

(19)



(11)

EP 2 808 612 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.12.2014 Patentblatt 2014/49

(51) Int Cl.:
F23R 3/28 (2006.01) **F23R 3/34** (2006.01)
F23R 3/46 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13170053.6**

(22) Anmeldetag: **31.05.2013**

(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

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Beck, Christian
45468 Mülheim (DE)**
• **Deiss, Olga
40627 Düsseldorf (DE)**
• **Krebs, Werner, Dr.
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)**
• **Wegner, Bernhard, Dr.
10589 Berlin (DE)**

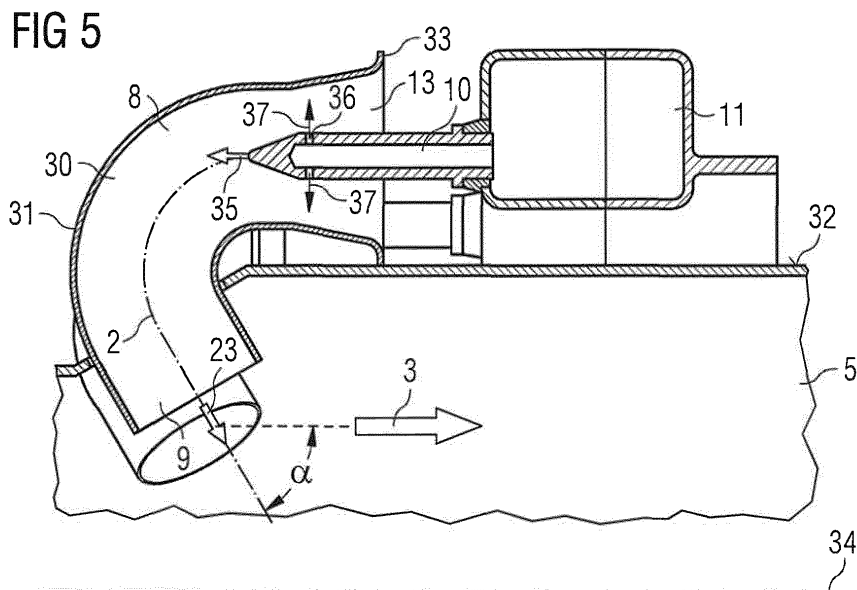
(54) **Gasturbinen-Brennkammer mit Tangentialeindüsung als späte Mager-Einspritzung**

(57) Es wird eine Brennkammer mit einer Längsachse (34), einem Brennkammerkopfende, einem Brennkammerausgang, einer Brennkammerwand, die sich vom Brennkammerkopfende zum Brennkammerausgang erstreckt, einer Primärzone und einer Sekundärzone (5), die in Hauptströmungsrichtung (3) des Heißgases stromabwärts der Primärzone angeordnet ist, beschrieben. Dabei umfasst die Brennkammer mindestens einen in der Sekundärzone (5) an der Brennkammerwand angeordneten Injektor (8) zum Einbringen eines Brennstoff-Luft-Gemisches (23) in die Sekundärzone (5). Der Injektor (8) weist einen Strömungskanal (30) mit einem Aus-

gang (9) mit einer in eine Einstromrichtung (23) weisenden Mittelachse (2) auf.

Die Brennkammer ermöglicht eine Reduzierung der Emissionen von Stickoxiden (NO_x) und/oder niedrige CO-Emissionen.

Hierzu umfasst die Strömungsrichtung (23) des Brennstoff-Luft-Gemisches (23) in dem Strömungskanal (30) zumindest abschnittsweise, optional auch am Ausgang, mindestens eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung (3) des in der Brennkammer strömenden Heißgases.



EP 2 808 612 A1

Beschreibung

Gegenstand der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkammer, insbesondere eine Rohrbrennkammer, eine Gasturbine und ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkammer einer Gasturbine.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Moderne Gasturbinen sollen in einem weiten Betriebsbereich den Anforderungen bezüglich Schadstoffemissionen und Umweltfreundlichkeit genügen. Die Erfüllung dieser Anforderungen hängt wesentlich von dem in der Gasturbine eingesetzten Verbrennungssystem ab. Zur Reduktion der Emissionen von Stickoxiden (NOx) wird magere Vormischung verwendet. Dabei werden zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades hohe Turbineneintrittstemperaturen angestrebt, die mit hohen Flammentemperaturen einhergehen. Hier sind die erwähnten Vormischflammen aufgrund der hohen thermischen Leistungsdichte anfällig für thermoakustische Instabilitäten und die NOx-Emissionen nehmen mit steigender Flammentemperatur exponentiell zu.

[0003] Auf der anderen Seite ist ein Betrieb der Gasturbine bei möglichst niedrigen Lasten und Flammentemperaturen notwendig, um den Anforderungen der Kraftwerksbetreiber gerecht zu werden. Hier wird der Betriebsbereich nach unten hin durch die bei unvollständigem Ausbrand entstehenden Kohlenmonoxidemissionen (CO) begrenzt. Daher ist es wünschenswert, den Betriebsbereich des Verbrennungssystems in beide Richtungen zu erweitern.

[0004] Zur Erweiterung des Betriebsbereiches bei bestehenden Verbrennungssystemen wurde beispielsweise durch brennerinterne Brennstoffstufung, effiziente Vormischeinrichtungen, Reduktion von Kühlluft oder gestufte Verbrennungskonzepte eine Optimierung des Systems für die heutigen Anforderungen vorgenommen. Die "axial staging" genannte Verbrennungstechnologie besteht aus einem konventionellen Brenner, der eine primäre Verbrennungszone befeuert. Diese Primärzone kann wiederum wie konventionelle Brenner intern gestuft sein und deckt den Lastbereich bis zu heutigen Feuerungstemperaturen ab. Stromab der Primärzone schließt sich eine sekundäre Verbrennungszone an. In diese wird durch eine axial gegenüber der Primärzone versetzte Stufe zusätzlicher Brennstoff eingedüst. Dieser wird dann in einem diffusionsartigen Regime verbrannt. Der Brennstoff kann mit Inertkomponenten (Dampf, Stickstoff, Kohlendioxid) verdünnt werden, um die stöchiometrische Verbrennungstemperatur stark abzusenken und damit die NOx-Bildung zu unterdrücken. Gleichzeitig wird durch die Verteilung der Wärmefreisetzung über den gesamten zur Verfügung stehenden Brennraum die Neigung des Verbrennungssystems zu thermoakustischen Instabilitäten verringert.

