



(11)

EP 3 306 196 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.04.2018 Patentblatt 2018/15

(51) Int Cl.:
F23R 3/00 (2006.01) F23R 3/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17194774.0**

(22) Anmeldetag: **04.10.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **CLEMEN, Carsten**
15749 Mittenwalde (DE)
• **VOIGT, Torsten**
12247 Berlin (DE)
• **DÖRR, Thomas**
12167 Berlin (DE)

(30) Priorität: **06.10.2016 DE 102016219424**

(74) Vertreter: **Hoefer & Partner Patentanwälte mbB**
Pilgersheimer Straße 20
81543 München (DE)

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(54) **BRENNKAMMERANORDNUNG EINER GASTURBINE SOWIE FLUGGASTURBINE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkammer einer Gasturbine, umfassend

- eine ringförmige Brennkammer (15) mit einer Innenringwand (7) und einer Außenringwand (8),
- einen Brennkammerkopf (3) mit einer Vielzahl von Kraftstoffdüsen (6),
- eine erste Zumischluftreihe (Z1) mit einer Vielzahl von als Durchgangsöffnungen ausgebildeten ersten Zumischluftlöchern (10), welche in der Innenringwand (7) und/oder der Außenringwand (8) angeordnet sind,
- eine zweite Zumischluftreihe (Z2) mit einer Vielzahl von als Durchgangsöffnungen ausgebildeten zweiten Zumischluftlöchern (11), welche in der Innenringwand (7) und/oder der Außenringwand (8) angeordnet sind,
- wobei die ersten Zumischluftlöcher (10) erste innere Mittelpunkte (10a) und erste äußere Mittelpunkte (10c) aufweisen und die zweiten Zumischluftlöcher (11) zweite innere Mittelpunkte (11a) und zweite äußere Mittelpunkte (11c) aufweisen, wobei die ersten und zweiten inneren Mittelpunkte (10a, 11a) jeweils an einer zur Brennkammer (15) gerichteten Seite der ersten und zweiten Zumischluftlöcher (10, 11) liegen, und die ersten und zweiten äußeren Mittelpunkte (10c, 11c) an einer von der Brennkammer (15) abgewandten Seite der ersten und zweiten Zumischluftlöcher (10, 11) liegen,
- wobei die Gleichung $L=D2/D1*(D2-D1)/C^2$ erfüllt ist,
- wobei L ein Abstand zwischen den ersten und zweiten inneren Mittelpunkten (10a, 11a) und/oder den ersten und zweiten äußeren Mittelpunkten (10c, 11c) der ersten und/oder zweiten Zumischluftlöcher (10, 11) ist,
- wobei D1 ein erster Strömungsdurchmesser der ersten

Zumischluftlöcher (10) an einer Eintrittsseite und/oder einer Austrittsseite zur Brennkammer (15) ist und D2 ein zweiter Strömungsdurchmesser der zweiten Zumischluftlöcher (11) an der Eintrittsseite und/oder der Austrittsseite zur Brennkammer (15) ist, und

- wobei C ein mittlerer Durchflusskoeffizient der ersten und zweiten Zumischlöcher (10, 11) ist.

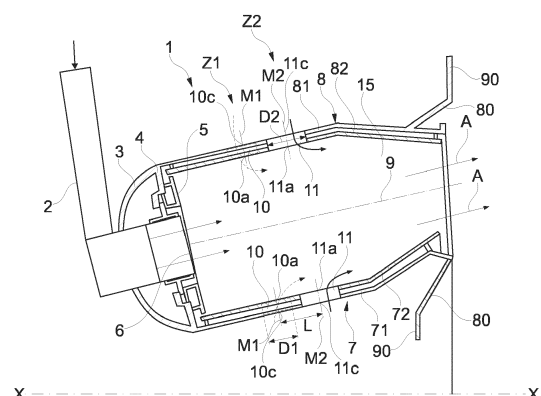


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkammeranordnung, insbesondere einer Fluggasturbine, sowie eine Gasturbine mit einer Brennkammeranordnung.

[0002] Gasturbinen mit Brennkammern sind aus dem Stand der Technik in unterschiedlichen Ausgestaltungen bekannt. Die Brennkammer ist beispielsweise ringförmig mit einer inneren und einer äußeren Brennkammerwand ausgebildet. Am Brennkammerkopf wird mit einer Vielzahl von Kraftstoffdüsen Kraftstoff zugeführt. In den Brennkammerwänden sind Zumischluftlöcher vorgesehen, welche Zumischluft in die Brennkammer für eine vollständige Verbrennung des Kraftstoffs zuführen. Weiterhin sind in den Brennkammerwänden Kühlluftöffnungen vorgesehen, wobei bei doppelwandigen Brennkammerwänden sogenannte Prallkühlöcher in der Außenwand und Effusionskühlöcher in der Innenwand der doppelwandigen Brennkammerwand vorgesehen sind. Diese Kühlöcher bilden einen Kühlluftfilm, um die Brennkammerwände vor den heißen Verbrennungsgasen zu schützen. Wie beispielsweise aus der US 2011/0048024 A1 bekannt, werden die Zumischluftlöcher dabei in einer Reihe entlang des Umfangs der Brennkammerwände angeordnet. Hierbei werden abwechselnd Zumischluftlöcher mit größerem und kleinerem Durchmesser angeordnet. Ferner werden Kühlluftlöcher in einer zweiten Reihe entlang des Umfangs in einem sehr kleinen Abstand von den Zumischluftlöchern in Umfangsrichtung, versetzt zu den Zumischluftlöchern, angeordnet. Ein Problemkreis bei derartigen Brennkammern sind dabei die NOx-Emissionen.

[0003] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Brennkammeranordnung sowie eine Gasturbine bereitzustellen, welche eine verbesserte Luftzumischung zu einer Brennkammer ermöglicht, um eine Bildung von NOx signifikant zu reduzieren.

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine Brennkammeranordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eine Gasturbine mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Die Unteransprüche zeigen jeweils bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung.

[0005] Die erfindungsgemäße Brennkammeranordnung einer Gasturbine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 umfasst eine ringförmige Brennkammer mit einer Innenringwand und einer Außenringwand. An einem Ende der Brennkammer ist ein Brennkammerkopf mit einer Vielzahl von Kraftstoffdüsen angeordnet, welche den Kraftstoff in die Brennkammer einbringen. Ferner ist eine erste Zumischluftreihe und eine zweite Zumischluftreihe vorgesehen. Die erste Zumischluftreihe umfasst eine Vielzahl von als Durchgangsöffnungen ausgebildeten ersten Zumischluftlöchern, wobei die ersten Zumischluftlöcher in der Innenringwand und/oder der Außenringwand angeordnet sind. Die zweite Zumischluftreihe umfasst eine Vielzahl von ebenfalls als Durchgangsöffnungen ausgebildeten zweiten Zumischluftlö-

chern, welche ebenfalls in der Innenringwand und/oder der Außenringwand angeordnet sind. Über die Zumischluftlöcher der ersten und zweiten Zumischluftreihe wird Zumischluft in die Brennkammer zugeführt. Um die NOx-Emissionen im Betrieb signifikant zu reduzieren, sind die ersten und zweiten Zumischluftlöcher derart angeordnet, dass die Gleichung $L = D2/D1 * (D2 - D1)/C^2$ erfüllt ist. Die ersten Zumischluftlöcher weisen erste innere und erste äußere Mittelpunkte auf, und die zweiten Zumischluftlöcher weisen zweite innere und zweite äußere Mittelpunkte auf. Die inneren Mittelpunkte liegen dabei jeweils an einer zur Brennkammer gerichteten Seite der Zumischluftlöcher. Die inneren Mittelpunkte bilden somit die Durchstoßpunkte der jeweiligen Mittelachsen der Zumischluftlöcher zum Brennraum. Die äußeren Mittelpunkte liegen an einer von der Brennkammer abgewandten Seite der Zumischluftlöcher.

[0006] In der Gleichung ist L ein Abstand zwischen den ersten und zweiten inneren Mittelpunkten und/oder den ersten und zweiten äußeren Mittelpunkten der ersten und zweiten Zumischluftlöcher. D1 ist ein erster Strömungsdurchmesser der ersten Zumischluftlöcher an einer Eintrittsseite und/oder einer Austrittsseite zur Brennkammer, und D2 ist ein zweiter Strömungsdurchmesser der zweiten Zumischluftlöcher an der Eintrittsseite und/oder Austrittsseite zur Brennkammer. Weiterhin ist der zweite Strömungsdurchmesser D2 größer als der erste Strömungsdurchmesser D1. Ferner ist C ein mittlerer Durchflusskoeffizient der ersten und zweiten Zumischluftlöcher. Der mittlere Durchflusskoeffizient C eines Zumischluftlochs ist ein Maß für die effektive Stromröhre durch das Zumischluftloch und beschreibt damit, welcher Anteil einer Querschnittsfläche des Zumischluftlochs im Mittel von einer Einstromseite zu einer Ausstromseite durchströmt wird. Durch diese Zuordnung der Austrittsstromungsquerschnitte der Zumischluftlöcher in den Brennraum sowie des Abstandes L der Zumischluft in Axialrichtung der Brennkammer können signifikante Verbesserungen bei den NOx-Emissionen erzielt werden. Durch Einhaltung dieser Anordnungsvorschrift für die Zumischluftlöcher kann eine effiziente Abmagerung des Brennstoff-Luft-Gemisches in der Brennkammer erreicht werden, sodass in der Brennkammer keine Bereiche mit Kraftstoffüberschuss vorhanden sind, welche sich negativ auf die NOx-Emissionen auswirken. Durch die gezielte Anordnung der Zumischluftlöcher gemäß der vorherstehend erläuterten Gleichung kann eine gleichmäßige Abmagerung in Axialrichtung durch die Brennkammer hindurch erreicht werden. Somit können insbesondere die NOx-Emissionen optimal reduziert werden und eine vollständige Verbrennung des zugeführten Kraftstoffs erreicht werden.

