des Motors eintretenden Verbrennungsgasstroms steigt. Eine Erhöhung der Verbrennungsgastemperatur kann jedoch eine erhöhte  $\text{NO}_x$ -Bildung fördern.

[0004] Die Verbrennung erfolgt normalerweise in oder nahe einem oberstromigen Bereich einer Brennkammer, der normalerweise als Reaktionszone oder Primärzone bezeichnet wird. Das Mischen und Verbrennen von Brennstoff und Luft kann auch unterstromig der Reaktionszone in einem Bereich erfolgen, der oft als Verdünnungszone bezeichnet wird. Inerte Verdüner können direkt in die Verdünnungszone eingebracht werden, um das Brennstoff- und Luftgemisch zu verdünnen, um die Erzielung eines vorbestimmten Gemischs und/oder einer vorbestimmten Temperatur des Gasstroms, der in den Turbinenabschnitt eintritt, zu fördern. Inerte Verdüner sind jedoch nicht immer verfügbar, können die Motorwärmerate nachteilig beeinflussen und können die Investitions- und Betriebskosten erhöhen. Als Verdüner kann Dampf eingebracht werden; Dampf kann jedoch die Lebenserwartung der Komponenten des Heissgaspfades verkürzen.

[0005] Um die Steuerung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen während des Betriebs des Turbinenmotors zu erleichtern, verwenden zumindest einige bekannte Gasturbinenmotoren Brennkammern, die mit einem mageren Brennstoff-Luft-Verhältnis arbeiten und/oder wobei die Brennkammern so betrieben werden, dass der Brennstoff vor der Einleitung in die Reaktionszone der Brennkammer mit Luft vorgemischt wird. Vormischen kann helfen, die Verbrennungstemperaturen und in der Folge die  $\text{NO}_x$ -Bildung zu reduzieren, ohne die Zugabe von Verdüner zu erfordern. Wenn der verwendete Brennstoff ein Prozessgas oder ein synthetisches Gas oder Syngas ist, kann das gewählte Prozessgas und/oder Syngas eine ausreichende Menge Wasserstoff einschliessen, so dass eine damit verbundene hohe Flammgeschwindigkeit die Selbstzündung, die Rückzündung und/oder die Flammenhaltung innerhalb einer Mischvorrichtung fördern kann. Darüber hinaus könnte eine so hohe Flammgeschwindigkeit unter Umständen die gleichmässige Mischung von Brennstoff und Luft vor der Verbrennung nicht fördern.

### Kurzbeschreibung der Erfindung

[0006] Die erfindungsgemässe Brennkammeranordnung umfasst eine Brennkammerwandung, die eine Verbrennungskammer definiert. Die Brennkammeranordnung umfasst auch zumindest einen ersten Fluiddurchgang, der zumindest einen ersten Fluideinlass innerhalb der Brennkammerwandung definiert. Der zumindest eine erste Fluiddurchgang ist in Strömungsverbindung mit der Verbrennungskammer gekoppelt. Der zumindest eine erste Fluideinlass ist konfiguriert, um einen ersten Fluidstrom in die Verbrennungskammer einzuspritzen. Die Brennkammeranordnung umfasst des Weiteren zumindest einen zweiten Fluiddurchgang, der zumindest einen zweiten Fluideinlass innerhalb der Brennkammerwandung definiert. Der zumindest eine zweite Fluideinlass ist benachbart zu dem zumindest einen ersten Fluideinlass angeordnet und in Strömungsverbindung mit der Verbrennungskammer gekoppelt. Der zweite Fluideinlass ist konfiguriert, um einen zweiten Fluidstrom mit einem schiefen Winkel in Bezug auf den ersten Fluidstrom so in die Verbrennungskammer einzuspritzen, dass sich der zweite und der erste Fluidstrom mit einem vorbestimmten Einfallswinkel schneiden.

### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0007]

- Fig. 1 ist eine schematische Querschnittsansicht eines beispielhaften Gasturbinenmotors;
- Fig. 2 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils einer beispielhaften Brennkammeranordnung, die mit dem in Fig. 1 dargestellten Gasturbinenmotor verwendet werden kann;
- Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht der in Fig. 2 gezeigten Brennkammeranordnung entlang der Linie 3-3;
- Fig. 4 ist eine schematische Querschnittsansicht eines alternativen Brennstoff-Luft-Arrays, das mit der in Fig. 2 gezeigten Brennkammeranordnung verwendet werden kann;

- Fig. 5 ist eine schematische Querschnittsansicht eines weiteren alternativen Brennstoff-Luft-Arrays, das mit der in Fig. 2 gezeigten Brennkammeranordnung verwendet werden kann;
- Fig. 6 ist eine schematische Querschnittsansicht der in Fig. 4 und 5 gezeigten alternativen Brennstoff-Luft-Arrays entlang der Linie 6-6;
- Fig. 7 ist eine schematische Seitenansicht einer Vielzahl von beispielhaften Brennstoff-Luft-Arrays, die mit der in Fig. 2 gezeigten Brennkammeranordnung verwendet werden können;
- Fig. 8 ist eine schematische Seitenansicht eines alternativen Brennstoff-Luft-Arrays, das mit der in Fig. 2 gezeigten Brennkammeranordnung verwendet werden kann;
- Fig. 9 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils des in Fig. 8 gezeigten Brennstoff-Luft-Arrays entlang der Ellipse 9-9;
- Fig. 10 ist eine schematische Querschnittsansicht von oben des in Fig. 9 dargestellten Teils des Brennstoff-Luft-Arrays entlang der Linie 10-10;
- Fig. 11 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils eines alternativen Brennstoff-Luft-Arrays, das mit der in Fig. 2 gezeigten Brennkammeranordnung verwendet werden kann;
- Fig. 12 ist eine schematische Querschnittsansicht von oben des in Fig. 11 dargestellten Teils des alternativen Brennstoff-Luft-Arrays entlang der Linie 12-12;
- Fig. 13 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils eines alternativen Brennstoff-Luft-Arrays, das mit der in Fig. 2 gezeigten Brennkammeranordnung verwendet werden kann;
- Fig. 14 ist eine schematische Querschnittsansicht von oben des in Fig. 13 dargestellten Teils des alternativen Brennstoff-Luft-Arrays entlang der Linie 14-14;
- Fig. 15 ist eine schematische Querschnittsansicht einer alternativen Brennkammeranordnung, die mit dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinenmotor verwendet werden kann;
- Fig. 16 ist eine schematische Querschnittsansicht einer alternativen Brennkammeranordnung, die mit dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinenmotor verwendet werden kann;
- Fig. 17 ist eine schematische Querschnittsansicht einer alternativen Brennkammeranordnung, die mit dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinenmotor verwendet werden kann;
- Fig. 18 ist eine schematische Querschnittsansicht einer alternativen Brennkammeranordnung, die mit dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinenmotor verwendet werden kann; und
- Fig. 19 ist eine schematische Querschnittsansicht einer Drallanordnung, die mit dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinenmotor verwendet werden kann.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0008] Fig. 1 ist eine schematische Veranschaulichung eines beispielhaften Gasturbinenmotors 100. Der Motor 100 umfasst einen Kompressor 102 und eine Brennkammeranordnung 104. Die Brennkammeranordnung 104 umfasst eine Brennkammerwandung 105, die zumindest zum Teil eine Verbrennungskammer 106 definiert. Die Verbrennungskammer 106 weist eine Zentrallinie 107 auf, die sich durch dieselbe hindurch erstreckt. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst der Motor 100 eine Vielzahl von Brennkammeranordnungen 104. Die Brennkammeranordnung 104 und insbesondere die Verbrennungskammer 106 sind unterstromig von dem Kompressor 102 und mit diesem in Strömungsverbindung gekoppelt. Der Motor 100 umfasst auch eine Turbine 108 und eine Kompressor-/Turbinenwelle 110 (manchmal als Rotor bezeichnet). In der beispielhaften Ausführungsform ist die Verbrennungskammer 106 im Wesentlichen zylindrisch und in Strömungsverbindung mit der Turbine 108 gekoppelt. Die Turbine 108 ist drehbar mit der Welle 110 gekoppelt und treibt diese an. Der Kompressor 102 ist ebenfalls drehbar mit der Welle 110 gekoppelt. In einer Ausführungsform ist der Motor 100 ein MS7001FB-Motor, der manchmal auch als ein 7FB-Motor bezeichnet wird und auf dem Markt von der General Electric Company, Greenville, South Carolina, bezogen werden kann. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf einen bestimmten Motor beschränkt und kann in Verbindung mit anderen Motoren implementiert werden.

[0009] Im Betrieb strömt Luft durch den Kompressor 102, und wird eine beträchtliche Menge an komprimierter Luft zur Brennkammeranordnung 104 zugeführt. Die Brennkammeranordnung 104 steht auch in Strömungsverbindung mit einer Brennstoffquelle (in Fig. 1 nicht dargestellt) und leitet Brennstoff und Luft zur Verbrennungskammer 106. In der beispielhaften Ausführungsform zündet und verbrennt die Brennkammeranordnung 104 Brennstoff, zum Beispiel Prozessgas und/oder synthetisches Gas (Syngas) innerhalb der Verbrennungskammer 106, welche einen Hochtemperatur-Verbren-

nungsgasstrom (nicht dargestellt in Fig. 1) mit ungefähr 871°Celsius (C) bis 1.593 °C (1.600 °Fahrenheit (F) bis 2900 °F) erzeugt. Alternativ verbrennt die Brennkammeranordnung 104 Brennstoffe, die Erdgas und/oder Brennöl einschliessen, aber nicht auf diese beschränkt sind. Die Brennkammeranordnung 104 leitet den Verbrennungsgasstrom zur Turbine 108, wobei thermische Energie aus dem Gasstrom in mechanische Rotationsenergie umgewandelt wird.

**[0010]** Fig. 2 ist eine schematische Querschnittsansicht der Brennkammeranordnung 104. Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht der Brennkammeranordnung 104 entlang der Linie 3–3. Im Besonderen veranschaulicht Fig. 3 ein beispielhaftes Brennstoff-Luft-Array 128, das mit der Brennkammeranordnung 104 verwendet wird. Im Allgemeinen umfasst die Brennkammeranordnung 104 zumindest einen ersten Fluiddurchgang, der einen ersten Fluideinlass definiert, wobei sowohl der Durchgang als auch der Einlass die Bildung eines ersten Fluidstroms erleichtern. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst die Brennkammeranordnung 104 zumindest einen Luftdurchgang 122. Darüber hinaus umfasst die Brennkammeranordnung 104 im Allgemeinen zumindest einen zweiten Fluiddurchgang, der einen zweiten Fluideinlass definiert, wobei sowohl der Durchgang als auch der Einlass die Bildung eines zweiten Fluidstroms erleichtern. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst die Brennkammeranordnung 104 eine Vielzahl von Brennstoffdurchgängen 120. Alternativ umfasst die Brennkammeranordnung 104 eine Vielzahl von ersten Fluid- oder Luftdurchgängen benachbart zu zumindest einem zweiten Fluid- oder Brennstoffdurchgang (beide nicht dargestellt), die so konfiguriert und innerhalb der Brennkammeranordnung 104 angeordnet sind, dass sie den Betrieb des Motors 100 wie hierin beschrieben fördern.

**[0011]** Der Luftdurchgang 122 ist in Strömungsverbindung mit zumindest einer ersten Fluidquelle gekoppelt, welche in der beispielhaften Ausführungsform der Kompressor 102 (in Fig. 1 dargestellt) ist. Alternativ kann die erste Fluidquelle jede Quelle sein, die den Betrieb des Motors 100, wie hierin beschrieben, fördern kann. Brennstoffdurchgänge 120 sind in Strömungsverbindung mit zumindest einer zweiten Fluidquelle gekoppelt, welche in der beispielhaften Ausführungsform eine Brennstoffquelle (in Fig. 2 oder 3 nicht dargestellt) ist.