[0005] Die für einen sicheren Betrieb innerhalb der gewährleisteten Emissionsgrenzen benötigten Verdünnungsmedien müssen aus separaten Prozessen zur Verfügung gestellt werden, was zu etlichen Nachteilen führt. Erstens steigt die Komplexität des Gesamtkraftwerks im Sinne höherer Investitionskosten. Zweitens benötigen diese separaten Prozesse ihrerseits Energie, so dass der Gesamtwirkungsgrad beeinträchtigt wird. Drittens sinkt die Verfügbarkeit des Kraftwerkes, da diese Prozesse eine gewisse Ausfallwahrscheinlichkeit besitzen, welche zu der des konventionellen Kraftwerkes hinzuge-rechnet werden muss. Aus diesem Grund ist es auch bekannt, den Brennstoff in der zweiten axialen Stufe ohne Inertkomponenten in Form eines Luft/Brennstoff-Gemisches in die Sekundärzone einzubringen ("fuel only").

[0006] Diesbezüglicher und weiterer Stand der Technik ist in DE 10 2006 053 679 A1, US 6,418,725 B1, die jeweils Rohrbrennkammern betreffen, und in den Dokumenten DE 42 32 383 A1, US 2009/0084082 A1, US 6,192,688 B1, US 6,047,550 und US 6,868,676 B1, die Ringbrennkammern betreffenden, beschrieben.

[0007] Die US 2011/0067402 A1 offenbart eine Gasturbine mit einer Brennkammer, welche ein Verbrennungskonzept mit zwei Stufen aufweist. Die Brennkammer umfasst ein Brennkammerkopfe mit einer Brenneranordnung, einen Brennkammerausgang und eine Brennkammerwand, wobei die Brennkammerwand sich vom Brennkammerkopfe zum Brennkammerausgang erstreckt, sowie eine Primärzone und eine Sekundärzone. Die Sekundärzone ist in Hauptströmungsrichtung des Heißgases stromabwärts der Primärzone angeordnet. Entlang des Umfangs der Brennkammer sind in die Sekundärzone mündende Injektoren angeordnet, welche eine zweite axiale Stufe des Verbrennungssystems ausbilden.

Beschreibung der Erfindung

[0008] Es ist eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine vorteilhafte Brennkammer zur Verfügung zu stellen, mit der eine Reduzierung der Emissionen von Stickoxiden (NOx) und/oder niedrige CO-Emissionen erreicht werden können. Eine zweite Aufgabe besteht darin, eine entsprechende Gasturbine zur Verfügung zu stellen. Eine dritte Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein vorteilhaftes Verfahren zum Betrieb einer Brennkammer oder einer eine Brennkammer umfassenden Gasturbine zur Verfügung zu stellen, welches eine Reduktion der Emissionen von Stickoxiden und/oder eine Reduktion der CO-Emissionen ermöglicht.

[0009] Die erste Aufgabe wird durch eine Brennkammer nach Anspruch 1 gelöst. Die zweite Aufgabe wird durch eine Gasturbine nach Anspruch 13 gelöst. Die dritte Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 14 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0010] Die erfindungsgemäße Brennkammer umfasst eine Längsachse, ein Brennkammerkopfe und einen

Brennkammerausgang. Die Brennkammer umfasst weiterhin eine Brennkammerwand, die sich vom Brennkammerkopfbereich zum Brennkammerausgang erstreckt. Darüber hinaus umfasst die erfindungsgemäße Brennkammer eine Primärzone und eine Sekundärzone. Dabei ist die Sekundärzone in Hauptströmungsrichtung des Heißgases stromabwärts der Primärzone angeordnet. Die Brennkammer umfasst mindestens einen Injektor zum Einbringen eines Brennstoff-Luft-Gemisches in die Sekundärzone. Der Injektor ist an der Brennkammerwand angeordnet. Der Injektor umfasst zudem einen Strömungskanal mit einem in die Sekundärzone mündenden Ausgang (welcher auch mit Eindüsöffnung bezeichnet werden kann) mit einer in eine Einstromrichtung weisenden Mittelachse. Die Brennkammer umfasst auch einen Brennstoffverteiler, der mit mindestens einer Düse fluidisch verbunden ist, die in den Strömungskanal einmündet. Der Brennstoffverteiler kann beispielsweise mit mehreren Düsen (nozzles) verbunden sein und Brennstoff an diese verteilen. Beispielsweise kann der Brennstoffverteiler alle in die Sekundärzone mündenden Injektoren mit Brennstoff versorgen.

[0011] Erfindungsgemäß umfasst die Strömungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches in dem Strömungskanal zumindest abschnittsweise mindestens eine Komponente, welche entgegen einer Hauptströmungsrichtung des in der Brennkammer strömenden Heißgases weist.

[0012] Der Begriff "Komponente, welche entgegen einer Hauptströmungsrichtung des in der Brennkammer strömenden Heißgases weist" umfasst auch die Richtungen, welche parallel zur Hauptströmungsrichtung weisen. Die Hauptströmung in der Brennkammer folgt dem Verlauf der Brennkammer. Die Brennkammer kann vom Brennkammerkopfbereich bis zum Brennkammerausgang von einer Gerade abweichenden Verlauf aufweisen. In diesen Fällen sei mit Hauptströmungsrichtung eine Tangente an den Strömungspfad der Heißgase in der Brennkammer im Bereich des Injektors bezeichnet.