[0007] Der Durchflusskoeffizient eines Zumischlochs ist ein Maß für die effektive Stromröhre durch das Zumischloch und beschreibt damit, welcher Anteil der Zumischlochquerschnittsfläche im Mittel von Annulus zu Flammrohr durchströmt wird. Der durch ein solches Zumischloch durchgesetzte Massenstrom (Impulsstrom) ist

vom anliegenden treibenden Druckgefälle über das Zumischloch abhängig, von der Form und Gestalt des Zumischlochs und von der Reynolds und Mach Zahl. Unter Form und Gestalt eines Zumischlochs ist hierbei die mittlere Querschnittsform (z.B. Kreis, Ellipse) zu verstehen, die Einlaufgeometrie am stromaufgelegenen Ende des Zumischlochs (z.B. gerundeter Einlauf oder gestufter Einlauf), die Orientierung des Lochs relativ zur Strömung (relevant bei nicht kreisrunden Querschnittsformen und bei kreisrunden Querschnittsformen, die eine mittlere Anstellung relativ zur Oberfläche (Außenkanalstruktur (Annulus)/Brennkammer (Flammrohr)) haben, welche nicht senkrecht zur Oberfläche ist) sowie der effektiven Führungslänge des Zumischlochs. Unter effektiver Führungslänge ist dabei die Länge zu verstehen, welche zu einer verbesserten Führung der Strömung innerhalb des Zumischlochs führt. Dies kann dadurch erzielt werden, dass das Loch in der Weise verlängert wird, dass das Zumischloch (über den Umfang nicht notwendigerweise gleichartig) in das Flammrohr hineinragt aber auch durch ein Kühlungsarrangement kann bereits aufgrund des strukturellen Aufbaus, Liner-Schindel-Arrangement, eine Verlängerung der effektiven Strömungsführung erzielt werden. Der Durchflusskoeffizient ist eine Größe, welche je Zumischloch unterschiedlich sein kann, da zu den bereits genannten Einflussgrößen die Abhängigkeit vom Strömungszustand stromauf und stromab des Zumischlochs Einfluss nimmt. Der Zuströmzustand zum Zumischloch z.B. wird in einer Fett-Mager Brennkammeranordnung durch Komponenten wie dem Injektor, dem Injektorarm, von vom Kühlungschema abhängigen mechanischen Komponenten wie beispielsweise Schrauben im Falle einer Liner-Schindel Kühlung, ggf. von strukturelevanten Bauteilen wie Befestigungsstiften und von Zündvorrichtungen beeinflusst. Gleichermäßen sind Bauabweichungen und Kühlungsunterschiede wie es beispielsweise bei einer beschindelten Brennkammer zwischen den Schindeln auftritt entscheidend für die Homogenität der Anströmung. Zudem beeinflussen nicht kontrollierbare Leckageströme die aufgrund des Zusammenbaus und der toleranzbehafteten Fertigung auftreten die Strömung. Da eine Fett-Mager Brennkammer zu meist eine Strömungsführung in Form einer Einlaufhaube um den Injektor hinzu den Annuli hat, sind auch die geometrischen Variationen einer solchen Einlaufhaube und die Beschleunigungsverhältnisse um eine solche Haube entscheidend für die Ausbildung eines Strömungsprofils im Annulus. Gemein ist all den genannten Einflussfaktoren, dass der Zuströmzustand weder in radialer noch in umfänglicher Richtung homogen ist, was den Durchflusskoeffizienten eines Zumischlochs beeinflusst. Diese Betrachtungen sind nicht auf den Zustand stromauf des Zumischlochs beschränkt, da ein Zumischloch von allen Seiten also beispielsweise auch von stromab Zufluss liegen kann. Bezüglich des Durchflusskoeffizienten muss gleichfalls unterschieden werden, ob es sich um ein einzelnes Zumischloch handelt oder um mehrere Zumischlöcher. Der zuletzt genannte Fall ist der für

die vorliegende Erfindung relevante Fall. Bei mehreren Zumischlöchern ist der Durchflusskoeffizient davon abhängig, wie die Zumischlöcher relativ zueinander orientiert und angeordnet sind, da ein jedes Zumischloch selbst Einfluss auf die Strömung im Annulus und im Flammrohr nimmt. Im Flammrohr ist insbesondere entscheidend, ob die Strahlen benachbarter Zumischlöcher interagieren. Dabei können die Strahlen unterschiedlicher Zumischlöcher sich beispielsweise zu einem gemeinsamen Strahl vereinen, die Strahltrajektorie kann wegen des sich mit dem Strahl ausbildenden Druckfeldes vom nominellen Verlauf abweichen und nicht zuletzt ist zu unterscheiden, ob Strahlen von den gegenüberliegenden Annuli miteinander interagieren. Die vorliegende Erfindung berücksichtigt Zumischanordnungen von gegenüberliegenden Annuli, die zu Konfigurationen führen, wonach die Strahlen im Wesentlichen aneinander vorbei geführt werden aber auch Konfigurationen wonach die Strahlen direkt gegenüber liegend angeordnet sind. Die Strömung innerhalb des Flammrohrs einer Fett-Mager Brennkammer ist verdrallt, hochturbulent und weist aufgrund der lokal variierenden Wärmefreisetzung lokale Temperaturunterschiede und damit Dichteunterschiede auf. Die Turbulenz beeinflusst das viskose Verhalten der Strömung und die Dichteunterschiede führen zu einer nicht homogenen Impulsverteilung. Diese Eigenschaften sind entscheidend für das Druckfeld im Flammrohr und damit für den treibenden Druckgradienten der Strömung durch das Zumischloch, d.h. für den Durchflusskoeffizienten eines Zumischlochs.

[0008] Es sei angemerkt, dass erfindungsgemäß der Begriff Strömungsdurchmesser nicht auf Kreisdurchmesser beschränkt ist, sondern unter Strömungsdurchmesser erfindungsgemäß sowohl Kreisdurchmesser als auch Ellipsendurchmesser verstanden werden. Der Ellipsendurchmesser wird dabei entsprechend der Gleichung $D1 = 4 \cdot a1 \cdot b1 / (a1 + b1)$ berechnet, wobei a1 und b1 die Halbachsen einer Ellipse sind.

[0009] Vorzugsweise ist der erste Strömungsdurchmesser ein erster Kreisdurchmesser der ersten Zumischluflöcher. Alternativ ist der erste Strömungsdurchmesser ein erster Ellipsendurchmesser der ersten Zumischluflöcher.

[0010] Der zweite Strömungsdurchmesser D2 kann ebenfalls ein zweiter Kreisdurchmesser der Zumischluflöcher oder ein zweiter Ellipsendurchmesser der zweiten Zumischluflöcher sein.

[0011] Der mittlere Durchflusskoeffizient C ist ein Maß der effektiven Durchströmung im Mittel aller Zumischluflöcher und liegt bevorzugt in einem Bereich von 0,60 bis 0,75 und beträgt besonders bevorzugt 0,69.

[0012] Weiter bevorzugt sind die ersten Strömungsdurchmesser und/oder die zweiten Strömungsdurchmesser innerhalb der jeweiligen Zumischluftreihen unterschiedlich, wobei dann der erste Strömungsdurchmesser oder der zweite Strömungsdurchmesser als Mittelwert der unterschiedlich großen ersten und zweiten Strömungsdurchmesser für jede Zumischluftreihe be-

stimmt wird.

[0013] Eine besonders gute Zuströmung der Zumischluft durch die ersten und zweiten Zumischluftlöcher wird erreicht, wenn die Strömungsdurchmesser der ersten und zweiten Zumischluftlöcher in Durchströmungsrichtung durch die Zumischluftlöcher konstant sind.

[0014] Weiter bevorzugt ist die Anzahl der ersten und zweiten Zumischluftlöcher an der Außenringwand und/oder an der Innenringwand gleich.

[0015] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist eine Anzahl der ersten Zumischluftlöcher gleich einer doppelten Anzahl von Kraftstoffdüsen.

[0016] Eine besonders gute NO_x-Reduzierung wird erreicht, wenn die zweiten Zumischluftlöcher an der Außenringwand und/oder an der Innenringwand in Umfangsrichtung versetzt zu den ersten Zumischluftlöchern angeordnet sind. Hierbei sind die zweiten Zumischluftlöcher besonders bevorzugt derart zu den ersten Zumischluftlöchern versetzt, dass die zweiten Zumischluftlöcher in Umfangsrichtung mittig zwischen den ersten Zumischluftlöchern mit dem axialen Abstand L liegen.

[0017] Bevorzugt sind die ersten Zumischluftlöcher in der Außenringwand in Durchströmungsrichtung der Brennkammer jeweils auf einer Mittelachse einer Kraftstoffdüse angeordnet und die ersten Zumischluftlöcher in der Innenringwand sind in Umfangsrichtung um einen Winkel $\alpha = 360^\circ/(2 \cdot N1)$ versetzt sind, wobei N1 die Anzahl der Zumischluftlöcher der ersten Zumischluftreihe ist. Alternativ sind die ersten Zumischluftlöcher in der Innenringwand in Durchströmungsrichtung der Brennkammer jeweils auf einer Mittelachse einer Kraftstoffdüse angeordnet und die ersten Zumischluftlöcher in der Außenringwand sind in Umfangsrichtung um einen Winkel $\alpha = 360^\circ/(2 \cdot N1)$ versetzt sind, wobei N1 die Anzahl der Zumischluftlöcher der ersten Zumischluftreihe ist. Durch diese Anordnungsvorschrift ist sichergestellt, dass die Zumischluft der ersten Zumischluftreihe möglichst direkt mit dem aus der Kraftstoffdüse austretenden Kraftstoff in Kontakt kommt und eine sehr gute Durchmischung erfolgt.