**[0012]** In der beispielhaften Ausführungsform definiert der Luftdurchgang 122 einen Lufteinlass 124 innerhalb eines Teils der Brennkammerwandung 105, welcher das Leiten eines Luftstroms 132 (durch den zugehörigen Pfeil veranschaulicht) fördert. In ähnlicher Weise definieren in der beispielhaften Ausführungsform die Brennstoffdurchgänge 120 eine Vielzahl von Brennstoffeinlässen 126 innerhalb eines Teils einer Brennkammerwandung 105. Die Brennstoffdurchgänge 120 erleichtern das Leiten einer Vielzahl von Brennstoffströmen 130 (durch eine Vielzahl von zugehörigen Pfeilen veranschaulicht). Alternativ können erste Fluiddurchgänge (oder Luftdurchgang 122) und/oder zweite Fluiddurchgänge (oder Brennstoffdurchgänge 120) so konfiguriert sein, dass sie andere Fluide leiten, welche vorgemischten Brennstoff und Luft, inerte Verdüner und Abgase einschliessen, aber nicht auf diese beschränkt sind.

**[0013]** Im zusammengebauten Zustand definieren die Brennstoffeinlässe 126, der Lufteinlass 124 und die Brennkammerwandung 105 ein Brennstoff-Luft-Array 128. In der beispielhaften Ausführungsform stellt das Array 128 ein Verfahren zur Verbrennung unter magerer Direkteinspritzung (LDI) innerhalb der Brennkammeranordnung 104 bereit, wie im Folgenden weiter beschrieben. Fig. 2 und 3 veranschaulichen den Luftdurchgang 122 im Wesentlichen senkrecht zur Wandung 105 und im Wesentlichen parallel zur Zentrallinie 107 der Verbrennungskammer. Wie unten weiter erklärt wird, ist das Brennstoff-Luft-Array 128 so konfiguriert, dass der Durchgang 122 und der zugehörige Lufteinlass 124 einen beliebigen Eintrittswinkel in die Verbrennungskammer 106 in Bezug auf die Wandung 105 und die Zentrallinie 107, aufweisen. Insbesondere kann der Durchgang 122 so konfiguriert sein, dass er eine aufwärts oder abwärts gerichtete Orientierung und/oder eine Orientierung nach links oder rechts sowie eine beliebige Kombination daraus, in Bezug auf die Zentrallinie 107, aufweist. Daher ist in der beispielhaften Ausführungsform der Durchgang 122 so konfiguriert, dass er eine beliebige Orientierung in Bezug auf die Wandung 105 und die Zentrallinie 107 aufweist, welche das Aufeinandertreffen des Brennstoffstroms 130 und des Luftstroms 132 wie hierin beschrieben fördert.

**[0014]** Ein Verfahren zum Betrieb des Turbinenmotors 100 umfasst das Vorsehen zumindest einer Brennkammeranordnung 104 mit einer darin definierten Verbrennungskammer 106, wobei die Verbrennungskammer 106 eine sich durch dieselbe erstreckende Zentrallinie 107 aufweist. Das Verfahren umfasst auch das Einspritzen zumindest eines ersten Fluidstroms in die Verbrennungskammer 106, wobei in der beispielhaften Ausführungsform das Verfahren das Einspritzen des Luftstroms 132 in die Verbrennungskammer 106 umfasst. Das Verfahren umfasst das Weiteren das Einspritzen zumindest eines zweiten Fluidstroms in die Verbrennungskammer, wobei in der beispielhaften Ausführungsform das Verfahren das Einspritzen des Brennstoffstroms 130 in die Verbrennungskammer 106 mit einem schiefen Winkel 134 in Bezug auf den Luftstrom 132 umfasst, wodurch der Brennstoffstrom 130 mit dem Luftstrom 132 geschnitten und vermischt wird. Alternativ leiten erste Fluiddurchgänge (oder Luftdurchgang 122) und/oder zweite Fluiddurchgänge (oder Brennstoffdurchgänge 120) andere Fluidströme (nicht dargestellt), welche vorgemischten Brennstoff und Luft, inerte Verdüner und Abgase einschliessen, aber nicht auf diese beschränkt sind.

**[0015]** Im Betrieb leiten die Brennstoffdurchgänge 120 eine Vielzahl von Brennstoffströmen 130, und der Luftdurchgang 122 leitet den Luftstrom 132 durch das Brennstoff-Luft-Array 128 in die Verbrennungskammer 106 hinein. Der Luftstrom 132 kann im Wesentlichen gleichmässig oder auch nicht gleichmässig strömen; zum Beispiel kann der Strom 132 vor dem Eintritt in das Brennstoff-Luft-Array 128 verwirbelt werden. In der illustrierten Ausführungsform wird der Luftstrom 132 in die Verbrennungskammer 106 im Wesentlichen parallel zur Zentrallinie 107 der Verbrennungskammer und im Wesentlichen senkrecht zur Wandung 105 eingespritzt. Um das Vermischen zu verbessern, werden die Brennstoffströme 130 jeweils mit vorbestimmten, schiefen radialen Einfallswinkeln 134 in Bezug auf den Luftstrom 132 und mit vorbestimmten schiefen umlaufenden Einfallswinkeln 136 (in Fig. 3 dargestellt) in Bezug auf den Luftstrom 132 in die Verbrennungskammer

106 eingespritzt. Insbesondere werden in der beispielhaften Ausführungsform die Brennstoffströme 130 jeweils mit einem radialen Einfallswinkel 134 zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$ , und mit einem umlaufenden Einfallswinkel 136 zwischen  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  eingespritzt. Die Anzahl der Brennstoffeinlässe 126, die Werte der radialen Winkel 134 und die Werte der umlaufenden Winkel 136 werden variabel auf Grundlage einer Reihe von Betriebsparametern ausgewählt, welche nach dem Aufeinandertreffen der Brennstoffströme 130 und des Luftstroms 132 ein gründliches und schnelles Vermischen des Brennstoffs und der Luft fördern.

**[0016]** In der beispielhaften Ausführungsform schliessen die Brennstoffströme 130 Prozessgas und/oder Syngas als Primärbrennstoffe ein. Alternativ kann jeder beliebige Brennstoff verwendet werden, der den Betrieb der Brennkammeranordnung 104 wie hierin beschrieben erleichtert. Syngas wird unter Verwendung von im Stand der Technik bekannten Verfahren synthetisiert und hat typischerweise eine variable chemische Zusammensetzung, die zumindest zum Teil von dem Syntheseverfahren abhängt. Prozessgas ist typischerweise ein Nebenprodukt chemischer Prozesse, welche die Erdölraffinerie einschliessen, ohne auf diese beschränkt zu sein. Syngas und Prozessgas schliessen typischerweise verdampfte Kohlenwasserstoffe ein, welche Flüssigbrennstoffe oder Destillate einschliessen können, aber nicht auf diese beschränkt sind. Syngas und Prozessgas können auch weniger reaktive verbrennbare Bestandteile, inerte Stoffe und Verunreinigungen im Vergleich zu den zugehörigen primären verbrennbaren Bestandteilen, die im Stand der Technik bekannt sind, einschliessen.

**[0017]** In der beispielhaften Ausführungsform stellt das Array 128 ein Verfahren zur Verbrennung unter magerer Direktspritzung (LDI) innerhalb der Brennkammeranordnung 104 bereit. Ein LDI-Verfahren zur Verbrennung ist typischerweise definiert als ein Einspritzungsschema, das Brennstoff und Luft in eine Verbrennungskammer einer Brennkammer einspritzt, ohne die Luft und den Brennstoff vor dem Einspritzen vorzumischen. Dieses Verfahren steht im Gegensatz zu einem Verbrennungsverfahren unter magerer, vorgemischter Einspritzung, die typischerweise definiert ist durch Vormischen zumindest eines Teils von jeweils Brennstoff und Luft innerhalb eines Vormischungsabschnittes einer Brennkammer, wodurch ein Brennstoff-Luft-Gemisch gebildet wird, das in der Folge in eine Verbrennungskammer eingespritzt wird. Das Verbrennungsverfahren unter magerer, vorgemischter Einspritzung ist typischerweise gekennzeichnet durch niedrigere Flammentemperaturen als solche, die herkömmliche, nicht vorgemischte oder Diffusionsverbrennungsverfahren typischerweise kennzeichnen. Die niedrigeren Verbrennungstemperaturen, die zu einem Verbrennungsverfahren unter magerer, vorgemischter Einspritzung gehören, erleichtern eine Reduktion in der Rate und Grössenordnung der  $\text{NO}_x$ -Bildung. Das Brennstoff-Luft-Gemisch ist jedoch im Allgemeinen entzündlich, und ein Potenzial für unerwünschten Rückschlag der Zündung und Verbrennung in den Vormischungsabschnitt der Brennkammer wird gefördert.

**[0018]** Einige Brennstoff- und Luftgemische fördern im Allgemeinen schnelle Reaktionsraten und in der Folge auch eine relativ hohe Flammengeschwindigkeit im Vergleich zu anderen Brennstoffen. Die Flammengeschwindigkeit kann definiert werden als eine Rate der Zündung, Ausbreitung und Verbreitung der Verbrennung innerhalb eines Brennstoff-Luft-Gemischs. Eine Flammengeschwindigkeit, die im Wesentlichen gleich einer Brennstofffliessgeschwindigkeit ist, fördert eine im Wesentlichen stabile und feststehende Flamme. Höhere Flammengeschwindigkeiten können die Selbstzündung, den Rückschlag und/oder die Flammenhaltung innerhalb von Bereichen einer Brennkammer fördern, die nicht dafür ausgelegt sind, eine zugehörige benachbarte Wärmefreisetzung aufzunehmen. Die Flammenhaltung wird erleichtert, wenn eine Verweilzeit eines Gemischs aus Brennstoff und Luft in einem vorbestimmten Volumen grösser ist als die Reaktionszeit des Brennstoff- und Luftgemischs innerhalb desselben Volumens, und als Ergebnis der Verbrennung von Brennstoff und Luft wird eine resultierende Flamme realisiert. Im Besonderen kann, wenn eine Flammengeschwindigkeit im Wesentlichen ähnlich einer Fliessgeschwindigkeit eines Brennstoff-Luft-Gemischs ist, die resultierende Flamme als stabil bezeichnet werden.

**[0019]** Thermisches  $\text{NO}_x$  ist typischerweise definiert als  $\text{NO}_x$ , das während der Verbrennung von Brennstoff und Luft durch Hochtemperaturoxidation von in der Luft vorhandenem Stickstoff gebildet wird. Die Bildungsrate ist in erster Linie eine Funktion einer zu der lokalen Verbrennung von Brennstoff und Luft innerhalb eines vorbestimmten Bereichs gehörigen Temperatur und der Verweilzeit von Stickstoff bei dieser Temperatur, wobei die Verweilzeit im Wesentlichen der Verweilzeit von Brennstoff und Luft wie oben beschrieben ähnlich ist. Daher sind zumindest zwei Faktoren, die die  $\text{NO}_x$ -Produktion beeinflussen, die Verbrennungstemperaturen und die Verweilzeit des Stickstoffs bei diesen Temperaturen. Die Verweilzeit ist des Weiteren definiert als die Zeitperiode, in welcher ein Teil des Brennstoffs und ein Teil der Luft zusammen bis zur vollständigen Zündung und Verbrennung vermischt werden, so dass nur Nachverbrennungsprodukte verbleiben, die Wärme, Wasser, Stickstoff und Kohlendioxid einschliessen, aber nicht auf diese beschränkt sind. Im Allgemeinen steigt mit der Verbrennungstemperatur und/oder der Verweilzeit auch die Rate der  $\text{NO}_x$ -Erzeugung. Die Optimierung der Verweilzeiten und Temperaturen fördert die vollständige Verbrennung und auch die Verringerung der  $\text{NO}_x$ -Erzeugung. Die hohe Reaktionsrate bestimmter Brennstoffe und Luft fördert wie oben beschrieben die Verringerung der Brennstoff- und Luftvermischung, wodurch die  $\text{NO}_x$ -Produktion gefördert wird. Dies hat seine Ursache in erhöhten lokalen Temperaturen, die mit der schnellen Zündung des Brennstoffs in Verbindung stehen, sowie der erhöhten Verweilzeit, die erforderlich ist, um den Brennstoff und die Luft zu kombinieren, um die im Wesentlichen vollständige Verbrennung zu fördern. Im Allgemeinen erleichtert das Nivellieren einer vorbestimmten Reaktionsrate von Brennstoff- und Luftmolekülen in einem vorbestimmten Volumen durch aggressive Brennstoff- und Luftvermischung das Nivellieren der lokalen exothermen Energiefreisetzung und dadurch der lokalen Temperaturen innerhalb des Volumens.