[0013] Beispielsweise kann eine Anzahl entsprechender Injektoren an der Brennkammerwand im Bereich der Sekundärzone angeordnet sein. Durch die kombinierte Eindüsung von Luft und Brennstoff in die Sekundärzone wird eine sogenannte "luftgestützte Axialstufe" realisiert.

[0014] Bei der Brennkammer kann es sich beispielsweise um eine Rohrbrennkammer handeln. An dem Brennkammerkopfbereich kann mindestens ein Brenner angeordnet sein.

[0015] Grundsätzlich wird die Primärzone durch den Bereich bestimmt, in welchem innerhalb der Brennkammer der über den Brenner zugeführte Brennstoff primär verbrannt wird. Die Sekundärzone zeichnet sich dadurch aus, dass in ihr das in der Primärzone erzeugte Heißgas weiter, möglichst vollständig, ausgebrannt wird. Dabei kann die Sekundärzone grundsätzlich an jeder beliebigen Position zwischen der Primärzone und dem Brennkammerausgang angeordnet sein.

[0016] Die luftgestützte Axialstufe an sich hat bereits

mehrere Vorteile. Durch ein Vormischen von Brennstoff und Luft außerhalb des Brennraums wie bei konventioneller Brennertechnologie können die entstehenden Spitzentemperaturen und damit die NO_x-Emissionen verringert werden. Durch die niedrigeren Verweilzeiten in der Sekundärzone und bis zum Turbineneintritt ergeben sich weiterhin niedrigere Gesamt-NO_x-Emissionen. Es werden zudem keine zusätzlichen Medien benötigt, sondern ein Betrieb erfolgt nur mit der vom Verdichteraustritt stammenden Luft, welche mit Brennstoff in der axialen Stufe zu einem Gemisch aufbereitet werden. Daher ist das entstehende System robust und stabil verfügbar.

[0017] Weiterhin kann durch eine geeignete Fahrweise die Beaufschlagung der Axialstufe mit Brennstoff erst bei relativ hohen Lasten erfolgen. Bei niedrigeren Lasten wird die Brennstoffzufuhr zur axialen Stufe komplett abgeschaltet und diese verhält sich dann wie ein Luftbypass. Dadurch kann die Primärzone selbst bei sehr tiefen Lasten mit einer hohen lokalen Flammentemperatur betrieben werden, welche für einen guten Ausbrand und entsprechend niedrige CO-Emissionen sorgt. Die luftgestützte Axialstufe dient daher gleichermaßen einer Erweiterung des Betriebsbereiches des Verbrennungssystems zu niedrigeren und höheren Lasten.

[0018] Die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Injektors ermöglicht eine besonders gute Vermischung des Brennstoffs mit der Luft, welcher in die Sekundärzone mittels des Injektors eingeleitet wird. Dies ermöglicht eine Reduzierung der Emissionen von Stickoxiden (NO_x) und niedrige CO-Emissionen. Durch die zumindest abschnittsweise entgegen der Hauptströmungsrichtung mit mindestens einer Komponente weisende Strömungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches in dem Strömungskanal des Injektors kann beispielsweise auf kompaktem Raum ein längerer Strömungskanal des Injektors realisiert werden. Dies ermöglicht eine stärkere Vermischung des Brennstoffs mit der Luft innerhalb des Injektors. Durch die zumindest abschnittsweise mit mindestens einer Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung weisenden Strömungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches in dem Strömungskanal kann zudem eine Einstromrichtung in die Sekundärzone realisiert werden, welche der Hauptströmung zumindest mit einer Komponente entgegengesetzt ist. Aufgrund der dadurch auftretenden starken Scherströmung wird eine besonders gute Vermischung des Brennstoffs mit der Luft der Hauptströmung realisiert. Erfindungsgemäß kann der Strömungskanal des Injektors beispielsweise einen geraden Verlauf aufweisen, wobei die in Einstromrichtung weisende Mittelachse des Strömungskanals eine Komponente entgegengesetzt zur Hauptströmungsrichtung der Heißgase in der Brennkammer aufweist. Das aus dem Injektor austretende Brennstoff-Luft-Gemisch wird somit mit einer Einstromrichtung in die Sekundärzone eingeleitet, welche eine entgegen der Hauptströmungsrichtung weisende Komponente aufweist, wodurch sich das eingeleitete Brennstoff-Luft-Gemisch aufgrund der

starken Scherströmungen besonders gut mit der Hauptströmung in der Sekundärzone mischt.

[0019] Erfindungsgemäß kann der Strömungskanal beispielsweise einen gekrümmten Verlauf aufweisen, so dass das Brennstoff-Luft-Gemisch in dem Injektor zunächst mit einer Komponente entgegengesetzt der Hauptströmungsrichtung der Heißgase in der Brennkammer in dem Strömungskanal strömt und sodann durch den gekrümmten Verlauf des Strömungskanals die Richtung ändert und den Strömungskanal mit einer Einstromrichtung verlässt, welche eine Komponente in Hauptströmungsrichtung aufweist. Dies ermöglicht einen besonders langen Strömungsweg in dem Injektor und damit eine besonders gute Vormischung des Brennstoff-Luft-Gemisches vor Eintritt in die Sekundärzone.

[0020] Erfindungsgemäß kann der Strömungskanal beispielsweise einen gekrümmten Verlauf aufweisen, so dass das Brennstoff-Luft-Gemisch in dem Injektor zunächst mit einer Komponente in Richtung der Hauptströmungsrichtung der Heißgase in der Brennkammer in dem Strömungskanal strömt und sodann durch den gekrümmten Verlauf des Strömungskanals die Richtung ändert und den Strömungskanal mit einer Einstromrichtung verlässt, welche eine Komponente entgegengesetzt zur Hauptströmungsrichtung aufweist. Dies ermöglicht einen besonders langen Strömungsweg in dem Injektor und gleichzeitig eine besonders gute Vermischung des aus dem Strömungskanal austretenden Brennstoff-Luft-Gemisches mit der Hauptströmung.