[0018] Eine weitere Reduzierung von NO_x-Emission kann erreicht werden, wenn die ersten Zumischluftlöcher erste Mittelachsen aufweisen, die in einer ersten Ebene liegen und die zweiten Zumischluftlöcher zweite Mittelachsen aufweisen, die in einer zweiten Ebene liegen. Hierbei sind bevorzugt die erste und zweite Ebene parallel zueinander angeordnet. Besonders bevorzugt sind die ersten und zweiten Mittelachsen der ersten und zweiten Zumischluftlöcher senkrecht zu einem Mittelkonus einer konusförmigen Brennkammer.

[0019] Vorzugsweise sind die ersten und/oder zweiten Mittelachsen senkrecht zu einer Tangente an der Innenringwand und/oder senkrecht zu einer Tangente an der Außenringwand der Brennkammer.

[0020] Alternativ weist die Brennkammer eine tonnenförmige Ringform mit einer tonnenförmigen Mittelmantelfläche auf und die ersten und zweiten Mittelachsen der

ersten und zweiten Zumischluftlöcher sind senkrecht zu der tonnenförmigen Mittelmantelfläche angeordnet.

[0021] Bevorzugt weist die Brennkammer eine tonnenförmige Form auf und/oder die ersten und/oder zweiten Zumischluftlöcher weisen eine Mittelachse auf, welche in einem Winkel ungleich 90° zu einer Tangente an der Außenringwand der Brennkammer angeordnet sind.

[0022] Weiterhin können die NO_x-Emissionen zusätzlich gesenkt werden, wenn jeder Kraftstoffdüse der Brennkammer in Axialrichtung ein erstes Zumischluftloch zugeordnet ist. Wenn bevorzugt die Anzahl der ersten Zumischluftlöcher dabei doppelt so groß ist, wie die Anzahl von Kraftstoffdüsen, ist in Umfangsrichtung zwischen den jeweils einer Kraftstoffdüse zugeordneten ersten Zumischluftlöchern noch jeweils ein weiteres erstes Zumischloch in Umfangsrichtung angeordnet.

[0023] Weiter bevorzugt sind die ersten und/oder zweiten Zumischlöcher in der Außenringwand jeweils coaxial zu den ersten und/oder zweiten Zumischluftlöchern in der Innenringwand. Dadurch ist jedem Zumischluftloch in der ersten Zumischluftreihe der Außenringwand jeweils ein Zumischluftloch in der ersten Zumischluftreihe der Innenringwand zugeordnet. Gleiches gilt bevorzugt für die zweiten Zumischluftreihen der zweiten Zumischluftlöcher. Somit kann eine Auslegung der Zumischluftlöcher derart erfolgen, dass beispielsweise die Zumischluftlöcher in der Außenringwand der Ringbrennkammer gemäß der Gleichung L ausgelegt werden und ein Übertrag der axialen Positionen für die Zumischluftlöcher in der Innenringwand erfolgt. Damit wird der Abstand L an der Innenringwand gleich wie an der Außenringwand. Alternativ kann die Auslegung der Zumischluftlöcher auch derart erfolgen, dass die Zumischluftlöcher in der Innenringwand der Ringbrennkammer gemäß der Gleichung L ausgelegt werden und ein Übertrag der axialen Positionen auf die Zumischluftlöcher der Außenringwand erfolgt. Auch damit wird der Abstand L an der Innenringwand zwischen den Zumischluftlöchern gleich wie auf der Außenringwand. Weiter alternativ ist es selbstverständlich auch möglich, dass eine Auslegung der Zumischluftlöcher an der Außenringwand der Ringbrennkammer getrennt von einer Auslegung der Zumischluftlöcher an der Innenringwand erfolgt, jedoch jeweils gemäß der Gleichung $L = D2/D1 \cdot (D2 - D1)/C^2$.

[0024] Es wurde weiterhin festgestellt, dass eine positive Auswirkung auf die NO_x-Emissionen weiter verbessert werden kann, wenn die ersten und/oder zweiten Zumischluftlöcher vorzugsweise teilweise in den Brennraum vorstehen. Die Zumischluftlöcher weisen somit einen in den Brennraum vorstehenden, umlaufenden Flansch auf, sodass der Austritt der Zumischluft aus den ersten und/oder zweiten Zumischluftlöchern mit etwas Abstand von der inneren Brennkammerwand der Brennkammer erfolgt. Weiter bevorzugt variiert die Höhe des Flansches in Umfangsrichtung des Flansches.

[0025] Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Gasturbine, insbesondere eine Fluggasturbine, mit einer Brennkammeranordnung gemäß der vorliegenden Erfin-

dung.

[0026] Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung im Detail beschrieben. Gleiche bzw. funktional gleiche Teile sind dabei jeweils mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. In der Zeichnung ist:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Gasturbinentriebwerks gemäß der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 2 eine schematische Teilschnittansicht einer Brennkammer gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Anordnung von Zumischluftlöchern an der Brennkammer entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel,
- Fig. 4 eine schematische Teilschnittansicht der Brennkammer von Fig. 2,
- Fig. 5 eine schematische Teilschnittansicht einer Brennkammer gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 6 eine schematische Teilschnittansicht einer Brennkammer gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 7 eine schematische Darstellung einer Anordnung von Zumischluftlöchern gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung und
- Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Anordnung von Zumischluftlöchern gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0027] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 4 ein Gasturbinentriebwerk 100 und eine Brennkammeranordnung 1 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung im Detail beschrieben.

[0028] Das Gasturbinentriebwerk 100 gemäß Figur 1 ist ein Beispiel einer Turbomaschine, bei der die Erfindung Anwendung finden kann. Die Erfindung kann jedoch auch bei anderen Gasturbinen, beispielsweise Fluggasturbinen, verwendet werden.

[0029] Das Gasturbinentriebwerk 100 weist in Strömungsrichtung A nacheinander einen Lufteinlass 110, einen in einem Gehäuse umlaufenden Fan 12, einen Mitteldruckkompressor 13, einen Hochdruckkompressor 14, eine ringförmige Brennkammer 15, eine Hochdruckturbine 16, eine Mitteldruckturbine 17 und eine Niederdruckturbine 18 sowie eine Abgasdüse 19 auf, die sämtlich um eine zentrale Triebwerksachse X-X angeordnet sind.

[0030] Der Mitteldruckkompressor 13 und der Hoch-

druckkompressor 14 umfassen jeweils mehrere Stufen, von denen jede eine in Umfangsrichtung verlaufende Anordnung fester stationärer Leitschaufeln 20 aufweist, die allgemein als Statorschaufeln bezeichnet werden und die radial nach innen vom Triebwerksgehäuse 21 in einem ringförmigen Strömungskanal durch den Mitteldruckkompressor 13 und den Hochdruckkompressor 14 vorstehen. Die Kompressoren weisen weiter eine Anordnung von Kompressorlaufschaufeln 22 auf, die radial nach außen von einer drehbaren Trommel oder Scheibe 26 vorstehen, die mit Naben 27 der Hochdruckturbine 16 und der Mitteldruckturbine 17 gekoppelt sind.

[0031] Die drei Turbinenabschnitte der Hochdruckturbine 16, der Mitteldruckturbine 17 und der Niederdruckturbine 18 weisen ähnliche Stufen auf, die eine Anordnung von festen Leitschaufeln 23, die radial nach innen vom Gehäuse 21 in einen ringförmigen Strömungskanal durch die drei Turbinenabschnitte vorstehen und eine nachfolgende Anordnung von Turbinenschaufeln 24, die nach außen von der drehbaren Nabe 27 vorstehen. Die Kompressortrommel oder Kompressorscheibe 26 und die darauf angeordneten Kompressorlaufschaufeln 22 sowie die Turbinenrotornabe 27 und die darauf angeordneten Turbinenschaufeln 24 drehen sich im Betrieb um die Triebwerksachse X-X.

[0032] Die Figuren 2 und 3 zeigen im Detail die Brennkammeranordnung 1. Neben der ringförmigen Brennkammer 15 umfasst die Brennkammeranordnung 1, wie in Figur 2 gezeigt, einen Brennkammerkopf 3 mit einer Vielzahl von Kraftstoffdüsen 6. Kraftstoff wird über eine Kraftstoffleitung 2 zu den Kraftstoffdüsen 6 zugeführt.

[0033] Die ringförmige Brennkammer 15 umfasse eine Innenringwand 7 und eine Außenringwand 8. Die Innenringwand 7 ist doppelwandig ausgeführt und umfasst einen inneren Schindelträger 71 und eine innere Brennkammerschindel 72. Die Außenringwand 8 ist ebenfalls doppelwandig ausgeführt und umfasst einen äußeren Schindelträger 81 und eine äußere Brennkammerschindel 82. Es sei angemerkt, dass alternativ die Innenringwand und die Außenringwand auch einwandig ausgeführt werden können.

[0034] Am Brennkammerkopf 3 ist ferner noch eine Kopfplatte 4 und ein Hitzeschild 5 zum thermischen Schutz des Brennkammerkopfes 3 angeordnet.

[0035] Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, ist die Brennkammer 15 geneigt zur Triebwerksachse X-X angeordnet, sodass eine Mitte der Brennkammer 15 durch einen Mittelkonusmantel 9 definiert ist.

[0036] Weiterhin bezeichnet das Bezugszeichen 80 eine Brennkammeraufhängung und das Bezugszeichen 90 einen Brennkammerflansch.

[0037] Die Brennkammeranordnung 1 umfasst ferner eine erste Zumischluftreihe Z1 mit einer Vielzahl von als Durchgangsöffnungen ausgebildeten ersten Zumischluftlöchern 10. Ferner umfasst die Brennkammeranordnung eine zweite Zumischluftreihe Z2 mit einer Vielzahl von zweiten, als Durchgangsöffnungen ausgebildeten Zumischluftlöchern 11. Die ersten und zweiten Zumisch-

luftlöcher sind jeweils in der Innenringwand 7 und der Außenringwand 8 angeordnet.