**[0020]** Wenn die Bedingungen derartig sind, dass ein Brennstoff-Luft-Gemisch sich entzünden kann, tritt eine vollständige Zündung, die eine Flamme erzeugt, nicht unmittelbar auf, sondern die Zündung erfolgt mit einer Verzögerung, die typischerweise als eine Zündverzögerung oder eine Induktionsperiode bezeichnet wird und von Faktoren abhängig ist, die den spezifischen Typ des gezündeten Brennstoffs, eine Temperatur des Brennstoff-Luft-Gemischs und die relativen Konzentrationen von Brennstoffmolekülen und Luftmolekülen einschliessen, jedoch nicht auf diese beschränkt sind. Mit zunehmender Dauer der Induktionsperiode nimmt auch die zum Mischen von Luft und Brennstoff vorhandene Zeit zu. Einige Brennstoffe haben typischerweise eine relativ kurze Induktionsperiode. Im Gegensatz zur Verweilzeit erleichtert eine verkürzte Induktionsperiode die Verbrennung auf mikroskopischer Ebene, während sie den Bedarf nach einer längeren Verweilzeit fördert, um die gründliche Vermischung von Brennstoff und Luft und die im Wesentlichen vollständige Verbrennung auf einer makroskopischen Ebene zu fördern.

**[0021]** Flammenstabilität, Vollständigkeit der Verbrennung und  $\text{NO}_x$ -Produktion können auch durch Turbulenz und/oder Drall von Brennstoff und Luft vor der Verbrennung beeinflusst werden. Eine relative Grössenordnung des Dralls wird oft durch eine Drallzahl dargestellt. Eine Drallzahl ist typischerweise definiert als ein Verhältnis eines tangentialen Moments von Brennstoff- und Luftmolekülen verglichen mit, oder geteilt durch, ein axiales Moment derselben Brennstoff- und Luftmoleküle. Drall und Turbulenz stehen insofern in Kontrast zueinander, als eine Drallzahl eine Kennzahl ist, welche die Grössenordnung der Turbulenz widerspiegelt. Die Grössenordnung der Turbulenz kann auch durch Eigenschaften widerspiegelt werden, die irreguläre (oder stochastische) oder diffuse Ströme einschliessen, aber nicht auf diese beschränkt sind. Eine Erhöhung der Turbulenz und/oder des Dralls kann eine Verringerung der Verweilzeit und der Spitzen- und lokalen Verbrennungstemperaturen von Brennstoff und Luft fördern, wodurch eine Verringerung der  $\text{NO}_x$ -Produktion gefördert wird.

**[0022]** In einigen Ausführungsformen können Fluide, die vorgemischten Brennstoff und Luft, inerte Verdüner und Abgase einschliessen, aber nicht auf diese beschränkt sind, ebenfalls eingespritzt werden, um Verfahren zur Herstellung der Flammenstabilität, Vollständigkeit der Verbrennung, und einer Verringerung der  $\text{NO}_x$ -Produktion wie hierin beschrieben zu fördern. Im Weiteren ist, wenn nichts anderes vermerkt wird, wo nur Brennstoff und Luft diskutiert werden, davon auszugehen, dass die Diskussion auch solche Fluide zum Einspritzen in die Verbrennungskammer 106 in Zusammenarbeit mit Brennstoff und Luft einschliesst.

**[0023]** Das gegenseitige Aufeinandertreffen von mehreren Strömungen, zum Beispiel Brennstoff- und Luftströme 130 bzw. 132, sowie inerte Verdüner und/oder zumindest zum Teil vorgemischter Brennstoff und Luft (beide nicht dargestellt), innerhalb des Brennstoff-Luft-Arrays 128 mit vorbestimmten Einfallswinkeln, Fliessgeschwindigkeiten und Massenströmungsraten, bildet einen vorbestimmten Wirbel (nicht dargestellt), der zumindest ein lokales Strömungsfeld (nicht dargestellt) umfasst, das innerhalb eines vorbestimmten Volumens definiert ist und eine vorbestimmte Menge von Eigenschaften aufweist, welche eine vorbestimmte Turbulenz, Verweilzeit und Temperatur einschliesst, jedoch nicht auf diese beschränkt ist. Eine Brennkammeranordnung, zum Beispiel Anordnung 104, mit mehreren Brennstoff-Luft-Arrays 128 fördert die Bildung des Wirbels, der mehrere lokale Strömungsfelder (nicht dargestellt) umfasst. Solche mehrfachen lokalen Strömungsfelder können miteinander zusammenwirken, um den Wirbel (nicht dargestellt) zu bilden, welcher wie im Weiteren besprochen ein Massenströmungsfeld (nicht dargestellt) umfasst.

**[0024]** Das Brennstoff-Luft-Array 128 erleichtert ein schnelles Vermischen von Brennstoff und Luft innerhalb eines vorbestimmten lokalen Strömungsfelds (nicht dargestellt) nach dem Einlass in die Verbrennungskammer 106. Innerhalb des Arrays 128 sind die Anzahl der Brennstoffeinlässe 126, die Werte der Einspritzwinkel des Luftstroms 132 in Bezug auf die Zentrallinie 107, die Werte der radialen Winkel 134 und die Werte der umlaufenden Winkel 136 (in Fig. 3 dargestellt) sowie die Grösse und Dimension der Einlässe 124 und 126 variabel ausgewählt, um ein vorbestimmtes Strömungsfeld zu bilden, das ein schnelles und gründliches Vermischen von Brennstoff und Luft fördert. Im Besonderen wird innerhalb zumindest eines Teils der Betriebsbereiche des Motors 100 (in Fig. 1 dargestellt) der Brennstoff in die Verbrennungskammer 106 über die Einlässe 126 mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit eingespritzt, die typischerweise schneller ist als die Einspritzgeschwindigkeit der über den Einlass 124 in die Kammer 106 eingespritzten Luft. Die höhere Geschwindigkeit des Brennstoffstroms 130 fördert das schnelle und gründliche Vermischen des Brennstoffstroms 130 und des Luftstroms 132 innerhalb des lokalen Strömungsfelds der Verbrennungskammer 106 beim Aufeinandertreffen der Ströme 130 und 132. Ein schnelleres und gründlicheres Vermischen der Ströme 130 und 132 erleichtert es, die Verweilzeit des Brennstoff-Luft-Gemischs zu verringern, so dass die vorbestimmte Verweilzeit innerhalb des lokalen Strömungsfelds sich der Induktionsperiode des thermischen  $\text{NO}_x$  annähert. Darüber hinaus fördert ein schnelleres und gründlicheres Vermischen vor der darauf folgenden Verbrennung die Reduktion der Verbrennungstemperatur innerhalb des lokalen Strömungsfelds durch Nivellieren einer lokalen Wärmefreisetzungsrate, wie oben beschrieben. Beide dieser Effekte der schnellen Vermischung fördern die Reduktion der  $\text{NO}_x$ -Produktion, während gleichzeitig die Steigerung der Wärmefreisetzungsrate je Volumeneinheit der Brennkammeranordnung 104 gefordert wird.

**[0025]** LDI-Verfahren zur Verbrennung, wie sie durch das Brennstoff-Luft-Array 128 gefordert werden, fördern auch eine Reduktion der Potenziale für Selbstzündung, Rückschlag und Flammenhaltung (in anderen als den vorbestimmten Bereichen der Verbrennungskammer 104) in Bezug auf Verbrennungsverfahren unter magerer, vorgemischter Einspritzung. Zum Beispiel reduziert das Nichtvorhandensein einer Vormischung von Brennstoff und Luft oberstromig der Einlässe 124 und 126 ein Potenzial für Selbstzündung und Rückschlag innerhalb des Arrays 128 auf im Wesentlichen Null. Daher

schaffen LDI-Verbrennungsverfahren einige der Vorteile der Verbrennungsverfahren unter Diffusion und unter magerer, vorgemischter Einspritzung, ohne einige der Nachteile derselben aufzuweisen.

**[0026]** Fig. 4 ist eine schematische Querschnittsansicht eines alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 140, das mit der Brennkammeranordnung 104 verwendet werden kann. Das Array 140 ist im Wesentlichen ähnlich dem Array 128, mit der Ausnahme, dass das Array 140 zumindest einen Spül- und Kühlluftdurchgang 141 umfasst, der in Strömungsverbindung mit dem Luftdurchgang 122 und der Verbrennungskammer 106 gekoppelt ist. Jeder der Durchgänge 141 bildet einen Einlass 142 innerhalb der Wandung 105, der das Leiten eines Spül- und Kühlluftstroms 143 in die Kammer 106 hinein fördert. Die Luftdurchgänge 141 können in einem beliebigen Winkel in Bezug auf die Zentrallinie 107 und Wandung 105 orientiert sein, um den Betrieb der Brennkammeranordnung 104 wie hierin beschrieben zu fördern, einschliesslich zum Beispiel nicht parallel zu dem Luftdurchgang 122 und in unterschiedlichen Winkeln relativ zueinander. Im Betrieb fördern die Luftdurchgänge 141 eine Verringerung der Flammenhaltung nahe der Wandung 105 zwischen dem Lufteinlass 124 und den Brennstoffeinlässen 126, indem zumindest ein Teil des Luftstroms 132 in die zugehörigen Bereiche innerhalb der Kammer 106 eingespritzt wird. Ein solches Verfahren fördert das Wegspülen von Brennstoff von der Wandung 105. Darüber hinaus fördert ein solches Verfahren die Kühlung lokaler Bereiche der Wandung 105. Alternativ leiten die Durchgänge 141 Brennstoff-Luft-Gemische und/oder inerte Verdüner, um eine Verringerung der Flammenhaltung zu fördern und wie oben beschrieben die Kühlung zu fördern.

**[0027]** Fig. 5 ist eine schematische Querschnittsansicht eines weiteren alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 145, das mit der Brennkammeranordnung 104 verwendet werden kann. Das Array 145 ist im Wesentlichen ähnlich dem Array 128, mit der Ausnahme, dass das Array 145 zumindest einen Spül- und Kühlfluiddurchgang 146 umfasst, der in Strömungsverbindung mit zumindest einer Fluidquelle (nicht dargestellt in Fig. 5) und der Verbrennungskammer 106 gekoppelt ist. In einer alternativen Ausführungsform schliessen die Fluide, die verwendet werden können, Luft, vorgemischten Brennstoff und Luft und/oder inerte Verdüner ein, sind aber nicht auf diese beschränkt. Jeder der Durchgänge 146 bildet einen Einlass 147 innerhalb der Wandung 105, der das Leiten eines Spül- und Kühlluftstroms 148 in die Kammer 106 hinein fördert. Die Luftdurchgänge 146 können in einem beliebigen Winkel in Bezug auf die Zentrallinie 107 und Wandung 105 orientiert sein, um den Betrieb der Brennkammeranordnung 104 wie hierin beschrieben zu fördern, einschliesslich zum Beispiel nicht parallel zu dem Luftdurchgang 122 und in unterschiedlichen Winkeln relativ zueinander. Im Betrieb fördern die Luftdurchgänge 146 eine Verringerung der Flammenhaltung nahe der Wandung 105 zwischen dem Lufteinlass 124 und den Brennstoffeinlässen 126, indem Fluidströme 148 in die zugehörigen Bereiche innerhalb der Kammer 106 eingespritzt werden. Ein solches Verfahren fördert das Wegspülen von Brennstoff von der Wandung 105. Darüber hinaus fördert ein solches Verfahren die Kühlung lokaler Bereiche der Wandung 105.