[0021] Die Brennkammerwand umfasst eine äußere Oberfläche. Mindestens ein Injektor kann zumindest teilweise entlang der äußeren Oberfläche angeordnet sein. Dies hat den Vorteil, dass sich durch gute Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums um die Brennkammer eine große Vormischlänge in den Injektoren trotz kompakter Bauweise ergibt.

[0022] Vorteilhafterweise kann der mindestens eine Injektor einen Ausgang mit einer in Einstromrichtung weisenden Mittelachse umfassen. Dabei kann die Mittelachse einen Winkel α_1 zwischen 0° und 180° mit der Hauptströmungsrichtung in der Brennkammer an der Position des jeweiligen Injektors einschließen. Dies bedeutet, dass das Brennstoff-Luft-Gemisch sowohl entgegen als auch in Hauptströmungsrichtung in die Sekundärzone eingebracht werden kann. Vorteilhafterweise kann der Winkel α_1 zwischen 0° und 90° , insbesondere zwischen 20° und 70° , betragen bzw. zwischen 90° bis 180° , insbesondere zwischen 110° und 160° betragen. Dies entspricht einer Einstromung mit einer Komponente in bzw. gegen die Hauptströmungsrichtung. Vorteilhafterweise kann der Winkel α_1 zwischen der Mittelachse des Injektorausgangs und der Hauptströmungsrichtung größer als 45° und kleiner als 90° , vorzugsweise kleiner als 70° , sein bzw. kleiner als 135° und größer als 90° , vorzugsweise größer als 110° . Dadurch wird eine gute Durchmischung mit der Hauptströmung erreicht, insbesondere bei den Einstromungen mit einer Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung.

[0023] Grundsätzlich bestimmt die Mittelachse des Injektorausgangs die Einstromrichtung des injizierten Brennstoff-Luft-Gemisches in die Brennkammer. Die Hauptströmungsrichtung des Heißgases in der Brennkammer wird insbesondere durch die Brennerachse und die Geometrie der Brennkammer bestimmt. Die Hauptströmungsrichtung kann dabei die Form einer gekrümmten Kurve haben, die vom Brenner zum Brennkammerausgang verläuft.

[0024] Vorteilhafterweise kann die in Einstromrichtung weisende Mittelachse des Injektorausgangs einen Winkel α_2 zwischen 0° und 180° mit der Längsachse der Brennkammer einschließen. Vorzugsweise liegt der Winkel α_2 zwischen 0° und 90° , vorzugsweise zwischen 20° und 70° , was einer Einstromung in Hauptströmungsrichtung entspricht bzw. zwischen 90° und 180° , vorzugsweise zwischen 110° und 160° , was einer Einstromung entgegengesetzt zur Hauptströmungsrichtung entspricht. Vorteilhafterweise ist der Winkel α_2 größer als 45° und kleiner als 90° , insbesondere kleiner als 70° , bzw. kleiner als 135° und größer als 90° , insbesondere größer als 110° , um eine günstige Durchmischung des eingebrachten Brennstoff-Luft-Gemisches mit der Hauptströmung zu erreichen.

[0025] Durch eine geeignete Wahl des Winkels α_2 oder α_1 kann durch starke Scherung und Induzieren von Sekundärströmung im Nachlauf des Injektors eine bessere Durchmischung der Hauptströmung erzielt werden, sowohl bezüglich der großskaligen Mischung als auch bezüglich der kleinskaligen Mischung. Infolge kann auch das Turbineneintrittsprofil gezielt optimiert werden und so durch Reduktion der notwendigen Kühlluft eine weitere Verbesserung in Bezug auf die Gesamtmaschine erreicht werden.

[0026] Es kann als besonders vorteilhaft angesehen werden, wenn der Ausgang des Strömungskanals eine in Einstromrichtung weisende Mittelachse aufweist, welche mindestens eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung des in der Brennkammer strömenden Heißgases aufweist.

[0027] Diese Ausgestaltung der Erfindung leitet das Brennstoff-Luft-Gemisch mit mindestens einer Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung ein und führt, insbesondere bei den in den vorherigen Abschnitten angegebenen Winkeln, zu einer besonders guten Durchmischung mit der Hauptströmung.

[0028] Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass das Brennstoff-Luft-Gemisch in dem Strömungskanal zumindest im Bereich der Düse eine Strömungsrichtung mit mindestens einer Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung des in der Brennkammer strömenden Heißgases aufweist.

[0029] Hierzu kann beispielsweise der Brennstoffverteiler in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung des in der Brennkammer strömenden Heißgases stromab der mindestens einen von dem Injektor umfassten Düse an der Brennkammerwand angeordnet sein.

[0030] Die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung

kann beispielsweise einen geraden Strömungskanal aufweisen, welcher eine in Einströmrichtung weisende Mittelachse aufweist, die eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung des Heißgases in der Brennkammer umfasst.

[0031] Vorteilhafterweise kann der Strömungskanal einen gekrümmten Bereich umfassen, der beispielsweise außerhalb der äußeren Oberfläche der Brennkammer angeordnet ist.

[0032] Der gekrümmte Bereich kann zum Umlenken der Strömung des Brennstoff-Luft-Gemisches im Injektor, beispielsweise entgegengesetzt zur Hauptströmungsrichtung der Heißgase in der Brennkammer, dienen. Dies ermöglicht einen besonders kompakten Aufbau des Injektors.

[0033] Vorzugsweise handelt es sich bei dem Brennstoffverteiler um einen ringförmigen Brennstoffverteiler, der beispielsweise ringförmig um die Brennkammerwand herum angeordnet ist. Der Brennstoffverteiler kann an der äußeren Oberfläche der Brennkammerwand angeordnet sein. Zum Beispiel kann der Brennstoffverteiler in Bezug auf eine Hauptströmungsrichtung der Heißgase in der Brennkammer stromab des mindestens einen Injektors und stromauf dem Brennkammerausgang an der Brennkammerwand angeordnet sein. Alternativ dazu kann der Brennstoffverteiler auch stromauf des mindestens einen Injektors an der Brennkammerwand angeordnet sein.