[0038] Jedes der ersten Zumischluftlöcher 10 weist einen ersten inneren Mittelpunkt 10a auf, und jedes der zweiten Zumischluftlöcher 11 weist einen zweiten inneren Mittelpunkt 11a auf. Wie aus Figur 3 und 4 ersichtlich ist, sind alle ersten inneren Mittelpunkte 10a in einer ersten Ebene E1 angeordnet und alle zweiten inneren Mittelpunkte 11a sind in einer zweiten Ebene E2 angeordnet.

[0039] Die ersten und zweiten inneren Mittelpunkte 10a, 11a liegen dabei jeweils an einer zur Brennkammer 15 gerichteten Seite der Zumischluftlöcher 10, 11. Die ersten und zweiten Zumischluftlöcher in den Brennkammerwänden sind nun derart angeordnet, dass die nachfolgende Gleichung erfüllt ist:

$$L=D2/D1*(D2-D1)/C^2,$$

wobei L ein Abstand zwischen den ersten und zweiten inneren Mittelpunkten 10a, 11a der ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 in axialer Richtung der Brennkammer 15 ist, wobei D1 ein erster Strömungsdurchmesser der ersten Zumischluftlöcher 10 an der Austrittsseite zur Brennkammer 15 ist und D2 ein zweiter Strömungsdurchmesser der zweiten Zumischluftlöcher 11 an der Austrittsseite zur Brennkammer 15 ist. C ist ferner ein mittlerer Durchflusskoeffizient der ersten und zweiten Zumischlöcher.

[0040] Der Strömungsdurchmesser D1 und D2 des ersten Ausführungsbeispiels ist dabei derart gewählt, dass der Strömungsdurchmesser D1 der ersten Zumischluftlöcher 10 und der zweiten Zumischluftlöcher 11 kreisförmig ist. Somit sind die Strömungsdurchmesser als Kreisdurchmesser ausgebildet.

[0041] Dabei ist ein erster Durchmesser D1 kleiner als der zweite Durchmesser D2.

[0042] In Umfangsrichtung sind die Zumischluftlöcher 10 der ersten Zumischluftreihe Z1 gleich beabstandet und weisen einen Abstand U von jeweils zueinander benachbarten ersten inneren Mittelpunkten 10a (vgl. Figur 3) auf. Die zweiten Zumischluftlöcher 11 der zweiten Zumischluftreihe Z2 weisen dabei den gleichen Abstand in Umfangsrichtung U auf. Dabei sind die ersten und zweiten inneren Mittelpunkte 10a, 11a, jeweils um den Abstand U/2 in Umfangsrichtung versetzt (vgl. Figur 3).

[0043] Weiterhin sind dabei erste Zumischluftlöcher 10 derart angeordnet, dass immer ein erstes Zumischluftloch 10 in Flucht in Durchströmungsrichtung A der Brennkammer auf einer Mittelachse 60 jeder Kraftstoffdüse 6 angeordnet ist (vgl. Figur 3). Alternativ ist es auch möglich, dass diese Bedingung nur auf der Innenringwand oder nur auf der Außenringwand erfüllt ist.

[0044] Der mittlere Durchflusskoeffizient C der ersten und zweiten Zumischlöcher ist dabei in einem Bereich von 0,60 bis 0,75 und beträgt besonders bevorzugt 0,69. Der Durchflusskoeffizient C ist bei jedem der Zumisch-

luftlöcher 10, 11 ungefähr gleichgroß, sodass der Durchflusskoeffizient C auch unter Berücksichtigung von Toleranzbändern immer bevorzugt mit 0,69 gewählt werden kann.

[0045] Es sei angemerkt, dass der Strömungsdurchmesser D1, D2 nicht unbedingt ein Kreisdurchmesser sein muss, sondern beispielsweise ein Ellipsendurchmesser sein kann.

[0046] Im ersten Ausführungsbeispiel sind die ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 zylindrisch (vgl. Figur 4). Sollten die ersten und zweiten Zumischluftlöcher nicht zylindrisch gewählt werden, sondern beispielsweise konisch oder konvex, wird als erster und zweiter Strömungsdurchmesser jeweils der kleinste Durchmesser des Zumischlochs gewählt.

[0047] Die Anzahl der ersten Zumischlöcher 10 ist gleich der Anzahl der zweiten Zumischlöcher 11. Die zweiten Zumischlöcher 11 der zweiten Zumischreihe Z2 sind in Umfangsrichtung jeweils mittig versetzt zu den Zumischluftlöchern 10 der ersten Zumischluftreihe Z1 angeordnet, was schematisch in Figur 3 gezeigt ist. Die Anzahl der ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 wird durch die insgesamt zur Verfügung stehende Luftmenge für die Zumischung definiert und kann durch die Summe der Teilflächen der ersten und zweiten Zumischluftlöcher multipliziert mit der Anzahl der Löcher wie folgt berechnet werden:

$$B=N*(0,25*\pi*D1^2+0,25*\pi*D2^2).$$

[0048] Für die Auslegung kann nun entweder der Abstand L zwischen den beiden Zumischluftreihen und die Fläche B mit der Lochzahl N einer Zumischluftreihe z. B. N1 der ersten Zumischluftreihe, oder die Fläche B und die Lochzahl N und einer der Durchmesser D1, D2 der ersten und zweiten Zumischluftlöcher oder das Verhältnis der Durchmesser der ersten und zweiten Zumischluftlöcher zueinander angegeben werden.

[0049] Beispielsweise werden die Fläche B, die Anzahl N der Zumischluftlöcher der ersten (N1) oder zweiten (N2) Zumischluftreihe, welche in diesem Ausführungsbeispiel bei beiden Zumischluftreihen gleich ist, und das Verhältnis D2/D1 vorgegeben:

Gesamtfläche B: 12.000 mm²

[0050] Anzahl N der Zumischlöcher der ersten oder zweiten Zumischluftreihe: 48

$$D2/D1=1,3.$$

[0051] Da der Durchflusskoeffizient mit 0,69 bekannt ist, ergibt sich für den ersten Durchmesser D1 ein Wert von 10,9 mm, für den zweiten Durchmesser D2 ein Wert von 14,1 mm und für die Länge L ein Wert von 8,74 mm.

[0052] Somit kann erfindungsgemäß sichergestellt

werden, dass eine ausreichende Zumischluftmenge in die Brennkammer 15 zugeführt werden kann, sodass die Bildung von unerwünschten NOx-Emissionen signifikant reduziert werden kann. Durch die entlang des Umfangs gleichmäßige Verteilung der ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 kann somit vermieden werden, dass bei der Verbrennung brennstoffreiche Bereiche und Bereiche hoher Verbrennungstemperaturen in der Brennkammer 15 übrig bleiben. Die geschickte Anordnung der Zumischluftlöcher ermöglicht somit, dass eine gleichmäßige Abmagerung in der Brennkammer 15 erreicht wird.

[0053] Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, sind erste Mittelachsen M1 der ersten Zumischluftlöcher 10 derart angeordnet, dass diese in der Ebene E1 liegen. Ferner liegen die Mittelachsen M2 der zweiten Zumischluftlöcher 11 in der zweiten Ebene E2. Da der Abstand L jeweils an den inneren Mittelpunkten 10a, 11a der ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 bestimmt wird, ist es auch möglich, den Abstand L zu bestimmen, wenn die Mittelachsen M1, M2 der Zumischluftlöcher 10, 11 geneigt zum Mittelkonusmantel 9 sind. Im ersten Ausführungsbeispiel schneiden die ersten Mittelachsen M1 und die zweiten Mittelachsen M2 den Mittelkonusmantel 9 der Brennkammer 15 jeweils senkrecht.

[0054] Somit wird erfindungsgemäß eine Verbindung zwischen den Strömungsdurchmessern D1, D2 der ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 und dem Abstand L in Durchströmungsrichtung A der Brennkammer 15 hergestellt, um eine Optimierung der Reduzierung von NOx-Emissionen zu erreichen.

[0055] Figur 5 zeigt eine Brennkammeranordnung 1 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Wie aus Figur 5 ersichtlich ist, weist die Brennkammer 15 des zweiten Ausführungsbeispiels eine tonnenförmige Ringform auf. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Zuströmrichtungen der Zumischluft der ersten Zumischluftreihe Z1 und der zweiten Zumischluftreihe Z2 in die Brennkammer 15. Wie aus Figur 5 ersichtlich ist, sind die ersten Zumischluftlöcher 10 derart angeordnet, dass diese senkrecht zu einer ersten Tangente T1 der Brennkammeraußenwand 8 angeordnet ist. Die zweiten Zumischluftlöcher 11 sind senkrecht zu einer zweiten Tangente T2 an der Brennkammeraußenwand 8 angeordnet. Hierdurch ergeben sich unterschiedliche Neigungen der ersten und zweiten Zumischluftlöcher, wodurch eine unterschiedliche Vermischung mit Zumischluft in der Brennkammer 15 erhalten wird. Weiterhin sind beim zweiten Ausführungsbeispiel die ersten und zweiten Zumischluftlöcher derart ausgebildet, dass diese teilweise in das Innere der Brennkammer 15 vorstehen. Hierbei weist das erste Zumischluftloch 10 einen inneren Flansch 10b auf, welcher in die Brennkammer 15 vorsteht. Das zweite Zumischloch 11 weist einen inneren Flansch 11 b auf, welcher in die Brennkammer 15 vorsteht. Dadurch wird der Durchstoßpunkt der Mittellinien M1 und M2 der ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11, und somit die inneren Mittelpunkte 10a, 11a, weiter

nach innen in die Brennkammer 15 versetzt, wodurch sich eine unterschiedliche Länge L als Abstand in Durchströmungsrichtung A zwischen der ersten und zweiten Zumischluftreihe Z1, Z2 ergibt.