**[0028]** Fig. 6 ist eine schematische Querschnittsansicht der alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 140 (in Fig. 4 gezeigt) und 145 (in Fig. 5 gezeigt) entlang der Linie 6-6. Spül- und Kühlfluideinlässe 142 sind radial zwischen den Brennstoffeinlässen 126 und dem Lufteinlass 124 innerhalb des Arrays 140 angeordnet. Die Spül- und Kühlfluideinlässe 147 sind auf eine ähnliche Weise innerhalb des Arrays 145 angeordnet. Die Einlässe 142 und Einlässe 147 können in umlaufender Richtung um den Einlass 124 herum angeordnet sein, der den Betrieb der Brennkammeranordnung 104 wie hierin beschrieben fördert. Des Weiteren kann alternativ eine beliebige Kombination von Lufteinlässen 142 und Fluideinlässen 147 verwendet werden, welche den Betrieb der Brennkammeranordnung 104 wie hierin beschrieben fördert. Alternativ schliessen die Brennstoff-Luft-Arrays 140 und 145 eine Vielzahl von ersten Fluid- oder Luftdurchgängen in umlaufender Richtung benachbart zu zumindest einem zweiten Fluid- oder Brennstoffdurchgang (beide nicht dargestellt) ein, die so konfiguriert und innerhalb der Brennstoff-Luft-Arrays 140 und 145 angeordnet sind, dass sie den Betrieb des Motors 100 wie hierin beschrieben erleichtern.

**[0029]** Fig. 7 ist eine schematische Seitenansicht einer Vielzahl von beispielhaften Brennstoff-Luft-Arrays 128, die mit der Brennkammeranordnung 104 verwendet werden können. In der beispielhaften Ausführungsform umfasst die Wandung 105 eine Vielzahl von Brennstoff-Luft-Arrays 128, die in vorbestimmten Abständen voneinander angeordnet sind. Eine vergrösserte Anzahl von Arrays 128, die innerhalb eines spezifischen Bereichs der Wandung 105 angeordnet sind, d. h., eine grössere Dichte von Arrays 128, fördert ein höheres Verhältnis des Oberflächenbereichs der Wandung 105, der zu den Arrays 128 zugehörig ist, zur volumetrischen Fluidströmung durch die Arrays 128 in die Verbrennungskammer 106 (in Fig. 2 dargestellt). Eine Erhöhung dieses «Oberflächen/Volumen»-Verhältnisses fördert in der Folge die Steigerung der Gründlichkeit und Schnelligkeit der Vermischung von Brennstoff und Luft innerhalb der Verbrennungskammer 106, wodurch eine Verringerung der Verweilzeit und eine Verringerung der Verbrennungstemperatur gefördert werden, so dass in der Folge eine Verringerung der NO<sub>x</sub>-Produktion gefördert wird. Alternativ können die Brennstoff-Luft-Arrays 140 und/oder 145 an Stelle von oder benachbart zu Brennstoff-Luft-Arrays 128 angeordnet sein. Alternativ werden des Weiteren alternative Ausführungsformen (nicht dargestellt) der Brennstoff-Luft-Arrays 128, 140 und/oder 145 verwendet, die eine Vielzahl von ersten Fluid- oder Luftdurchgängen in umlaufender Richtung benachbart zu zumindest einem zweiten Fluid- oder Brennstoffdurchgang (beide nicht dargestellt) einschliessen, die so konfiguriert und innerhalb der Brennstoff-Luft-Arrays 128, 140 und/oder 145 angeordnet sind, um den Betrieb des Motors 100 wie hierin beschrieben zu erleichtern.

**[0030]** Fig. 8 ist eine schematische Seitenansicht eines alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 150, das mit der Brennkammeranordnung 104 verwendet werden kann. Das Array 150 umfasst eine Vielzahl von Brennstoffeinlässen 152 und Lufteinlässen 154, die innerhalb der Wandung 105 definiert sind. Die Einlässe 152 und 154 sind im Wesentlichen ähnlich den Einlässen 126 bzw. 124 (in Fig. 2 und 3 dargestellt). Innerhalb der Wandung 105 ist eine Vielzahl von ringförmigen inneren,

mittleren und äusseren konzentrischen Ringen 151, 153 bzw. 155 von Brennstoffeinlässen 152 und Lufteinlässen 154 definiert. Jeder der Einlässe 152 und 154 ist mit vorbestimmten radialen und umlaufenden Einfallswinkeln (nicht dargestellt in Fig. 8) konfiguriert, um eine Vielzahl von Zusammenstössen von Brennstoff und Luft zu bilden, die wie oben beschrieben das Vermischen von Luft und Brennstoff und die Wirbelbildung fördert. Zum Beispiel ist jeder der Einlässe 152 konfiguriert, um das Aufeinandertreffen von Brennstoff mit Luft, die zu den in umlaufender Richtung benachbarten Lufteinlässen 154 zugehörig ist, zu fördern, um einen Wirbel zu bilden, der eine Vielzahl von vorbestimmten lokalen Strömungsfeldern einschliesst. Solche lokalen Strömungsfelder fördern die Bildung lokaler Verbrennung mit lokalen Flammen. Eine solche Brennstoff- und Luftvermischung und lokale Flammenbildung erleichtert das Kombinieren lokaler Flammen, um des Weiteren die Bildung vorbestimmter Massenströmungsfelder und Massenflammen wie des Weiteren beschrieben zu fördern.

**[0031]** Eine Ausführungsform des alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 150 umfasst, die Ringe 151, 153 und 155 so zu konfigurieren, um im Wesentlichen konzentrische, gegenläufig drehende oder mit gegenläufigem Drall fließende Brennstoff-Luft-Vermischungs-/Verbrennungsströmungsfelder (nicht dargestellt) zu bilden, die in der Folge ein vorbestimmtes Massenströmungsfeld (nicht dargestellt) bilden. Zum Beispiel können die Ringe 151 und 155 konfiguriert sein, um im Uhrzeigersinn rotierende Strömungsfelder zu bilden, während der Ring 153 konfiguriert ist, um ein Strömungsfeld gegen den Uhrzeigersinn zu bilden. Jede aus der Vielzahl von radial benachbarten konzentrischen Ringen von Drallmischungen, die die zugehörigen Strömungsfelder definiert, kann zugehörige Fluidströme aufweisen, die in im Wesentlichen entgegengesetzte umlaufende Richtungen strömen. Die Schnittpunkte der gegenüberliegenden Fluidströme sind typischerweise gekennzeichnet durch Verwirbelungen, die innerhalb der lokalen Strömungsfelder in dieselbe Richtung strömen. Das resultierende Massenströmungsfeld umfasst Wechselwirkungen benachbarter, mit gegenläufigem Drall fließender Strömungsfelder, die die Bildung einer vorbestimmten Drallzahl und Turbulenz innerhalb des Massenströmungsfelds fördern, wodurch die Bildung eines im Wesentlichen dralllosen Massenströmungsfelds mit guten Flammenhaltungseigenschaften gefördert wird.

**[0032]** Darüber hinaus fördern die Bereiche des Massenströmungsfelds, wo sich die Brennstoff- und Luftströme (nicht dargestellt in Fig. 8) lokal schneiden, die Flammenstabilisierung. Darüber hinaus umfasst das resultierende Massenströmungsfeld Wechselwirkungen benachbarter, mit gleichläufigem Drall fließender Strömungsfelder, die den Drall und die Turbulenz innerhalb des Massenströmungsfelds fördern, was des Weiteren die Bildung des vorbestimmten Wirbels erleichtert. Eine solche Wirbelbildung fördert auch die Wirbelauflösung, wobei sich eine Rezirkulationszone (nicht dargestellt) zwischen dem Massenströmungsfeld und der Wandung 105 bildet und die Brennstoff-Luft-Gemische aus dem Massenströmungsfeld in die Rezirkulationszone hinein austreten. Die Brennstoff-Luft-Gemische werden dann wieder in das Massenströmungsfeld zurück eingespritzt, wodurch erleichtert wird, die Turbulenz des Massenströmungsfelds zu erhöhen und die Brennstoff- und Luftverweilzeit, die Verbrennungstemperaturen innerhalb des Massenströmungsfelds und in der Folge die  $\text{NO}_x$ -Bildung zu verringern. Eine solche Wirbelauflösung erleichtert auch die Flammenstabilisierung.

**[0033]** Eine weitere Ausführungsform des alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 150 umfasst, die Ringe 151, 153 und 155 so zu konfigurieren, dass ein Wirbel gebildet wird, der im Wesentlichen ringförmige, gleichsinnig rotierende Brennstoff-Luft-Vermischungs-/Verbrennungsströmungsfelder (nicht dargestellt) umfasst, die in der Folge ein vorbestimmtes Massenströmungsfeld bilden (nicht dargestellt). Zum Beispiel können die Ringe 151, 153 und 155 konfiguriert sein, um zusammen im Uhrzeigersinn rotierende oder wirbelnde Strömungsfelder zu bilden. Jeder aus der Vielzahl von radial benachbarten konzentrischen Ringen von Drallmischungen, welche die zugehörigen Strömungsfelder definiert, kann zugehörige Fluidströme aufweisen, die in im Wesentlichen gleiche umlaufende Richtungen fließen. Das resultierende Massenströmungsfeld umfasst Wechselwirkungen benachbarter, mit gleichem Drall fließender Strömungsfelder, die einander so entgegengesetzt sind, dass sie die Drall- und Turbulenzbildung innerhalb des Massenströmungsfelds fördern, was des Weiteren die Bildung des vorbestimmten Wirbels mit Brennstoff- und Luftmischungseigenschaften fördert, die typischerweise jenen von Ausführungsformen mit gegenläufigem Drall wie oben beschrieben überlegen sind.

**[0034]** Eine weitere Ausführungsform des alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 150 umfasst, einen jeden der Brennstoffeinlässe 152 und Lufteinlässe 154 so zu konfigurieren, dass eine beliebige Kombination von Einlässen 152 und 154 in einem beliebigen der Ringe 151, 153 und 155 innerhalb eines Betriebsbereichs des Motors 100 (in Fig. 1 dargestellt) in Betrieb sein kann. Zum Beispiel ist das Array 150 so konfiguriert, dass eine vorbestimmte Anzahl und Anordnung von Brennstoffeinlässen 152 für einen bestimmten Bereich der Leistungserzeugung des Motors 100 in Betrieb sind. Die vorbestimmte Konfiguration aktiver Brennstoffeinlässe 152 fördert eine ausreichende Wärmefreisetzung, um die Leistungserzeugungsanforderungen zu unterstützen, während gleichzeitig ein Wirbel gebildet wird, der das Vermischen von Brennstoff und Luft fördert und die  $\text{NO}_x$ -Bildung verringert. Solche Konfigurationen können einschliessen, ohne darauf beschränkt zu sein, 153 so zu konfigurieren, dass lokale und einen Drall aufweisende Ringströmungsfelder gebildet werden, die mit vom Ring 151 gebildeten, und sich von jenen vom Ring 155 gebildeten unterscheidenden, lokalen und einen Drall aufweisenden Ringströmungsfeldern interagieren.

**[0035]** Fig. 9 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils des in Fig. 8 gezeigten Brennstoff-Luft-Arrays 150 entlang der Ellipse 9–9. Fig. 10 ist eine schematische Querschnittsansicht von oben des in Fig. 9 dargestellten Teils des Brennstoff-Luft-Arrays 150 entlang der Linie 10–10. In dieser Konfiguration ist jeweils ein Brennstoffeinlass 152, Lufteinlass 154, Brennstoffdurchgang 156 und Luftdurchgang 158 innerhalb der Wandung 105 der Brennkammeranordnung definiert. Eine relative Konfiguration der Einlässe 152 und 154 ist ebenfalls unterhalb des Arrays 150 veranschaulicht. Die Durchgänge 156 und 158 fördern jeweils das Leiten eines Brennstoffstroms 160 bzw. eines Luftstroms 162 über Einlässe

152 und 154 in die Verbrennungskammer 106. Der Brennstoffstrom 160 wird mit einem vorbestimmten Winkel 161 in die Kammer 106 eingespritzt, der schief zur Zentrallinie 107 der Verbrennungskammer steht (in Fig. 8 dargestellt). Der Luftstrom 162 wird mit einem vorbestimmten Winkel 163 in die Kammer 106 eingespritzt, der schief zur Zentrallinie 107 der Verbrennungskammer steht. Die Winkel 161 und 163 definieren einen vorbestimmten Einfallswinkel 164 der Ströme 160 und 162. Der vorbestimmte Einfallswinkel 164 der Ströme 160 und 162 fördert ein gründliches und schnelles Mischen des Brennstoffstroms 160 und des Luftstroms 162.