[0034] Grundsätzlich können die Injektoren einen außerhalb der Brennkammer angeordneten Bereich umfassen, wobei die Strömungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches zumindest abschnittsweise in oder entgegen der Hauptströmungsrichtung der Heißgase in der Brennkammer in dem Strömungskanal des Injektors verläuft, beispielsweise in dem außerhalb der Brennkammer angeordneten Bereich.

[0035] Vorzugsweise ist eine Anzahl Injektoren umlaufend an der Brennkammerwand angeordnet. Dabei kann die Anzahl Injektoren gleichmäßig verteilt entlang des Umfangs der Brennkammerwand angeordnet sein.

[0036] Grundsätzlich kann sich in Hauptströmungsrichtung an die Primärzone ein Liner-Bereich anschließen, an den sich ein Übergangsbereich zum Brennkammerausgang anschließt. Dabei kann mindestens ein Injektor in dem Liner-Bereich oder an dem stromauf gelegenen Endbereich des Übergangsbereichs angeordnet sein.

[0037] Die erfindungsgemäße Gasturbine umfasst eine zuvor beschriebene Brennkammer. Sie hat dieselben Eigenschaften und Vorteile wie die zuvor beschriebene Brennkammer.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betrieb einer zuvor beschriebenen Brennkammer oder zum Betrieb einer zuvor beschriebenen Gasturbine ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Brennstoff-Luft-Gemisch durch den mindestens einen Injektor in eine stromab einer Primärzone angeordnete Sekundärzone der Brennkammer eingebracht wird, so dass das Brennstoff-Luft-

Gemisch zumindest abschnittsweise in dem Injektor mit einer Strömungsrichtung strömt, welche mindestens eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung des Heißgases in der Brennkammer umfasst. Das erfindungsgemäße Verfahren hat dieselben Vorteile wie die zuvor beschriebene erfindungsgemäße Brennkammer. Insbesondere werden mit Hilfe des in die Sekundärzone eingebrachten Brennstoff-Luft-Gemisches eine verbesserte Durchmischung des Brennstoffs mit der Luft, insbesondere mit der Hauptströmung und eine Senkung von Emissionen durch ein gleichmäßigeres Turbineneintrittsprofil erreicht. Im Übrigen wird auf die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Brennkammer genannten Vorteile verwiesen.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0039] Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher beschrieben. Die Ausführungsbeispiele schränken den durch die Patentansprüche bestimmten Schutzbereich der vorliegenden Erfindung nicht ein. Alle beschriebenen Merkmale sind dabei sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander vorteilhaft.

Figur 1 zeigt beispielhaft eine Gasturbine in einem Längsteilschnitt;

Figur 2 zeigt schematisch eine Brennkammer einer Gasturbine;

Figur 3 zeigt schematisch einen Teil einer Brennkammer in einer teilweise perspektivischen und teilweise geschnittenen Ansicht;

Figur 4 zeigt einen Ausschnitt der bereits in der Figur 3 teilweise gezeigten Brennkammer in perspektivischer und geschnittener Ansicht;

Figur 5 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Brennkammer in teilweise perspektivischer, teilweise geschnittener Ansicht;

Figur 6 zeigt schematisch einen Liner-Bereich mit einer Anzahl Injektoren in perspektivischer Ansicht;

Figur 7 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Brennkammer im Bereich der Sekundärzone in perspektivischer und teilweise geschnittener Ansicht.

[0040] Die Figur 1 zeigt beispielhaft eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt. Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 drehge-

lagerten Rotor 103 mit einer Welle 101 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird.

[0041] Entlang des Rotors 103 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 104, ein Verdichter 105, eine Brennkammer 110, insbesondere Ringbrennkammer, mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 107, eine Turbine 108 und das Abgasgehäuse 109.

[0042] Die Ringbrennkammer 110 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 112 die Turbine 108.

[0043] Jede Turbinenstufe 112 ist beispielsweise aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums 113 gesehen folgt im Heißgaskanal 111 einer Leitschaufelreihe 115 eine aus Laufschaufeln 120 gebildete Reihe 125.

[0044] Die Leitschaufeln 130 sind dabei an einem Innengehäuse 138 eines Stators 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 beispielsweise mittels einer Turbinenscheibe 133 am Rotor 103 angebracht sind.

[0045] An dem Rotor 103 angekoppelt ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

[0046] Während des Betriebes der Gasturbine 100 wird vom Verdichter 105 durch das Ansauggehäuse 104 Luft 135 angesaugt und verdichtet. Die am turbinenseitigen Ende des Verdichters 105 bereitgestellte verdichtete Luft wird zu den Brennern 107 geführt und dort mit einem Brennmittel vermischt. Das Gemisch wird dann unter Bildung des Arbeitsmediums 113 in der Brennkammer 110 verbrannt. Von dort aus strömt das Arbeitsmedium 113 entlang des Heißgaskanals 111 vorbei an den Leitschaufeln 130 und den Laufschaufeln 120. An den Laufschaufeln 120 entspannt sich das Arbeitsmedium 113 impulsübertragend, so dass die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

[0047] Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen Belastungen.

[0048] Als Material für die Bauteile, insbesondere für die Turbinenschaufel 120, 130 und Bauteile der Brennkammer 110 werden beispielsweise eisen-, nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen verwendet.

[0049] Die Figur 2 zeigt schematisch eine Brennkammer 110 einer Gasturbine. Die Brennkammer 110 ist beispielsweise als so genannte Ringbrennkammer ausgestaltet, bei der eine Vielzahl von in Umfangsrichtung um eine Rotationsachse 102 herum angeordneten Brennern 107 in einen gemeinsamen Brennkammerraum 154 münden, die Flammen 156 erzeugen. Dazu ist die Brennkammer 110 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die Rotationsachse 102 herum positioniert ist.