[0056] Figur 6 zeigt eine Brennkammeranordnung 1 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Das dritte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem zweiten Ausführungsbeispiel, wobei im Unterschied dazu die zweiten Zumischluftlöcher 11 geneigt zu einer zweiten Tangente T2 an der Brennkammeraußenwand 8 angeordnet sind. Dadurch verschiebt sich der Durchstoßpunkt am Austritt der zweiten Zumischluftlöcher 11, sodass der zweite innere Mittelpunkt 11a näher an der ersten Zumischluftreihe Z1 angeordnet ist. Dadurch verkürzt sich der Abstand L. Ferner sind die ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 wieder derart ausgebildet, dass diese teilweise in die Brennkammer 15 vorstehen. Der Flansch 11 b der zweiten Zumischluftlöcher 11 ragt dabei weiter in die Brennkammer als der Flansch 10b der ersten Zumischluftlöcher 10.

[0057] Figur 7 zeigt schematisch eine Brennkammeranordnung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Im Unterschied zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen sind beim vierten Ausführungsbeispiel die Strömungsdurchmesser der ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 nicht mehr als Kreisdurchmesser vorgesehen, sondern als Ellipsendurchmesser. Hierbei ist eine Ellipsenfläche der zweiten Zumischluftlöcher 11 größer als die der ersten Zumischluftlöcher 10. Der Strömungsdurchmesser D1 und D2 der ersten und zweiten Zumischluftlöcher 10, 11 wird bei einer Ellipsenform dabei wie folgt berechnet:

$$D1=4*a1*b1/(a1+b1),$$

wobei a1 und b1 die Halbachsen der Ellipse der ersten Zumischluftlöcher 10 sind.

[0058] Der zweite Strömungsdurchmesser D2 wird wie folgt berechnet:

$$D2=4*a2*b2/(a2+b2),$$

wobei a2 und b2 die Halbachsen der Ellipse der zweiten Zumischluftlöcher 11 sind.

[0059] Wie beim ersten Ausführungsbeispiel sind beim vierten Ausführungsbeispiel die zweiten Zumischluftlöcher 11 der zweiten Zumischluftreihe Z2 in Umfangsrichtung mittig versetzt zu den Zumischluftlöchern 10 der ersten Zumischluftreihe Z1. Die inneren ersten und zweiten Mittelpunkte 10a und 11a liegen wiederum in einer ersten Ebene E1 bzw. einer zweiten Ebene E2. Jedes zweite erste Zumischloch 10 der ersten Zumischlochreihe Z1 liegt dabei wieder fluchtend mit der Mittelachse 60 der Kraftstoffdüsen 6. Somit ist jeder Kraftstoffdüse 6 in Axialrichtung genau ein erstes Zumischluftloch 10 zugeordnet.

[0060] Fig. 8 zeigt schematisch eine Brennkammeranordnung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung. Im Unterschied zum vierten Ausführungsbeispiel sind beim fünften Ausführungsbeispiel die ersten Zumischluftlöcher 10 kreisförmig vorgesehen und die zweiten Zumischluftlöcher 11 ellipsenförmig ausgebildet. Die Kreisdurchmesser und die Ellipsendurchmesser sind dabei entlang der jeweiligen Zumischluftreihen Z1, Z2 bei jedem Zumischluftloch gleich groß. Die längere Halbachse der Ellipsen ist dabei in Durchströmungsrichtung A ausgerichtet. Es sei ferner angemerkt, dass auch die erste Zumischluftreihe Z1 ellipsenförmige Zumischluftlöcher aufweisen kann und die zweite Zumischluftreihe Z2 kreisförmige Zumischluftlöcher aufweisen kann.

[0061] Zu allen beschriebenen Ausführungsbeispielen sei angemerkt, dass auch beliebige Kombinationen zwischen Kreisdurchmessern und Ellipsendurchmessern möglich sind. Auch kann die längere Halbachse der Ellipsen senkrecht zur Durchströmungsrichtung A angeordnet sein. Alternativ sind Kreisdurchmesser und Ellipsendurchmesser in wenigstens einer Zumischluftreihe abwechselnd angeordnet, oder in beiden Zumischluftreihen Z1, Z2 sind Zumischluftlöcher abwechselnd mit Kreisdurchmesser und Ellipsendurchmesser ausgebildet, welche auch in Umfangsrichtung versetzt sein können.

Bezugszeichenliste

[0062]

1	Brennkammeranordnung
2	Kraftstoffleitung
3	Brennkammerkopf
4	Kopfplatte
5	Hitzeschild
6	Kraftstoffdüse
7	Doppelwandige Innenringwand
8	Doppelwandige Außenringwand
9	Mittelkonusmantel
10	erste Zumischluftlöcher
10a	erste innere Mittelpunkte
10b	Flansch
10c	erste äußere Mittelpunkte
11	zweite Zumischluftlöcher
11a	zweite innere Mittelpunkte
11b	Flansch
11c	zweite äußere Mittelpunkte
12	im Gehäuse umlaufender Fan
13	Mitteldruckkompressor
14	Hochdruckkompressor
15	Brennkammer
16	Hochdruckturbine
17	Mitteldruckturbine
18	Niederdruckturbine
19	Abgasdüse
20	Leitschaufeln
21	Triebwerksgehäuse

22	Kompressorlaufschaufeln
23	Leitschaufeln
24	Turbinenschaufeln
26	Kompressortrommel oder-scheibe
5 27	Turbinenrotornabe
28	Auslasskonus
60	Mittelachse der Kraftstoffdüse
71	innerer Schindelträger
72	innere Brennkammerschindel
10 80	Brennkammeraufhängung
81	äußerer Schindelträger
82	äußere Brennkammerschindel
90	Brennkammerflansch
100	Gasturbinentriebwerk
15 110	Lufteinlass
A	Durchströmungsrichtung
B	Fläche aller Zumischlöcher
C	mittlerer Durchflusskoeffizient
D1	erster Strömungsdurchmesser
20 D2	zweiter Strömungsdurchmesser
E1	erste Ebene
E2	zweite Ebene
L	Abstand der inneren Mittelpunkte
M1	erste Mittelachse
25 M2	zweite Mittelachse
N	Anzahl der Zumischlöcher einer Zumischluftreihe
N1	Anzahl der Zumischlöcher der ersten Zumischluftreihe Z1
N2	Anzahl der Zumischlöcher der zweiten Zumischluftreihe Z2
30 T1	erste Tangente
T2	zweite Tangente
X-X	Triebwerksachse
Z1	erste Zumischluftreihe
35 Z2	zweite Zumischluftreihe

Patentansprüche

- 40 **1.** Brennkammeranordnung einer Gasturbine, umfassend
- eine ringförmige Brennkammer (15) mit einer Innenringwand (7) und einer Außenringwand (8),
 - einen Brennkammerkopf (3) mit einer Vielzahl von Kraftstoffdüsen (6),
 - eine erste Zumischluftreihe (Z1) mit einer Vielzahl von als Durchgangsöffnungen ausgebildeten ersten Zumischluftlöchern (10), welche in der Innenringwand (7) und/oder der Außenringwand (8) angeordnet sind,
 - eine zweite Zumischluftreihe (Z2) mit einer Vielzahl von als Durchgangsöffnungen ausgebildeten zweiten Zumischluftlöchern (11), welche in der Innenringwand (7) und/oder der Außenringwand (8) angeordnet sind,
 - wobei die ersten Zumischluftlöcher (10) erste

innere Mittelpunkte (10a) und erste äußere Mittelpunkte (10c) aufweisen und die zweiten Zumischluflöcher (11) zweite innere Mittelpunkte (11a) und zweite äußere Mittelpunkte (11c) aufweisen, wobei die ersten und zweiten inneren Mittelpunkte (10a, 11a) jeweils an einer zur Brennkammer (15) gerichteten Seite der ersten und zweiten Zumischluflöcher (10, 11) liegen, und die ersten und zweiten äußeren Mittelpunkte (10c, 11 c) an einer von der Brennkammer (15) abgewandten Seite der ersten und zweiten Zumischluflöcher (10, 11) liegen.
- wobei die Gleichung

$$L=D2/D1*(D2-D1)/C^2$$

erfüllt ist,

- wobei L ein Abstand zwischen den ersten und zweiten inneren Mittelpunkten (10a, 11a) und/oder den ersten und zweiten äußeren Mittelpunkten (10c, 11c) der ersten und/oder zweiten Zumischluflöcher (10, 11) ist,
- wobei D1 ein erster Strömungsdurchmesser der ersten Zumischluflöcher (10) an einer Eintrittsseite und/oder einer Austrittsseite zur Brennkammer (15) ist und D2 ein zweiter Strömungsdurchmesser der zweiten Zumischluflöcher (11) an der Eintrittsseite und/oder der Austrittsseite zur Brennkammer (15) ist,
- wobei der zweite Strömungsdurchmesser D2 größer als der erste Strömungsdurchmesser D1 ist, und
- wobei C ein Maß für einen mittleren Durchflusskoeffizienten der ersten und zweiten Zumischluflöcher (10, 11) ist.

2. Brennkammeranordnung nach Anspruch 1, wobei der erste Strömungsdurchmesser D1 ein erster Kreisdurchmesser der ersten Zumischluflöcher (10) ist oder wobei der erste Strömungsdurchmesser D1 ein erster Ellipsendurchmesser der ersten Zumischluflöcher (10) entsprechend der Gleichung $D1=4*(a1*b1)/(a1+b1)$ ist, wobei a1 und b1 die Halbachsen der Ellipse sind, und/oder wobei der zweite Strömungsdurchmesser D2 ein zweiter Kreisdurchmesser der zweiten Zumischluflöcher (11) ist oder der zweite Strömungsdurchmesser D2 ein zweiter Ellipsendurchmesser der zweiten Zumischluflöcher (11) gemäß der Formel $D2=4*(a2*b2)/(a2+b2)$ ist, wobei a2 und b2 die Halbachsen der Ellipse sind.
3. Brennkammeranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Durchflusskoeffizient C in einem Bereich von 0,60 bis 0,75 liegt und insbesondere 0,69 ist.

4. Brennkammeranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Strömungsdurchmesser D1 und/oder der zweite Strömungsdurchmesser D2 der ersten und zweiten Zumischluflöcher (10, 11) in Durchströmungsrichtung durch die Zumischluflöcher konstant ist und/oder wobei jeder Kraftstoffdüse (6) in Axialrichtung ein erstes Zumischloch (10) zugeordnet ist.
5. Brennkammeranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an der Außenringwand (8) und/oder an der Innenringwand (7) die Anzahl der ersten Zumischluflöcher (10) gleich der Anzahl der zweiten Zumischluflöcher (11) ist.
6. Brennkammeranordnung nach Anspruch 5, wobei an der Außenringwand (8) und/oder an der Innenringwand (7) die zweiten Zumischluflöcher (11) in Umfangsrichtung versetzt zu den ersten Zumischluflöchern (10) sind, insbesondere mittig in Umfangsrichtung versetzt sind.
7. Brennkammeranordnung nach Anspruch 5, wobei die ersten Zumischluflöcher (10) in der Außenringwand (8) in Durchströmungsrichtung A der Brennkammer jeweils auf einer Mittelachse (60) einer Kraftstoffdüse (6) angeordnet sind und wobei die ersten Zumischluflöcher (10) in der Innenringwand (7) in Umfangsrichtung um einen Winkel $\alpha = 360^\circ/(2*N1)$ versetzt sind, wobei N1 die Anzahl der Zumischluflöcher der ersten Zumischlufluchtreihe ist.
8. Brennkammeranordnung nach Anspruch 5, wobei die ersten Zumischluflöcher (10) in der Innenringwand (7) in Durchströmungsrichtung A der Brennkammer jeweils auf einer Mittelachse (60) einer Kraftstoffdüse (6) angeordnet sind und wobei die ersten Zumischluflöcher (10) in der Außenringwand (8) in Umfangsrichtung um einen Winkel $\alpha = 360^\circ/(2*N1)$ versetzt sind, wobei N1 die Anzahl der Zumischluflöcher der ersten Zumischlufluchtreihe ist.
9. Brennkammeranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die ersten Zumischluflöcher (10) erste Mittelachsen (M1) aufweisen, die in einer ersten Ebene (E1) liegen und wobei die zweiten Zumischluflöcher (11) zweite Mittelachsen (M2) aufweisen, die in einer zweiten Ebene (E2) liegen, wobei insbesondere die Ebenen (E1, E2) zueinander parallel sind.
10. Brennkammeranordnung nach Anspruch 9, wobei die ersten und/oder zweiten Mittelachsen (M1, M2) senkrecht zu einer Tangente an der Innenringwand (7) und/oder senkrecht zu einer Tangente an der Außenringwand (8) der Brennkammer (15) sind.
11. Brennkammeranordnung nach einem der Ansprü-

che 1 bis 8, wobei die Brennkammer (15) eine tonnenförmige Form aufweist und/oder wobei die ersten und/oder zweiten Zumischluftlöcher (10, 11) eine Mittelachse (M1, M2) aufweisen, welche in einem Winkel ungleich 90° zu einer Tangente an der Außenringwand (8) der Brennkammer (15) angeordnet sind.

5

12. Brennkammeranordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die ersten Zumischluftlöcher (10) in der Außenringwand (8) jeweils coaxial zu den ersten Zumischluftlöchern (10) in der Innenringwand (7) sind und/oder wobei die zweiten Zumischluftlöcher (11) in der Außenringwand (8) jeweils coaxial zu den zweiten Zumischluftlöchern (11) in der Innenringwand (7) sind.

10

15

13. Brennkammeranordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Anzahl von ersten Zumischluftlöchern (10) einer doppelten Anzahl von Kraftstoffdüsen (6) entspricht.