**[0036]** Fig. 11 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils eines alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 170, das mit der Brennkammeranordnung 104 (in Fig. 2 gezeigt) verwendet werden kann. Fig. 12 ist eine schematische Querschnittsansicht von oben des in Fig. 11 dargestellten alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 170 entlang der Linie 12–12. In dieser Konfiguration ist ein Paar von Brennstoffeinlässen 152, ein Lufteinlass 154, ein Paar von Brennstoffdurchgängen 156, und ein Luftdurchgang 158 innerhalb der Wandung 105 der Brennkammeranordnung definiert. Die Einlässe 152 und 154 sind aus perspektivischen Gründen unter dem Array 170 veranschaulicht. Die Durchgänge 156 und 158 fördern jeweils das Einspritzen des Brennstoffstroms 160 bzw. des Luftstroms 162 über Einlässe 152 bzw. 154 in die Verbrennungskammer 106. Der Einlass 154 ist konfiguriert, um den Luftstrom 162 im Wesentlichen parallel zur Zentrallinie 107 der Verbrennungskammer (in Fig. 8 dargestellt) in die Verbrennungskammer 106 einzuspritzen. Die Einlässe 152 sind konfiguriert, um die Ströme 160 mit einem vorbestimmten schiefen radialen Einfallswinkel 168 in die Kammer 106 einzuspritzen, der eine gründliche und schnelle Vermischung der Brennstoffströme 160 und des Luftstroms 162 fördert. Die Ströme 160 können auch mit einem vorbestimmten schiefen umlaufenden Einfallswinkel 136 (in Fig. 3 dargestellt) orientiert sein. Alternativ können auch ein Brennstoffeinlass 152, ein Paar von Lufteinlässen 154, ein Brennstoffdurchgang 156 und ein Paar von Luftdurchgängen 158 innerhalb der Wandung 105 der Brennkammeranordnung orientiert sein, mit Luftdurchgängen 158, um sicherzustellen, dass die Ströme 162 mit vorbestimmten schiefen radialen und umlaufenden Einfallswinkeln in den Strom 160 eingespritzt werden, um ein gründliches und schnelles Vermischen des Brennstoffstroms 160 und der Luftströme 132 zu fördern. Alternativ weist das Brennstoff-Luft-Array 170 auch eine beliebige Anzahl von Lufteinlässen 154 und Luftdurchgängen 158 für je einen einzelnen Brennstoffeinlass 152 und Brennstoffdurchgang 156 in einer beliebigen Konfiguration auf, die den Betrieb des Brennstoff-Luft-Arrays 170 wie hierin beschrieben erleichtert.

**[0037]** Fig. 13 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils eines alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 180, das mit der Brennkammeranordnung 104 (in Fig. 2 gezeigt) verwendet werden kann. Fig. 14 ist eine schematische Querschnittsansicht von oben des in Fig. 13 dargestellten Teils des alternativen Brennstoff-Luft-Arrays 180 entlang der Linie 14–14. In dieser Konfiguration sind vier Brennstoffeinlässe 152, ein Lufteinlass 154, vier Brennstoffdurchgänge 156 und ein Luftdurchgang 158 innerhalb der Wandung 105 der Brennkammeranordnung definiert. Eine relative Konfiguration der Einlässe 152 und 154 ist aus perspektivischen Gründen ebenfalls unterhalb des Arrays 180 dargestellt. Die Durchgänge 156 und 158 fördern jeweils das Leiten eines Brennstoffstroms 160 bzw. eines Luftstroms 162 über Einlässe 152 und 154 in die Verbrennungskammer 106. Der Einlass 154 ist konfiguriert, um den Luftstrom 162 im Wesentlichen parallel zur Zentrallinie 107 der Verbrennungskammer (in Fig. 8 dargestellt) in die Verbrennungskammer 106 einzuspritzen. Jeder Einlass 152 ist in umlaufender Richtung um den Einlass 154 herum orientiert, um vorbestimmte schiefe radiale und umlaufende Einfallswinkel der Ströme 160 (der radiale Winkel 172 ist aus perspektivischen Gründen dargestellt) sicherzustellen, was eine gründliche und schnelle Vermischung der Brennstoffströme 160 und des Luftstroms 162 fördert. Alternativ können auch ein Brennstoffeinlass 152, vier Lufteinlässe 154, ein Brennstoffdurchgang 156 und vier Luftdurchgänge 158 innerhalb der Wandung 105 der Brennkammeranordnung orientiert sein, wobei die Luftdurchgänge 158 konfiguriert sind, um sicherzustellen, dass die Ströme 162 in den Strom 160 eingespritzt werden, um ein gründliches und schnelles Vermischen des Brennstoffstroms 160 und des Luftstroms 162 zu fördern.

**[0038]** Jedes beliebige der Arrays 128 (in Fig. 2 und 3 dargestellt), 140 (in Fig. 4 und 6 dargestellt), 145 (in Fig. 5 und 6 dargestellt), 150 (in Fig. 8, 9 und 10 dargestellt), 170 (in Fig. 11 und 12 dargestellt) und 180 (in Fig. 13 und 14 dargestellt) kann ebenfalls das Leiten und Einspritzen einer beliebigen Kombination aus vorgemischtem Brennstoff, Luft, und/oder inerten Verdünnern über einen beliebigen Durchgang erleichtern, was die Verbrennung fördert, während  $\text{NO}_x$  wie hierin beschrieben verringert wird. Darüber hinaus kann jedes beliebige der Arrays 128, 140, 145, 150, 170 und 180 eine Verringerung der Flammenhaltung nahe der Wandung 105 fördern, indem kleine Einlässe für Luft oder inertes Fluid (ähnlich jenen, die in Fig. 4, 5 und 6 veranschaulicht und nicht in Fig. 8 bis 14 dargestellt sind) angeordnet werden, um das zugehörige Fluid einzuspritzen und die zugehörigen Bereiche von Brennstoff zu befreien, und auch um die Kühlung von zumindest einem Teil der Wandung 105 zu fördern.

**[0039]** Typischerweise kann die Verbrennung bestimmter Brennstoffe in Gasturbinenmotoren vom typischerweise als DLN bezeichneten Typ (dry low  $\text{NO}_x$ ) auf Grund der Eigenschaften, die mit den brennbaren Bestandteilen, zum Beispiel Wasserstoff, innerhalb der Brennstoffe verbunden sind, schwierig sein. Jedes der Arrays 128, 140, 145, 150, 170 und 180 kann im Wesentlichen in einen beliebigen Gasturbinenmotor eingesetzt werden, um die Verbrennung zu fördern und  $\text{NO}_x$  durch Direkteinspritzung von Brennstoff-, Luft- und/oder Verdünnern zur Unterstützung des Einspritzens von vorgemischtem Brennstoff, Luft und/oder Verdünnern zu reduzieren.

**[0040]** Darüber hinaus fördern die Arrays 128, 140, 145, 150, 170 und 180 die flexible Positionierung und Orientierung solcher Arrays 128, 140, 145, 150, 170 und 180 in einer breiten Palette von Geometrien, die den Betrieb des Motors 100 über eine breite Palette von Betriebsbereichen zur Leistungserzeugung und unter Verwendung einer breiten Palette von Brennstoffen und Verdünnern fördern, wie dies im Folgenden noch weiter ausgeführt wird. Darüber hinaus fördert eine

Erhöhung der Dichte von Brennstoff-Luft-Arrays 128, 140, 145, 150, 170 und 180 innerhalb des Motors 100 die Erhöhung einer Wärmefreisetzungsrate je Volumeneinheit des Motors 100, wodurch eine Reduktion der Grösse und der Kosten des Motors 100 für einen vorbestimmten Betriebsbereich der Leistungserzeugung gefördert wird.

**[0041]** Fig. 15 ist eine schematische Querschnittsansicht einer alternativen Brennkammeranordnung 204, die mit dem Motor 100 (in Fig. 1 dargestellt) verwendet werden kann. Die Brennkammeranordnung 204 umfasst eine Wandung 205, die zumindest zum Teil eine Verbrennungskammer 206 bildet. Die Brennkammeranordnung 204 umfasst auch eine Vielzahl von LDI-Brennstoff-Luft-Arrays 211, die im Wesentlichen den Arrays 128 (in Fig. 2 und 3 dargestellt), 140 (in Fig. 4 und 6 dargestellt), 145 (in Fig. 5 und 6 dargestellt), 150 (in Fig. 8, 9 und 10 dargestellt), 170 (in Fig. 11 und 12 dargestellt) und/oder 180 (in Fig. 13 und 14 dargestellt) ähnlich sind. Die Brennkammeranordnung 204 ist so konfiguriert, dass eine beliebige Anzahl von Arrays 211 angeordnet und in einer beliebigen Konfiguration orientiert ist, die die Bildung einer Vielzahl von lokalen und Massenströmungsfeldern (beide nicht dargestellt) erleichtert, die des Weiteren die Wärmefreisetzungsraten und die  $\text{NO}_x$ -Bildungsraten im Wesentlichen während des gesamten Betriebsbereichs des Motors 100 wie hierin beschrieben fördern. Die Brennkammeranordnung 204 umfasst des Weiteren ein Übergangsstück 212, das die Leitung eines Verbrennungsgasstroms 213 zu der Turbine 108 hin (in Fig. 1 dargestellt) erleichtert. In dieser alternativen Ausführungsform kann sich das Übergangsstück 212 mit einer kürzeren Länge, als sie oft im Stand der Technik verwendet wird, von der Verbrennungskammer 206 zur Turbine 108 hin erstrecken. Darüber hinaus können in dieser alternativen Ausführungsform das Übergangsstück 212 und die Wandung 205 als ein einteiliges Stück hergestellt sein.

**[0042]** Fig. 16 ist eine schematische Querschnittsansicht einer alternativen Brennkammeranordnung 304, die mit dem Motor 100 (in Fig. 1 dargestellt) verwendet werden kann. Die Brennkammeranordnung 304 umfasst eine Wandung 305, die zumindest zum Teil eine Verbrennungskammer 306 bildet. Die Brennkammeranordnung 304 umfasst auch eine Vielzahl von LDI-Brennstoff-Luft-Arrays 311, die im Wesentlichen den Arrays 128 (in Fig. 2 und 3 dargestellt), 140 (in Fig. 4 und 6 dargestellt), 145 (in Fig. 5 und 6 dargestellt), 150 (in Fig. 8, 9 und 10 dargestellt), 170 (in Fig. 11 und 12 dargestellt) und/oder 180 (in Fig. 13 und 14 dargestellt) ähnlich sind. Die Brennkammeranordnung 304 ist so konfiguriert, dass eine beliebige Anzahl von Arrays 311 angeordnet und in einer beliebigen Konfiguration orientiert ist, die die Bildung einer Vielzahl von lokalen und Massenströmungsfeldern (beide nicht dargestellt) erleichtert, die des Weiteren die Wärmefreisetzungsraten und die  $\text{NO}_x$ -Bildungsraten im Wesentlichen während des gesamten Betriebsbereichs des Motors 100 wie hierin beschrieben fördern. Die Brennkammeranordnung 304 ist direkt in Strömungsverbindung mit der Turbine 108 (in Fig. 1 dargestellt) gekoppelt und erleichtert die Leitung eines Verbrennungsgasstroms 313 zu der Turbine 108 hin, so dass kein Übergangsstück verwendet wird. Die Arrays 311 sind entlang der Wandung 305 angeordnet, um die Kühlung der Brennkammeranordnung 304 zu erleichtern.