[0050] Zur Erzielung eines vergleichsweise hohen Wirkungsgrades ist die Brennkammer 110 für eine vergleichsweise hohe Temperatur des Arbeitsmediums M von etwa 1000°C bis 1600°C ausgelegt. Um auch bei

diesen, für die Materialien ungünstigen Betriebsparametern eine vergleichsweise lange Betriebsdauer zu ermöglichen, ist die Brennkammerwand 153 auf ihrer dem Arbeitsmedium M zugewandten Seite mit einer aus Hitzeschildelementen 155 gebildeten Innenauskleidung versehen.

[0051] Die Figur 3 zeigt schematisch einen Teil einer Brennkammer in einer teilweise perspektivischen und teilweise geschnittenen Ansicht. Die Brennkammer umfasst eine Brennkammerwand 1 und einen Brennkammerausgang 6. Die Hauptströmungsrichtung des Heißgases in der Brennkammer während des Betriebs der Brennkammer ist durch einen Pfeil 3 gekennzeichnet.

[0052] Die Brennkammer umfasst weiterhin eine Primärzone 4, in der der vom Brenner in die Brennkammer eingebrachte Brennstoff verbrannt wird. An die Primärzone schließt sich in Strömungsrichtung 3 eine Sekundärzone 5 an. In der Sekundärzone 5 wird das Heißgas aus der Primärzone 4 weiter abgebrannt. Dies erfolgt durch zusätzliches Einbringen eines Brennstoff-Luft-Gemisches 14 in die Sekundärzone 5 mit Hilfe von Injektoren 8.

[0053] Die Injektoren 8 umfassen eine Luftzufuhr 13 und einen in die Sekundärzone mündenden Ausgang 9. Weiterhin ist im Inneren jedes Injektors 8 eine Brennstoffdüse 10 angeordnet. Die Brennstoffdüse 10 ist mit einem Brennstoffverteiler 11, vorzugsweise einem ringförmigen Brennstoffverteiler 11, verbunden. Mit Hilfe der Brennstoffdüse 10 wird Brennstoff in das Innere des Injektors 8 eingedüst und auf diese Weise im Inneren des Injektors 8 ein Brennstoff-Luft-Gemisch erzeugt. Das so erzeugte Brennstoff-Luft-Gemisch wird dann durch den Injektorausgang bzw. die Eindüsöffnung 9 in die Brennkammer im Bereich der Sekundärzone 5 eingedüst.

[0054] In der Figur 3 ist zwischen der Primärzone 4 und dem Brennkammerausgang 6 ein Liner-Bereich 7 und ein Übergangsbereich 25 angeordnet, die in der Figur 3 jeweils als separate Bauteile ausgestaltet sind. Zwischen der Primärzone 4 und dem Liner-Bereich 7 ist mindestens ein Dichtungsring 12 angeordnet. Weiterhin ist auch zwischen dem Liner-Bereich 7 und dem Übergangsbauerelement 25 wenigstens ein Dichtungsring 12 angeordnet. Die Injektoren 8 sind mit dem Liner-Bereich 7 verbunden. Die Injektorausgänge bzw. Eindüsöffnungen 9 münden im Bereich des Liner-Bereichs 7 in die Sekundärzone 5 der Brennkammer.

[0055] Die Figur 4 zeigt einen Ausschnitt der bereits in der Figur 3 teilweise gezeigten Brennkammer in perspektivischer und geschnittener Ansicht. Zusätzlich zu den bereits in der Figur 3 gezeigten und in diesem Zusammenhang beschriebenen Bauelementen ist in der Figur 4 eine Brennstoffzufuhr 15 gezeigt, die den Brennstoffverteiler 11 mit Brennstoff versorgt.

[0056] Die Figur 5 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Brennkammer in teilweise perspektivischer, teilweise geschnittener Ansicht. Dabei zeigt die Figur 5 einen Bereich der Sekundärzone 5. Die Hauptströmungsrichtung ist durch die Bezugsziffer 3 ge-

kennzeichnet. An der Außenoberfläche 32 der Brennkammer ist ein ringförmiger Brennstoffverteiler 11 angeordnet. Eine Anzahl Brennstoffdüsen 10, die mit dem Brennstoffverteiler 11 verbunden sind, münden jeweils in den Strömungskanal 30 des Injektors 8 ein.

[0057] Die Brennstoffdüse 10 umfasst Brennstoffeindüsöffnungen 36. Durch die Brennstoffeindüsöffnungen 36 wird Brennstoff in einer Eindüsrichtung 37 in den Strömungskanal 30 in das Innere des Injektors 8 eingedüst.

[0058] Der Injektor 8 umfasst einen Lufteinlass 13. Jeweils eine Brennstoffdüse 10 ist mittig in dem Strömungskanal des Injektors 8 im Bereich des Lufteinlasses 13 im Inneren des Injektors 8 angeordnet. In dem Strömungskanal 30 im Inneren des Injektors 8 wird durch Einspritzen von Brennstoff mit Hilfe der Brennstoffdüse 10 in ebenfalls in den Injektor 8 eingeführte Luft ein Brennstoff-Luft-Gemisch erzeugt, dessen Strömungsrichtung mit der Bezugsziffer 35 gekennzeichnet ist. Das Brennstoff-Luft-Gemisch wird anschließend durch den Ausgang 9 des Injektors 8 in den Brennraum der Brennkammer im Bereich der Sekundärzone 5 eingebracht. Dabei schließt die Einstörmrichtung 23 des Brennstoff-Luft-Gemisches im Bereich des Ausgangs 9 des Injektors 8 mit der Hauptströmungsrichtung 3 des in der Brennkammer befindlichen Heißgases einen Winkel α ein. Die Mitte des Strömungskanals ist mit einer strichpunktiierten Linie eingezeichnet, wobei diese Linie im Bereich des Ausgangs 9 in die in Einstörmrichtung 23 weisende Mittelachse 2 des Ausgangs 9 übergeht.