20

14. Gasturbine, umfassend eine Brennkammeranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

25

30

35

40

45

50

55

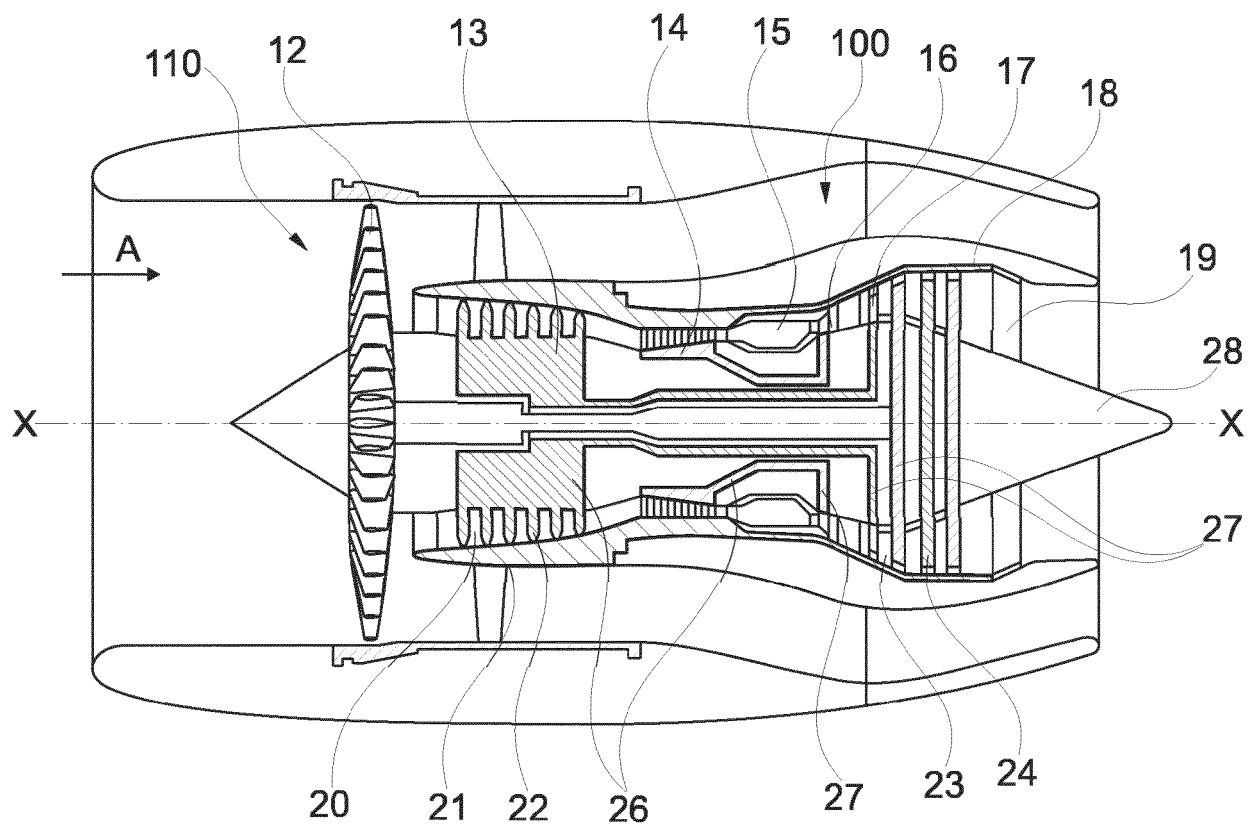


Fig. 1

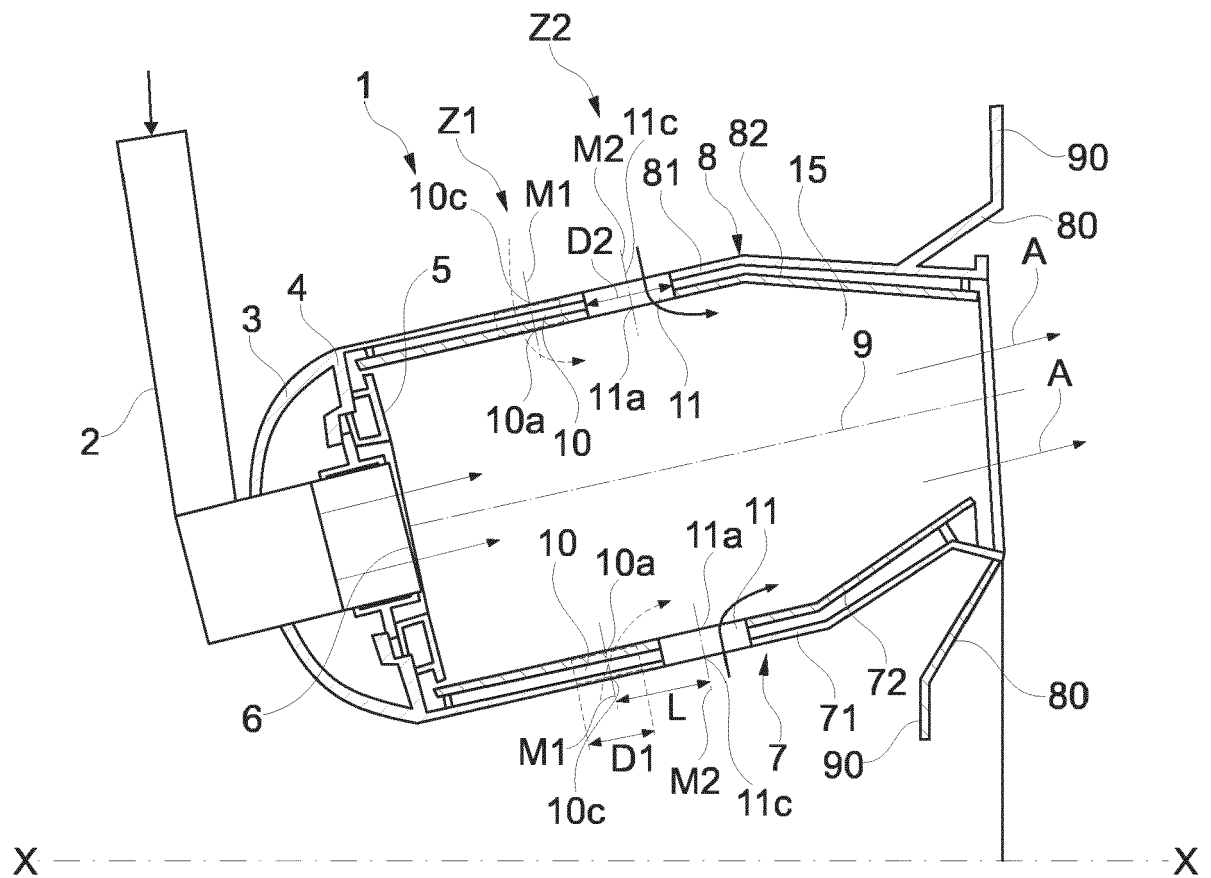


Fig. 2

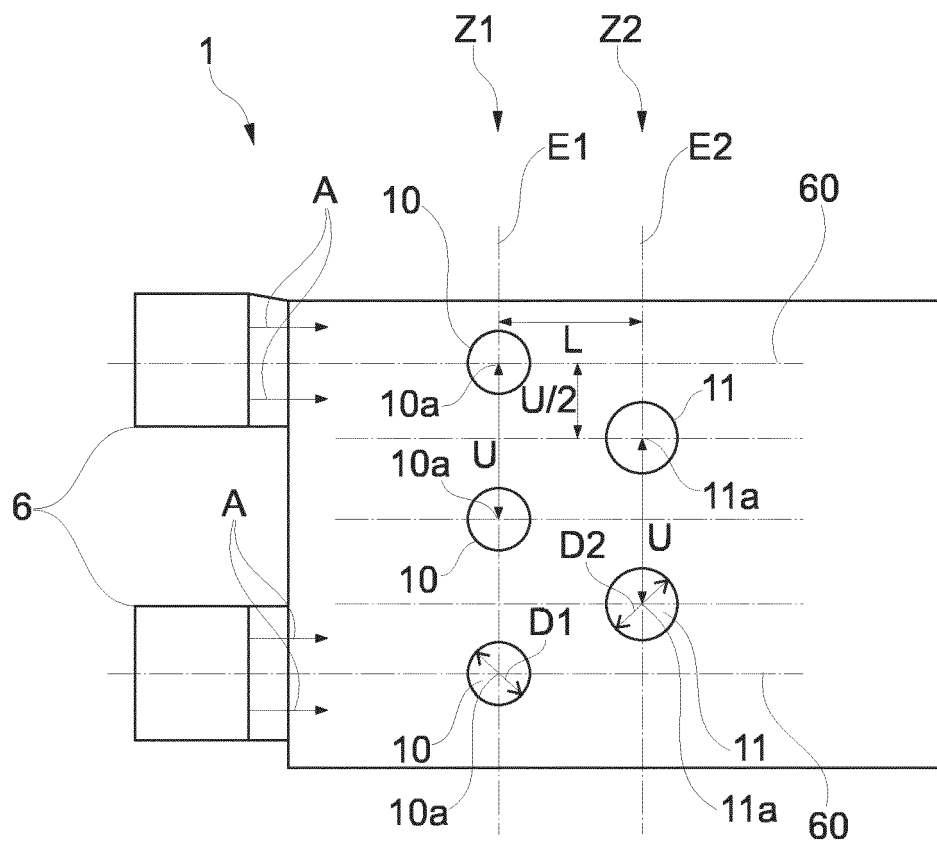


Fig. 3

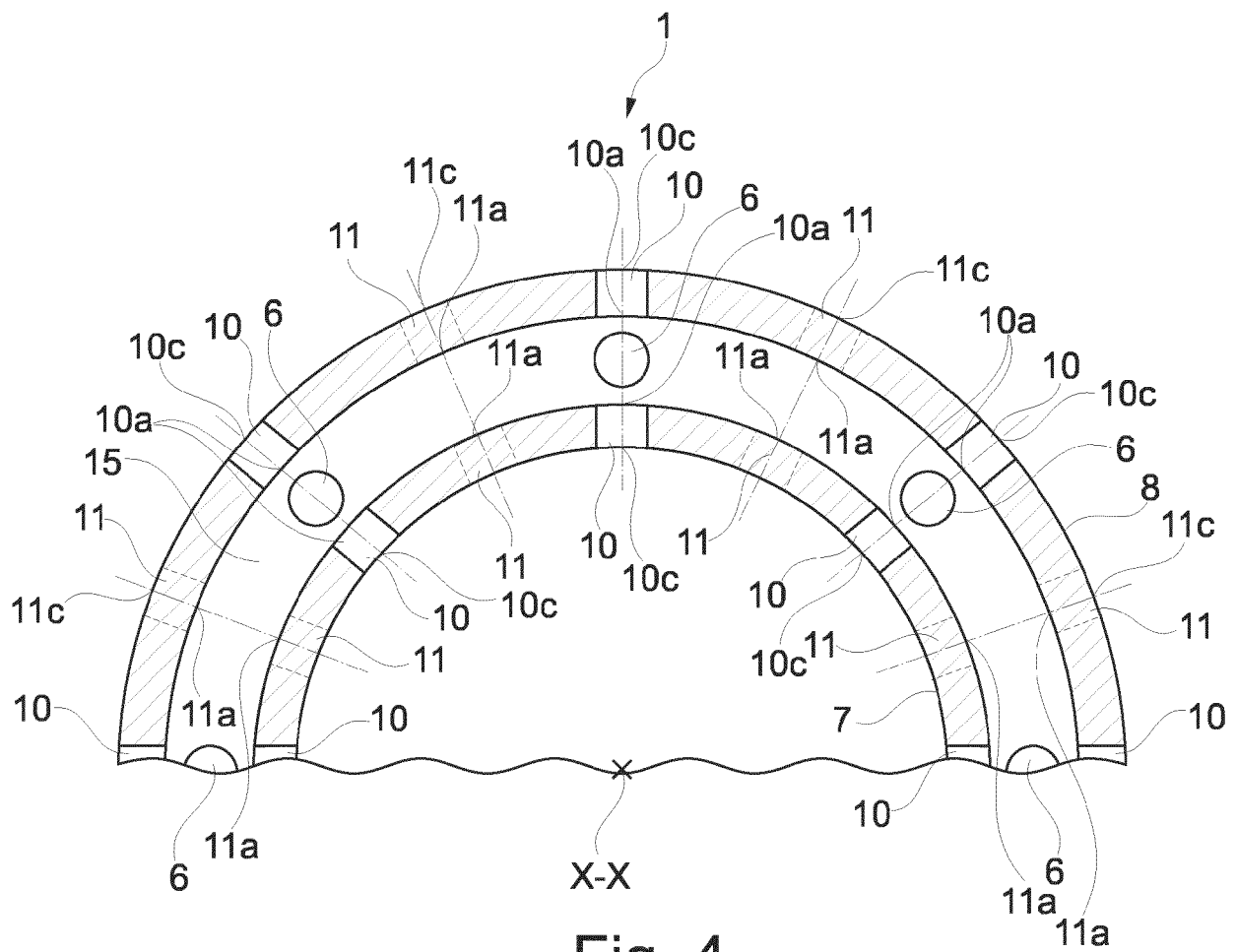


Fig. 4

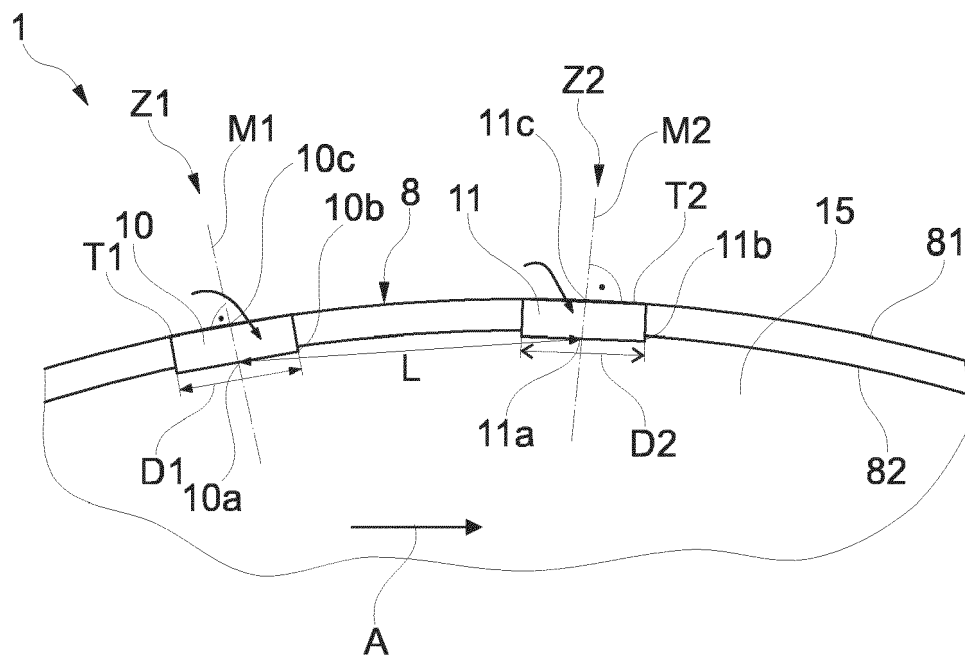


Fig. 5

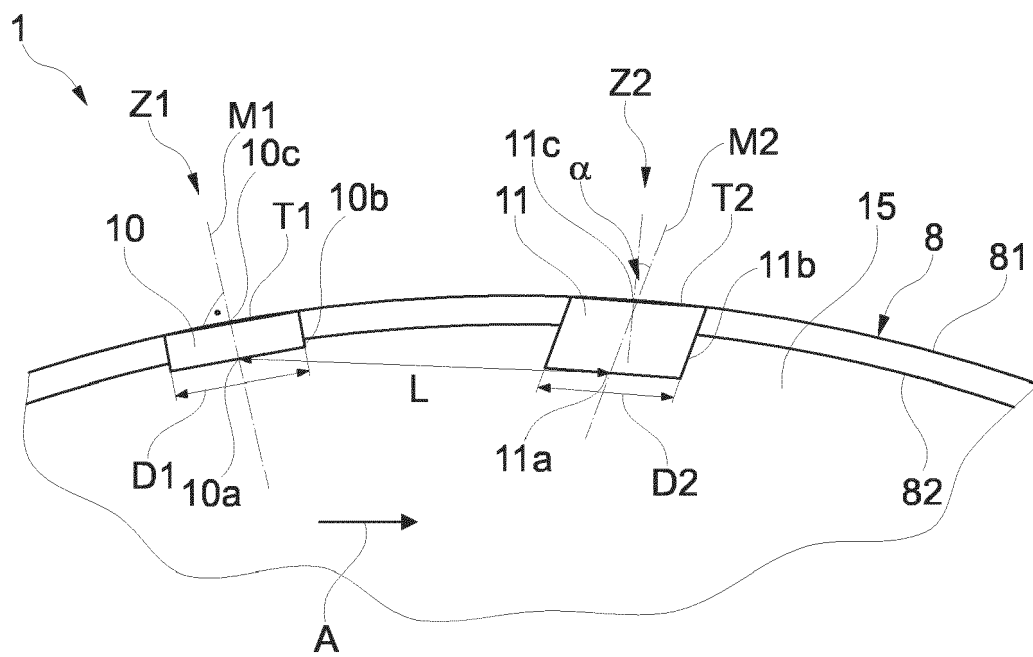


Fig. 6

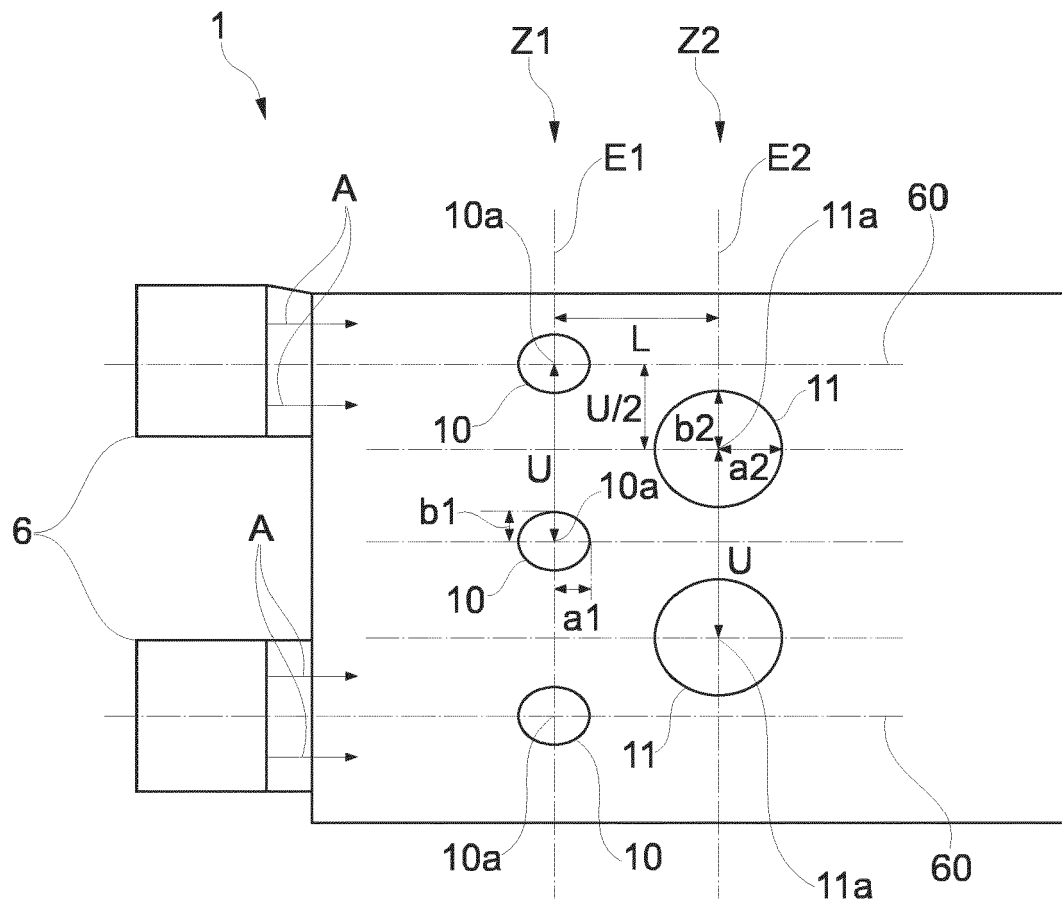


Fig. 7

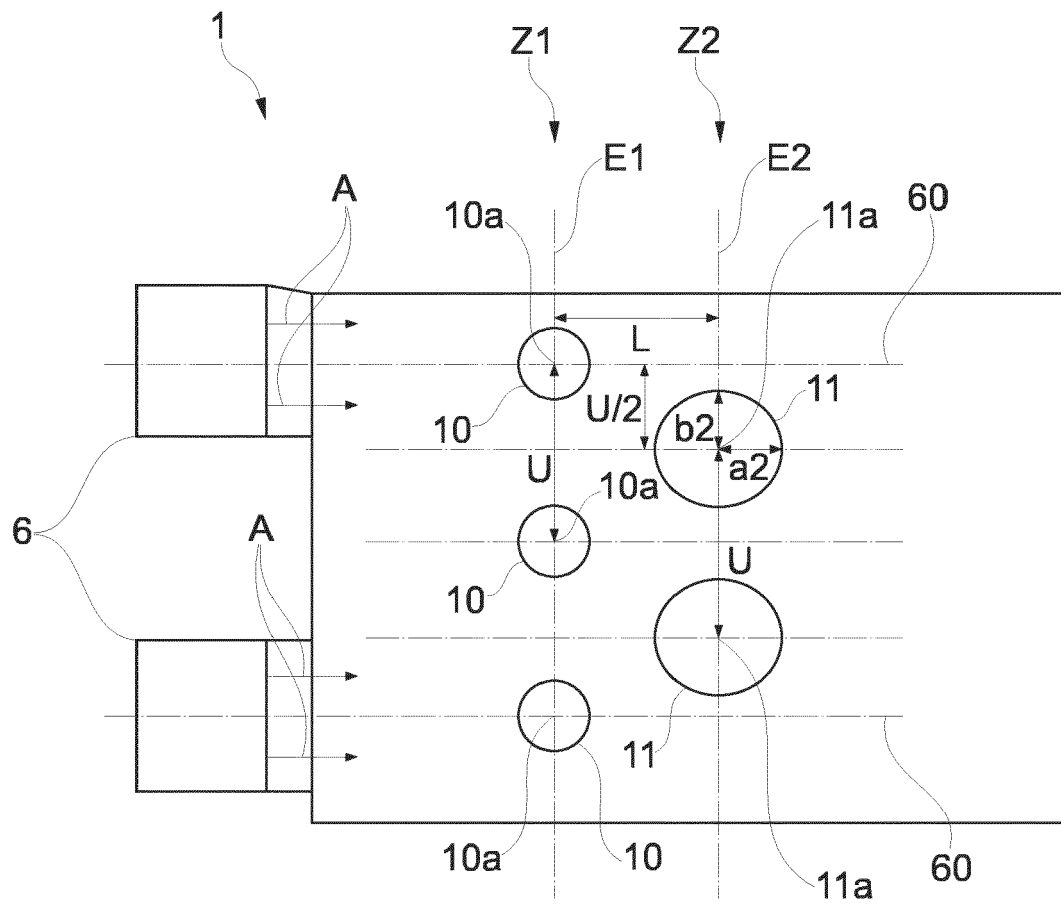


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 19 4774

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y,D	US 2011/048024 A1 (SNYDER TIMOTHY S [US] ET AL) 3. März 2011 (2011-03-03) * Seite 2, Absatz 10 * * Seite 2, Absatz 13 - Absatz 14 * * Seite 3, Absatz 29 - Seite 4, Absatz 33 * * Seite 5, Absatz 40 - Seite 7, Absatz 47 * * Abbildungen 2,4,6-10 *	1-14	INV. F23R3/00 F23R3/06
Y	FR 2 981 733 A1 (SNECMA [FR]) 26. April 2013 (2013-04-26) * Seite 5, Zeile 1 - Zeile 28 * * Seite 7, Zeile 16 - Seite 8, Zeile 11 * * Seite 11, Zeile 20 - Seite 15, Zeile 8 * * Ansprüche 1,3,5,6 * * Abbildungen 1,2 *	1-14	
Y	EP 1 351 022 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 8. Oktober 2003 (2003-10-08) * Spalte 1, Absatz 9 - Spalte 2, Absatz 11 * * Abbildung 3a *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23R
A	EP 2 693 120 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 5. Februar 2014 (2014-02-05) * Spalte 2, Absatz 9 - Absatz 11 * * Abbildung 3 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. Januar 2018	Prüfer Gavriliu, Costin
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 19 4774

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-01-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2011048024	A1	03-03-2011	EP 2290289	A2	02-03-2011
				US 2011048024	A1	03-03-2011
15	FR 2981733	A1	26-04-2013	FR 2981733	A1	26-04-2013
				GB 2511440	A	03-09-2014
				US 2015285500	A1	08-10-2015
				WO 2013060985	A1	02-05-2013
20	EP 1351022	A2	08-10-2003	DE 10214570	A1	15-01-2004
				EP 1351022	A2	08-10-2003
				US 2003182942	A1	02-10-2003
25	EP 2693120	A2	05-02-2014	DE 102012015449	A1	20-02-2014
				EP 2693120	A2	05-02-2014
				US 2014033723	A1	06-02-2014
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20110048024 A1 [0002]