**[0043]** Fig. 17 ist eine schematische Querschnittsansicht einer alternativen Brennkammeranordnung 404, die mit dem Motor 100 (in Fig. 1 dargestellt) verwendet werden kann. Die Brennkammeranordnung 404 umfasst eine Wandung 405, die zumindest zum Teil eine Verbrennungskammer 406 bildet. Die Brennkammeranordnung 404 umfasst auch eine Vielzahl von LDI-Brennstoff-Luft-Arrays 411, die im Wesentlichen den Arrays 128 (in Fig. 2 und 3 dargestellt), 140 (in Fig. 4 und 6 dargestellt), 145 (in Fig. 5 und 6 dargestellt), 150 (in Fig. 8, 9 und 10 dargestellt), 170 (in Fig. 11 und 12 dargestellt) und/oder 180 (in Fig. 13 und 14 dargestellt) ähnlich sind. Die Brennkammeranordnung 404 ist so konfiguriert, dass eine beliebige Anzahl von Arrays 411 angeordnet und in einer beliebigen Konfiguration orientiert ist, die die Bildung einer Vielzahl von lokalen und Massenströmungsfeldern (beide nicht dargestellt) erleichtert, die des Weiteren die Wärmefreisetzungsraten und die  $\text{NO}_x$ -Bildungsraten im Wesentlichen während des gesamten Betriebsbereichs des Motors 100 wie hierin beschrieben fördern. Die Brennkammeranordnung 404 ist direkt in Strömungsverbindung mit der Turbine 108 (in Fig. 1 dargestellt) gekoppelt und erleichtert die Leitung eines Verbrennungsgasstroms 413 zu der Turbine 108 hin, so dass kein Übergangsstück verwendet wird. Die Arrays 411 sind entlang der Wandung 405 angeordnet, um die Kühlung der Brennkammeranordnung 404 zu erleichtern.

**[0044]** Fig. 18 ist eine schematische Querschnittsansicht einer alternativen Brennkammeranordnung 504, die mit dem Motor 100 (in Fig. 1 dargestellt) verwendet werden kann. Die Brennkammeranordnung 504 umfasst eine Wandung 505, die zumindest zum Teil eine Verbrennungskammer 506 bildet. Die Brennkammeranordnung 504 umfasst auch eine Vielzahl von LDI-Brennstoff-Luft-Arrays 511, die im Wesentlichen den Arrays 128 (in Fig. 2 und 3 dargestellt), 140 (in Fig. 4 und 6 dargestellt), 145 (in Fig. 5 und 6 dargestellt), 150 (in Fig. 8, 9 und 10 dargestellt), 170 (in Fig. 11 und 12 dargestellt) und/oder 180 (in Fig. 13 und 14 dargestellt) ähnlich sind. Die Brennkammeranordnung 504 ist so konfiguriert, dass eine beliebige Anzahl von Arrays 511 angeordnet und in einer beliebigen Konfiguration orientiert ist, die die Bildung einer Vielzahl von lokalen und Massenströmungsfeldern (beide nicht dargestellt) erleichtert, die des Weiteren die Wärmefreisetzungsraten und die  $\text{NO}_x$ -Bildungsraten im Wesentlichen während des gesamten Betriebsbereichs des Motors 100 wie hierin beschrieben fördern. Die Brennkammeranordnung 504 umfasst des Weiteren ein Übergangsstück 512, das die Leitung eines Verbrennungsgasstroms 513 zu der Turbine 108 hin (in Fig. 1 dargestellt) erleichtert. In dieser alternativen Ausführungsform kann sich das Übergangsstück 512 mit einer kürzeren Länge, als sie oft im Stand der Technik verwendet wird, von der Verbrennungskammer 506 zur Turbine 108 hin erstrecken. Darüber hinaus können in dieser alternativen Ausführungsform das Übergangsstück 512 und die Wandung 505 als ein einteiliges Stück hergestellt sein.

**[0045]** Fig. 19 ist eine schematische Querschnittsansicht einer Drallanordnung 604, die mit dem Motor 100 (in Fig. 1 gezeigt) verwendet werden kann. Die Brennkammeranordnung 604 umfasst eine Wandung 605, welche zumindest zum Teil eine Brennstoffkammer 606 bildet, in welcher ein Brennstoffstrom 613 erzeugt wird. Die Wandung 605 umfasst eine

Vielzahl von Brennstofföffnungen 607. Die Brennkammeranordnung 604 umfasst auch ein Drallblech 612, wobei das Drallblech 612 eine Vielzahl von im Wesentlichen rechteckigen Luftkammern 614 und eine Vielzahl von Brennstofföffnungen 608 umfasst. Jede der Kammern 614 steht mit zumindest einer Luftquelle (nicht dargestellt) in Strömungsverbindung. Eine Vielzahl von Brennstoffdurchgängen (nicht dargestellt) ist innerhalb des Drallblechs 612 ausgebildet, so dass die Öffnungen 607 in Strömungsverbindung mit den Öffnungen 608 gekoppelt sind. Darüber hinaus umfasst jede der Kammern 614 eine Öffnung 617. Jede der Luftkammern 614, Luftöffnungen 617, und die Vielzahl von Brennstofföffnungen 618 bilden zumindest ein Brennstoff-Luft-Array 611. Das Array 611 ist ähnlich den Arrays 128 (in Fig. 2 und 3 dargestellt), 140 (in Fig. 4 und 6 dargestellt), 145 (in Fig. 5 und 6 dargestellt), 150 (in Fig. 8, 9 und 10 dargestellt), 170 (in Fig. 11 und 12 dargestellt) und/oder 180 (in Fig. 13 und 14 dargestellt). In einer Ausführungsform ist die Öffnung 617 im Wesentlichen rechteckig. Alternativ umfasst die Öffnung 617 eine beliebige Konfiguration, welche den Betrieb des Motors 100 wie hierin beschrieben fördert, einschliesslich im Wesentlichen kreisförmiger und elliptischer Öffnungen, ohne jedoch auf diese beschränkt zu sein. Darüber hinaus ist in einer Ausführungsform die Öffnung 608 im Wesentlichen kreisförmig. Alternativ umfasst die Öffnung 608 eine beliebige Konfiguration, welche den Betrieb des Motors 100 wie hierin beschrieben fördert, einschliesslich im Wesentlichen rechteckiger und elliptischer Öffnungen, ohne jedoch auf diese beschränkt zu sein.

**[0046]** Jede der Luftkammern 614 ist konfiguriert, um einen Luftstrom 616 aufzunehmen. Jede der Öffnungen 607 und 608 ist konfiguriert, um zumindest einen Teil des Brennstoffstroms 613 aufzunehmen. Jedes der Arrays 611 ist konfiguriert, um zumindest einen Teil des Luftstroms 616 und des Brennstoffstroms 613 in eine Verbrennungskammer 615 zu leiten. Das Array 611 leitet einen Luftstrom 618 in die Verbrennungskammer 615 und leitet zumindest einen Brennstoffstrom 620 in die Verbrennungskammer 615. Die Brennstoffströme 620 werden in die Verbrennungskammer 615 mit einem schiefen Winkel in Bezug auf den Luftstrom 618 eingespritzt, wodurch der Brennstoffstrom 620 mit dem Luftstrom 618 geschnitten und vermischt wird. Der Strom 618 und 620 kann auch ein beliebiges vorbestimmtes Gemisch aus Brennstoff, Luft, Verbrennungsgasen und/oder inerten Verdünnern einschliessen, welche den Betrieb des Motors 100 wie hierin beschrieben fördern. Darüber hinaus ist jedes der Arrays 611 konfiguriert, um ein vorbestimmtes Gemisch wie oben beschrieben zu leiten, das sich von den anderen Arrays 611 insofern unterscheidet, als vorbestimmte lokale und Massenströmungsfelder (beide nicht dargestellt) innerhalb der Verbrennungskammer 615 gebildet werden.

**[0047]** Im Betrieb wird der Luftstrom 616 in das Drallblech 612, insbesondere die Luftkammern 614 geleitet. Der Brennstoffstrom 613 wird in die Kammer 606 und in der Folge in Öffnungen 607 geleitet, die innerhalb des Drallblechs 612 gebildet sind. Der Brennstoff wird von den Öffnungen 607 über zugehörige Durchgänge zu den Öffnungen 608 geleitet. Jedes der Arrays 611 fördert das Leiten der Luftströme 618 von den Kammern 614 über Öffnungen 617 in die Verbrennungskammer 615. Jedes der Arrays 611 fördert auch das Leiten der Brennstoffströme 620 in die Verbrennungskammer 615, wobei der Luftstrom 618 und der Brennstoffstrom 620 beide aufeinander gerichtet sind, um sich innerhalb der Kammer 615 gründlich zu vermischen. Eine zu dem Luftstrom 616 gehörige Luftmassenströmungsrate und eine zu dem Strom 613 gehörige Brennstoff-/Luft-/Dampfmassenströmungsrate werden so geregelt, dass jede Kammer 615 ein vorbestimmtes Verhältnis von Brennstoff, Luft und Verdünnern aufnimmt. Vorbestimmte Einfallswinkel (nicht dargestellt) zwischen den Strömen 618 und 620 fordern das Vormischen innerhalb der Kammer 615, so dass der Betrieb des Motors 100 wie hierin beschrieben erleichtert wird. Zusätzliche Brennstoff-, Luft- und/oder Dampfdurchgänge können in das Drallblech 612 einbezogen werden, um den Betrieb des Motors 100 wie hierin beschrieben zu erleichtern.

**[0048]** Der Gasturbinenmotor und die Brennkammeranordnung, die hierin beschrieben sind, erleichtern es, die Verbrennungsproduktmissionen zu verringern, während gleichzeitig eine vorbestimmte Wärmefreisetzungsrate je Volumeneinheit gefordert wird. Insbesondere umfasst der Motor eine magere Direkteinspritzungs-Brennkammeranordnung, die ein gründliches und schnelles Vermischen von Brennstoff und Luft als Ergebnis des Aufeinandertreffens des Brennstoff- und Luftstroms fördert. Ein solches Aufeinandertreffen fördert die Reduktion von  $\text{NO}_x$ , breitere Abschaltspannen, Flammstabilität, eine Verringerung der erforderlichen Grösse der Brennkammeranordnung, um eine bestimmte Wärmefreisetzungsrate zu erzielen, sowie eine Verringerung unerwünschter Verbrennungsdynamiken, während Brennstoffe verbrannt werden, die Prozessgas und Syngas einschliessen. In der Folge erleichtert ein zugehöriger Luftdruckabfall innerhalb der in einer kleineren Verbrennungsanordnung definierten Kühlungsdurchgänge ein effizienteres Lufteinspritzverfahren. Als Ergebnis können der betriebliche Wirkungsgrad solcher Motoren erhöht und die Investitions- und Betriebskosten des Motors reduziert werden.

**[0049]** Die Verfahren und Vorrichtungen zur Verbrennung von Syngas und Prozessgas, wie sie hierin beschrieben werden, erleichtern den Betrieb eines Gasturbinenmotors. Insbesondere fördert der Motor wie oben beschrieben eine robustere Konfiguration der Brennkammeranordnung. Eine solche Konfiguration der Brennkammeranordnung fördert auch den Wirkungsgrad, die Zuverlässigkeit und eine Reduktion der Wartungskosten und Ausfallszeiten des Gasturbinenmotors.

**[0050]** Beispielhafte Ausführungsformen von Brennkammeranordnungen, wie sie zu Gasturbinenmotoren gehören, sind oben im Detail beschrieben. Die beanspruchte Brennkammeranordnung ist weder auf die hierin beschriebenen spezifischen Ausführungsformen noch auf die im Speziellen dargestellten Brennkammeranordnungen beschränkt.

**[0051]** Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf verschiedene spezifische Ausführungsformen beschrieben wurde, wird der Fachmann erkennen, dass die Erfindung mit Abwandlungen innerhalb des Schutzbereichs der Patentansprüche ausgeführt werden kann.