[0059] Der Winkel α hat in dem in der Figur 5 gezeigten Beispiel einen Wert zwischen 50° und 60°. Der Winkel α kann grundsätzlich einen Wert zwischen 0° und 180° haben. Im Falle eines Winkels zwischen 0° und 90° wird das Brennstoff-Luft-Gemisch mit einer Einstörmrichtung in die Brennkammer eingebracht, welche eine Komponente in Hauptströmungsrichtung umfasst. Im Fall eines Winkels zwischen 90° und 180° wird das Brennstoff-Luft-Gemisch mit einer Einstörmrichtung in die Brennkammer eingebracht, welche eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung 3 aufweist.

[0060] Die Strömungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches verläuft im Bereich des Eingangs 33 des Injektors 8, also im Bereich der Luftzufuhr 13, parallel und entgegen zur Hauptströmungsrichtung 3 bzw. zur Mittelachse 34 der Brennkammer. Die Mittelachse 34 der Brennkammer verläuft im vorliegenden Ausführungsbeispiel parallel zur Hauptströmungsrichtung 3. Die Strömungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches im Strömungskanal 30 des Injektors 8 verläuft zunächst entgegen der Hauptströmungsrichtung 3 und wird anschließend in einen gekrümmten Bereich 31 des Injektors 8 so zum Ausgang 9 des Injektors 8 geführt, dass das Brennstoff-Luft-Gemisch den Injektor 8 an seinem Ausgang 9 in Einstörmrichtung 23 verlässt. Die in Einstörmrichtung weisende Mittelachse 2 des Ausgangs 9 weist somit eine Komponente in Hauptströmungsrichtung der Heißgase in der Brennkammer auf.

[0061] Die Figur 6 zeigt schematisch einen Liner-Bereich 7 mit einer Anzahl erfindungsgemäßer Injektoren 8 in perspektivischer Ansicht. Die Injektoren 8 sind entlang des Umfangs des Liner-Bereichs 7 ringförmig gleichmäßig verteilt angeordnet. In der Figur 6 erfolgt das Einstörm des Brennstoff-Luft-Gemisches in einer Einstörmrichtung 23, die eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung 3 umfasst. Der Winkel α zwischen der in Einstörmrichtung weisenden Mittelachse der Ausgänge der Strömungskanäle der Injektoren liegt in diesem Fall zwischen 90° und 180°, vorzugsweise zwischen 110° und 160°.

[0062] Die Figur 7 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Brennkammer im Bereich der Sekundärzone 5 in perspektivischer und teilweise geschnittener Ansicht. In der in der Figur 7 gezeigten Ausführungsvariante weisen die Brennstoffdüsen 10 einen gebogenen Bereich auf. Mit Hilfe der Brennstoffdüsen 10 wird der Brennstoff in den gerade verlaufenden Strömungskanal 30 des Injektors 8 eingeleitet. In dem in der Figur 7 gezeigten Ausführungsbeispiel weist die in Einstörmrichtung 23 weisende Mittelachse 2 des Ausgangs 9 eine Komponente entgegengesetzt zur Hauptströmungsrichtung 3 auf. Der Winkel α zwischen der Mittelachse 2 des Injektorausgangs bzw. der Einstörmrichtung 23 schließt mit der Hauptströmungsrichtung 3 einen Winkel α ein, der in der Figur 7 zwischen 90° und 180°, vorzugsweise zwischen 110° und 160° liegt. Die Einstörmung des Brennstoff-Luft-Gemisches erfolgt also mit einer Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung 3.

Patentansprüche

1. Brennkammer mit einer Längsachse (34, 102), einem Brennkammerkopfe, einem Brennkammerausgang (6), einer Brennkammerwand (1), die sich vom Brennkammerkopfe zum Brennkammerausgang (6) erstreckt, einer Primärzone (4) und einer Sekundärzone (5), die in Hauptströmungsrichtung (3) des Heißgases stromabwärts der Primärzone (4) angeordnet ist, wobei die Brennkammer mindestens einen an der Brennkammerwand (1) angeordneten Injektor (8) zum Einbringen eines Brennstoff-Luft-Gemisches in die Sekundärzone (5) umfasst, wobei der Injektor (8) einen Strömungskanal mit einem in die Sekundärzone mündenden Ausgang (9) mit in eine Einstörmrichtung (23) weisenden Mittelachse (2) aufweist und die Brennkammer einen Brennstoffverteiler (11) umfasst, der mit mindestens einer Düse (10) fluidisch verbunden ist, die in den Strömungskanal (30) des Injektors (8) einmündet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches in dem Strömungskanal (30) zumindest abschnittsweise mindestens eine Komponente entgegen einer Hauptströmungsrichtung (3) des in der Brennkammer strömenden Heißgases umfasst.