## Patentansprüche

1. Brennkammeranordnung (104), umfassend:  
eine Brennkammerwandung (105), die eine Verbrennungskammer (106) definiert;  
zumindest einen ersten Fluiddurchgang (122), der zumindest einen ersten Fluideinlass (124) innerhalb der Brennkammerwandung (105) definiert, wobei der zumindest eine erste Fluiddurchgang (122) mit der Verbrennungskammer (106) in Strömungsverbindung gekoppelt ist, wobei der zumindest eine erste Fluideinlass (124) konfiguriert ist, um einen ersten Fluidstrom (132) in die Verbrennungskammer (106) einzuspritzen; und  
zumindest einen zweiten Fluiddurchgang (120), der zumindest einen zweiten Fluideinlass (126) innerhalb der Brennkammerwandung (105) definiert, wobei der zumindest eine zweite Fluideinlass (126) benachbart zu dem zumindest einen ersten Fluideinlass (124) angeordnet ist, wobei der zumindest eine zweite Fluideinlass (126) in Strömungsverbindung mit der Verbrennungskammer (106) gekoppelt und so konfiguriert ist, um einen zweiten Fluidstrom (130) mit einem schiefen Winkel (134) in Bezug auf den ersten Fluidstrom (132) so in die Verbrennungskammer (106) einzuspritzen, dass der zweite (130) und der erste (132) Fluidstrom sich mit einem vorbestimmten Einfallswinkel schneiden.
2. Brennkammeranordnung (104) nach Anspruch 1, wobei der zumindest eine zweite Fluideinlass (126) eine Vielzahl von zweiten Fluideinlässen in umlaufender Richtung benachbart zu einer Vielzahl von ersten Fluideinlässen umfasst, wobei die Vielzahl von zweiten Fluideinlässen und die Vielzahl von ersten Fluideinlässen in zumindest einem im Wesentlichen kreisförmigen Ring (151, 153 und 155) konfiguriert sind, wobei die Vielzahl von zweiten Fluideinlässen und die Vielzahl von ersten Fluideinlässen konfiguriert sind, um zur Bildung zumindest eines im Wesentlichen kreisförmigen Fluidströmungsbildes zusammenzuwirken.
3. Brennkammeranordnung (104) nach Anspruch 2, wobei der zumindest eine im Wesentlichen kreisförmige Ring (151, 153 und 155) eine Vielzahl von im Wesentlichen konzentrischen und ringförmigen Ringen umfasst, die konfiguriert sind, um ein erstes im Wesentlichen konzentrisches und ringförmiges Strömungsbild mit einer ersten im Wesentlichen umlaufenden Richtung und zumindest ein benachbartes im Wesentlichen konzentrisches und ringförmiges Strömungsbild mit einer zweiten im Wesentlichen umlaufenden Richtung zu bilden, wobei das erste und das benachbarte im Wesentlichen konzentrische und ringförmige Strömungsbild umfassen:  
die erste im Wesentlichen umlaufende Richtung ist im Wesentlichen der zweiten im Wesentlichen umlaufenden Richtung entgegengesetzt; oder  
die erste im Wesentlichen umlaufende Richtung ist im Wesentlichen ähnlich der zweiten im Wesentlichen umlaufenden Richtung.
4. Brennkammeranordnung (104) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, des Weiteren umfassend zumindest eine Drallanordnung (604), wobei die zumindest eine Drallanordnung (604) innerhalb der Brennkammeranordnung (104) angeordnet ist, wobei die zumindest eine Drallanordnung (604) konfiguriert ist, um das erste Fluid und das zweite Fluid vor der Einspritzung in die Verbrennungskammer (106) zu mischen, wobei die zumindest eine Drallanordnung (604) umfasst:  
zumindest eine Kammer (606), die in Strömungsverbindung mit zumindest einer zweiten Fluidquelle gekoppelt ist;  
zumindest ein Drallblech (612), das in Strömungsverbindung mit der zumindest einen Kammer (606) und zumindest einer ersten Fluidquelle gekoppelt ist; und  
eine Vielzahl von Brennstofföffnungen (607, 608, 617), die konfiguriert sind, um das Einspritzen des zweiten Fluidstroms (620) in die Verbrennungskammer (106) mit einem schiefen Winkel in Bezug auf den ersten Fluidstrom (616), so dass der zweite (620) und der erste (616) Fluidstrom sich mit einem vorbestimmten Einfallswinkel schneiden, zu fördern.
5. Brennkammeranordnung (104) nach Anspruch 4, wobei die Vielzahl von den Brennstofföffnungen (607, 608, 617) konfiguriert sind, dass sie eines der folgenden sind:  
ein im Wesentlichen rechteckiger Schlitz; und/oder  
ein im Wesentlichen elliptischer Schlitz; und/oder  
ein im Wesentlichen kreisförmiger Schlitz.
6. Brennkammeranordnung (104) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Fluidstrom (132) umfasst:  
Luft;  
zumindest ein Verbrennungsgas; und/oder  
zumindest einen Verdünner; und/oder  
zumindest einen Brennstoff.
7. Brennkammeranordnung (104) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der zweite Fluidstrom (130) umfasst:  
Luft;  
zumindest ein Verbrennungsgas; und/oder  
zumindest einen Verdünner; und/oder  
zumindest einen Brennstoff.

8. Brennkammeranordnung (104) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, des Weiteren umfassend zumindest ein Fluidarray (128), wobei das zumindest eine Fluidarray (128) innerhalb zumindest eines Teils der Brennkammerwandung (105) definiert ist, wobei das zumindest eine Fluidarray (128) umfasst:  
eine Vielzahl von den zweiten Fluideinlässen, die in umlaufender Richtung in einem Abstand um den zumindest einen ersten Fluideinlass (124) herum angeordnet sind; und  
eine Vielzahl von den ersten Fluideinlässen, die in umlaufender Richtung in einem Abstand um den zumindest einen zweiten Fluideinlass (126) herum angeordnet sind.
9. Brennkammeranordnung (104) nach Anspruch 8, wobei das zumindest eine Fluidarray (128) die Vielzahl von im Wesentlichen ringförmigen und konzentrischen Ringen (151, 153 und 155) umfasst, die innerhalb zumindest eines Teils der Brennkammerwandung (105) definiert sind.
10. Brennkammeranordnung (104) nach Anspruch 8 oder 9, wobei jeder aus der Vielzahl der zweiten Fluideinlässe (126) zwischen einem Paar der in umlaufender Richtung benachbarten ersten Fluideinlässe (124) angeordnet ist.

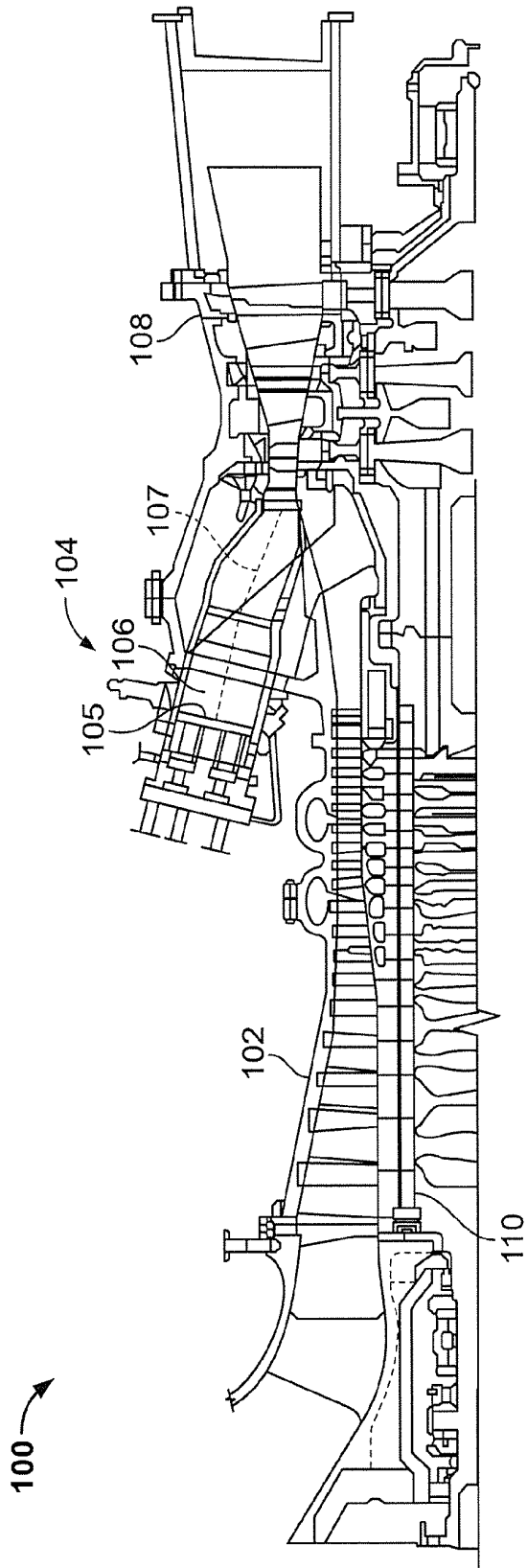


FIG. 1

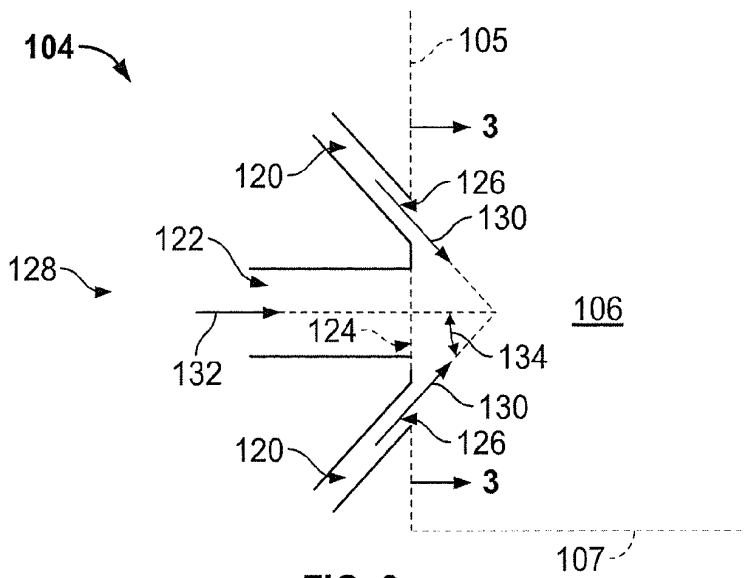


FIG. 2

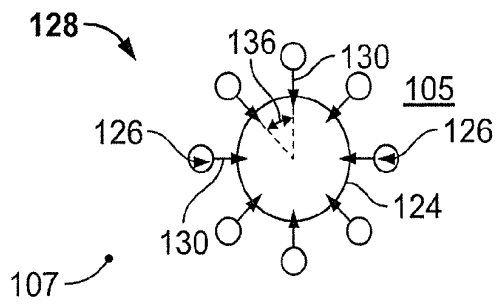


FIG. 3

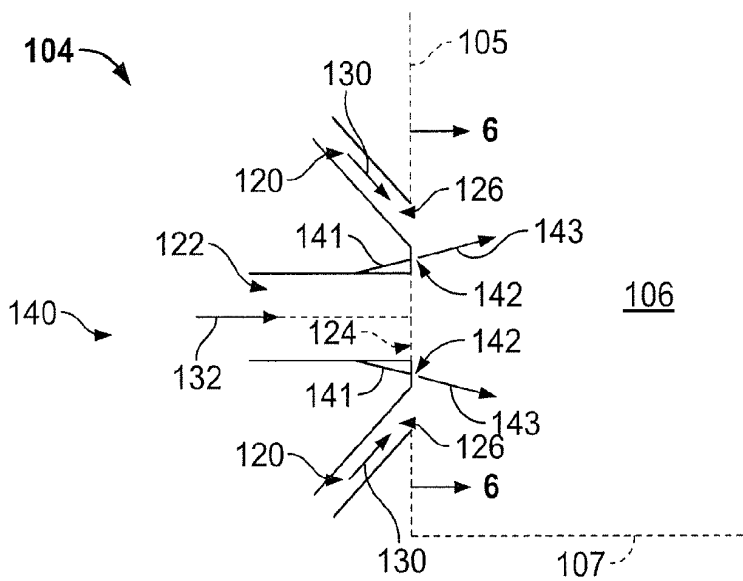


FIG. 4

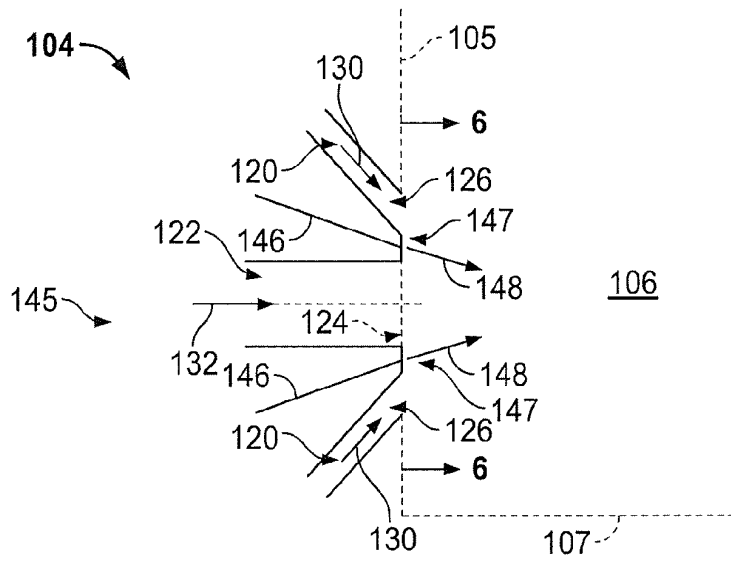


FIG. 5

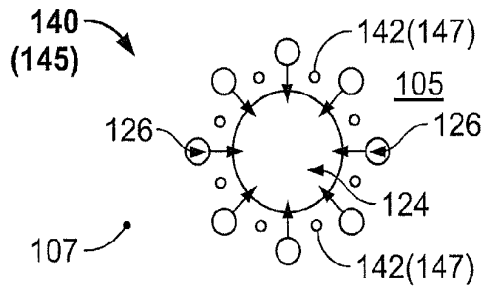


FIG. 6

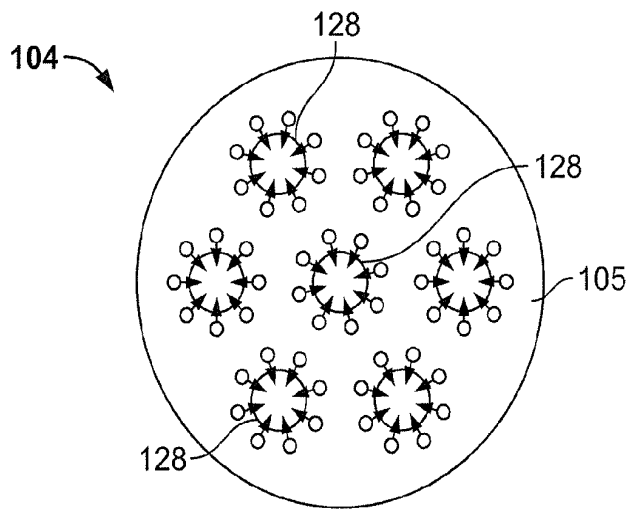


FIG. 7



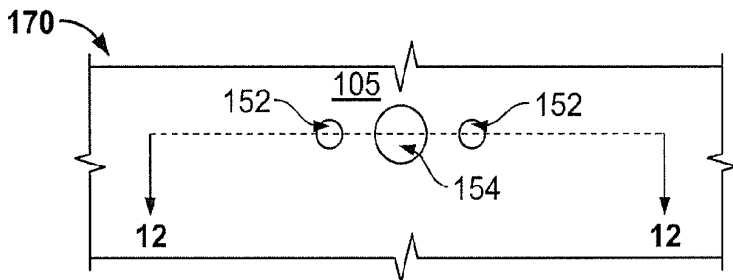


FIG. 11

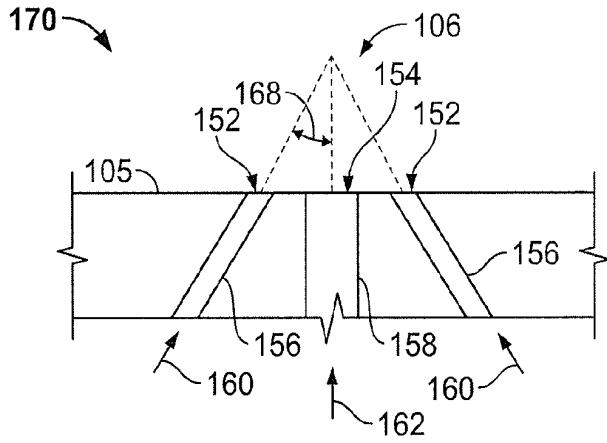


FIG. 12

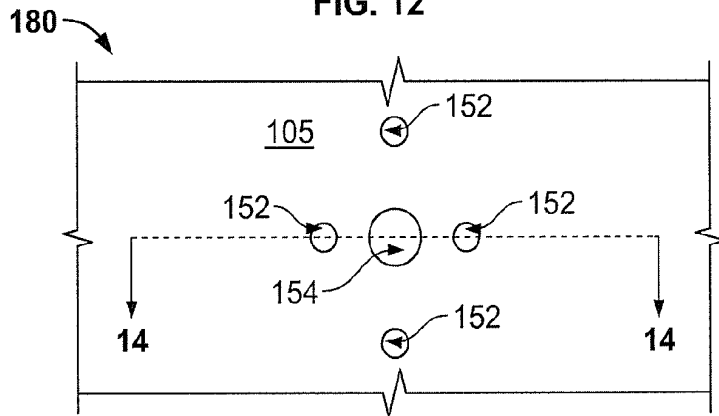


FIG. 13

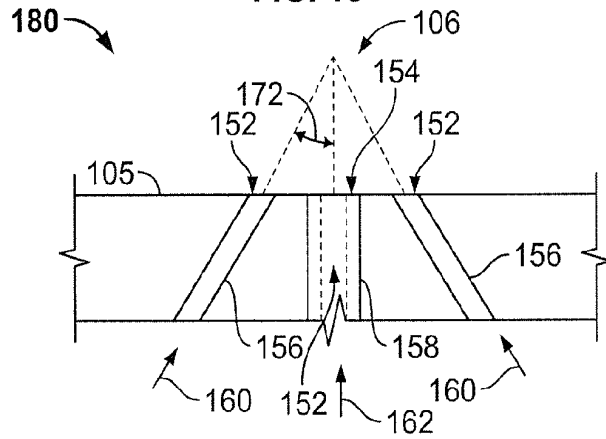


FIG. 14

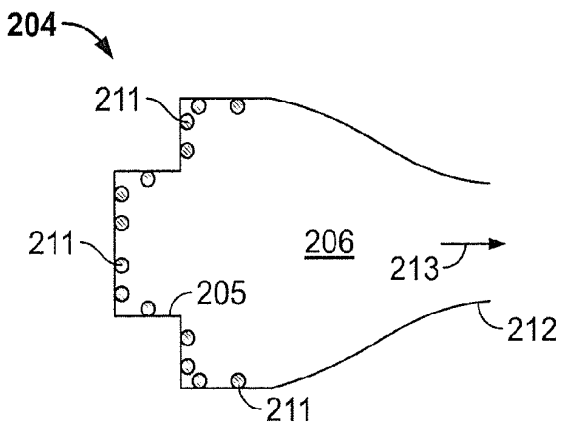


FIG. 15

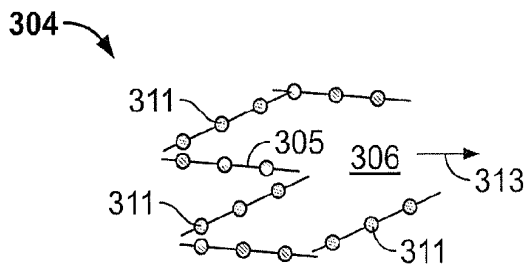


FIG. 16

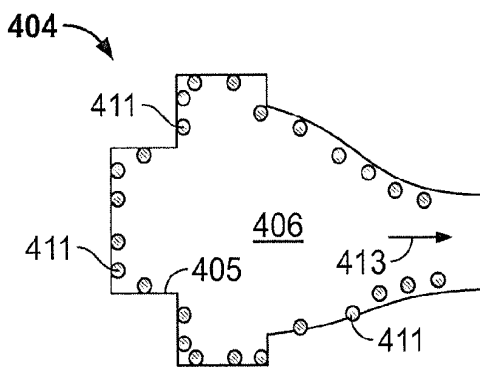


FIG. 17

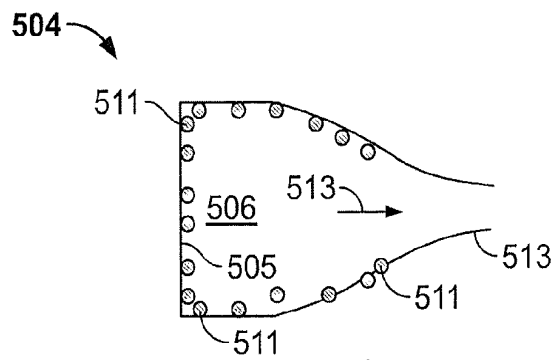


FIG. 18

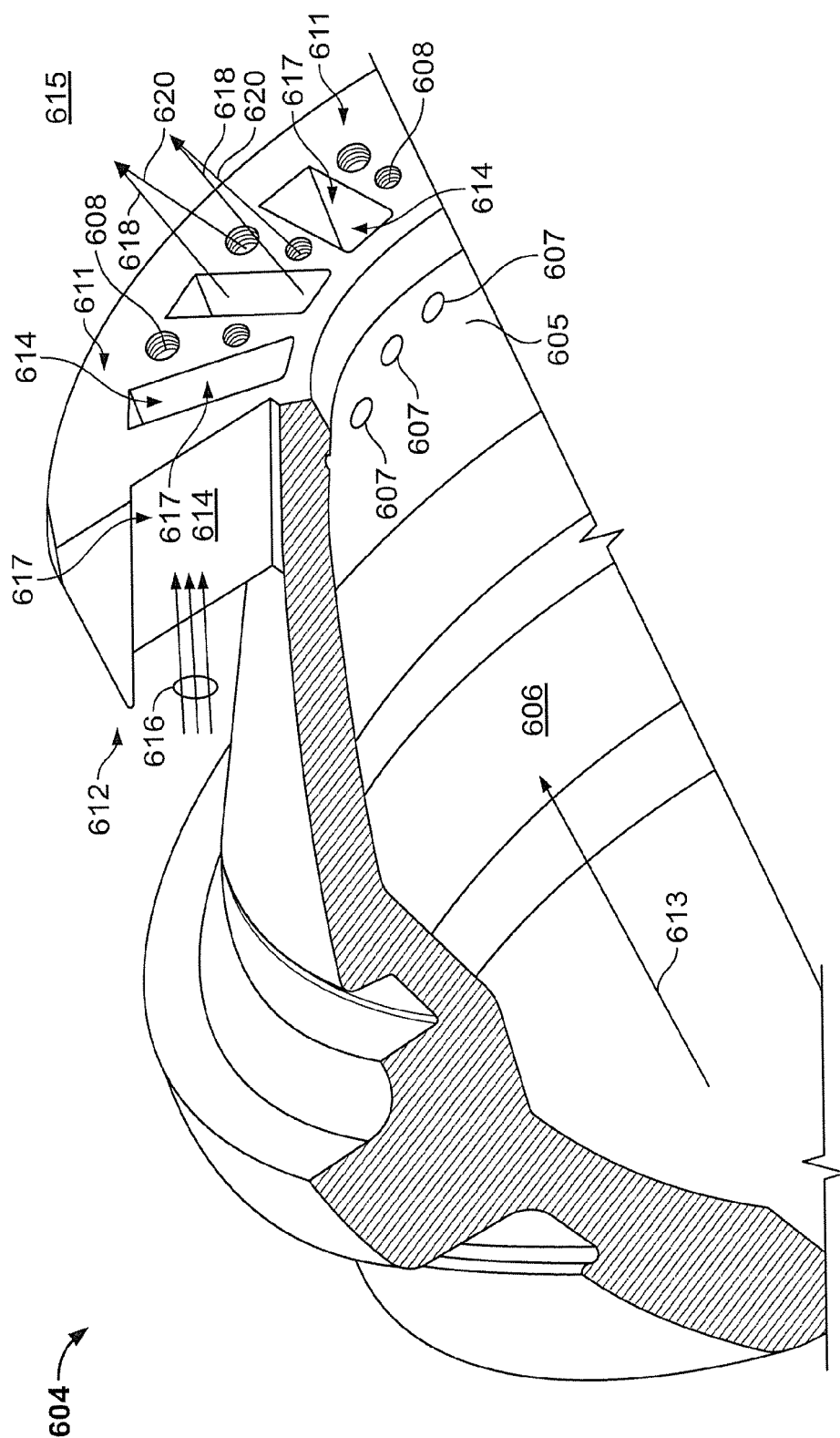


FIG. 19