2. Brennkammer nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammerwand (1) eine äußere Oberfläche (32) umfasst und mindestens ein Injektor (8) zumindest teilweise entlang der äußeren Oberfläche (32) angeordnet ist. 5
3. Brennkammer nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Injektor (8) einen Ausgang (9) mit einer in Einstromrichtung (23) weisenden Mittelachse (2) umfasst, wobei die Mittelachse (2) einen Winkel α_1 zwischen 0° und 180° mit der Hauptströmungsrichtung (3) in der Brennkammer an der Position des Injektors (8) einschließt. 10
4. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Injektor (8) einen Ausgang (9) mit einer in Einstromrichtung weisenden Mittelachse (2) umfasst, wobei die Mittelachse (2) einen Winkel α_2 zwischen 0° und 180° mit der Längsachse (34, 102) der Brennkammer einschließt. 15
5. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang (9) des Strömungskanal (30) eine in Einstromrichtung (23) weisende Mittelachse (2) aufweist, welche mindestens eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung (3) des in der Brennkammer strömenden Heißgases umfasst. 20
6. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoff-Luft-Gemisch in dem Strömungskanal (30) zumindest im Bereich der Düse (10) eine Strömungsrichtung mit mindestens einer Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung des in der Brennkammer strömenden Heißgases aufweist. 25
7. Brennkammer nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoffverteiler (11) in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung (3) des in der Brennkammer strömenden Heißgases stromab der mindestens einen Düse (10) an der Brennkammerwand angeordnet ist. 30
8. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal (30) einen gekrümmten Bereich (31) umfasst, der außerhalb der äußeren Oberfläche (32) der Brennkammer angeordnet ist. 35
9. Brennkammer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoffverteiler (11) ringförmig um die Brennkammerwand herum angeordnet ist. 40
10. Brennkammer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer eine Rohrbrennkammer ist. 45
11. Brennkammer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl Injektoren (8) umlaufend an der Brennkammerwand (1) angeordnet sind. 50
12. Brennkammer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass sich in Hauptströmungsrichtung (3) an die Primärzone (4) ein Liner-Bereich (7) anschließt, an den sich ein Übergangsbereich (25) zum Brennkammerausgang (6) anschließt, und der mindestens eine Injektor (8) in dem Liner-Bereich (7) angeordnet ist. 55
13. Gasturbine (100), die eine Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 12 umfasst.
14. Verfahren zum Betrieb einer Brennkammer einer Gasturbine (100),
dadurch gekennzeichnet, dass ein Brennstoff-Luft-Gemisch durch mindestens einen Injektor (8) in eine stromab einer Primärzone gelegenen Sekundärzone (5) der Brennkammer eingebracht wird, wobei das Brennstoff-Luft-Gemisch zumindest abschnittsweise in dem Injektor mit einer Strömungsrichtung strömt, welche mindestens eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung der in der Brennkammer strömenden Heißgase umfasst.
15. Verfahren nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoff-Luft-Gemisch mit einer Einstromrichtung (23) in die Sekundärzone eingebracht wird, welche zumindest eine Komponente entgegen der Hauptströmungsrichtung der in der Brennkammer strömenden Heißgase aufweist.

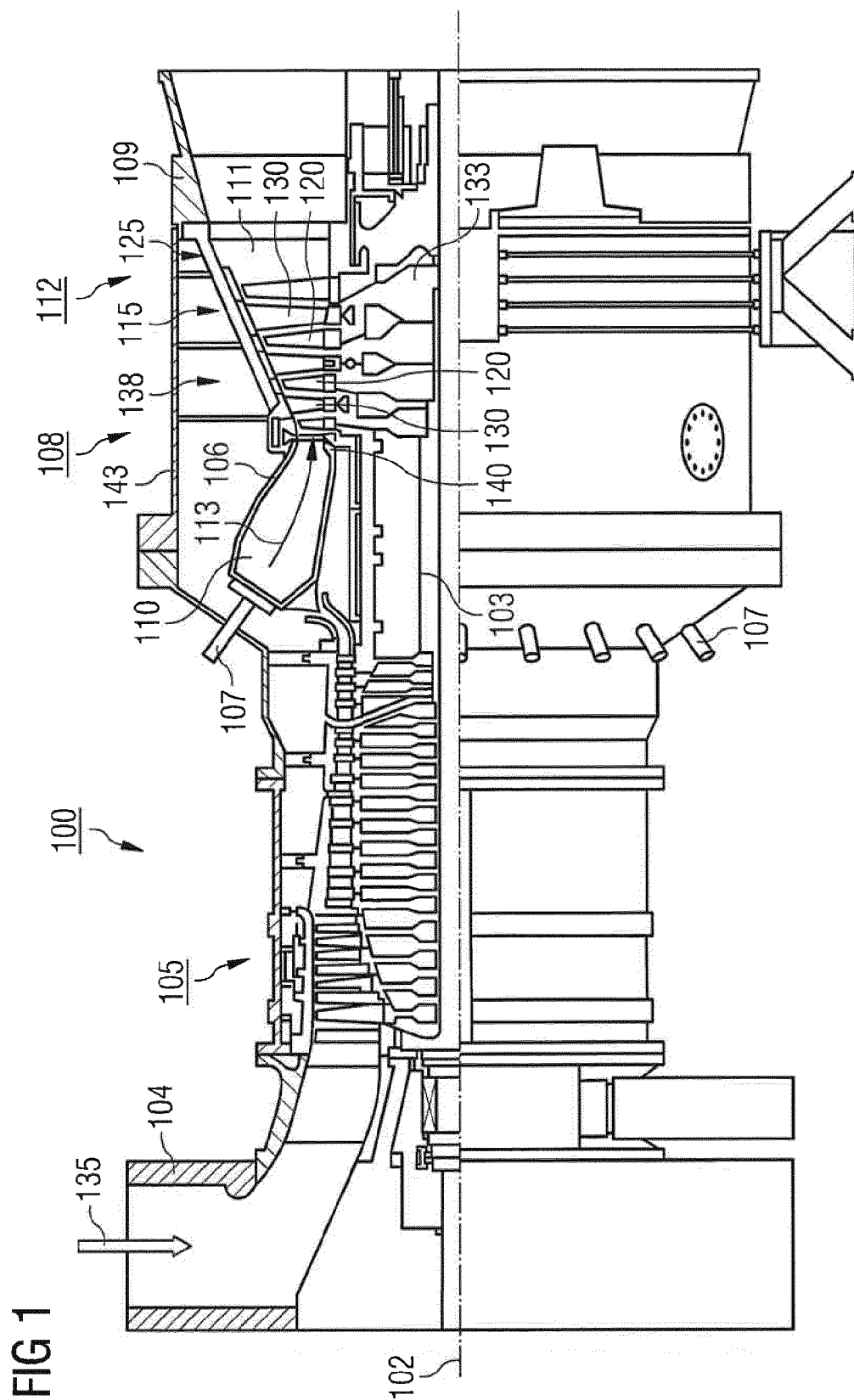


FIG 2

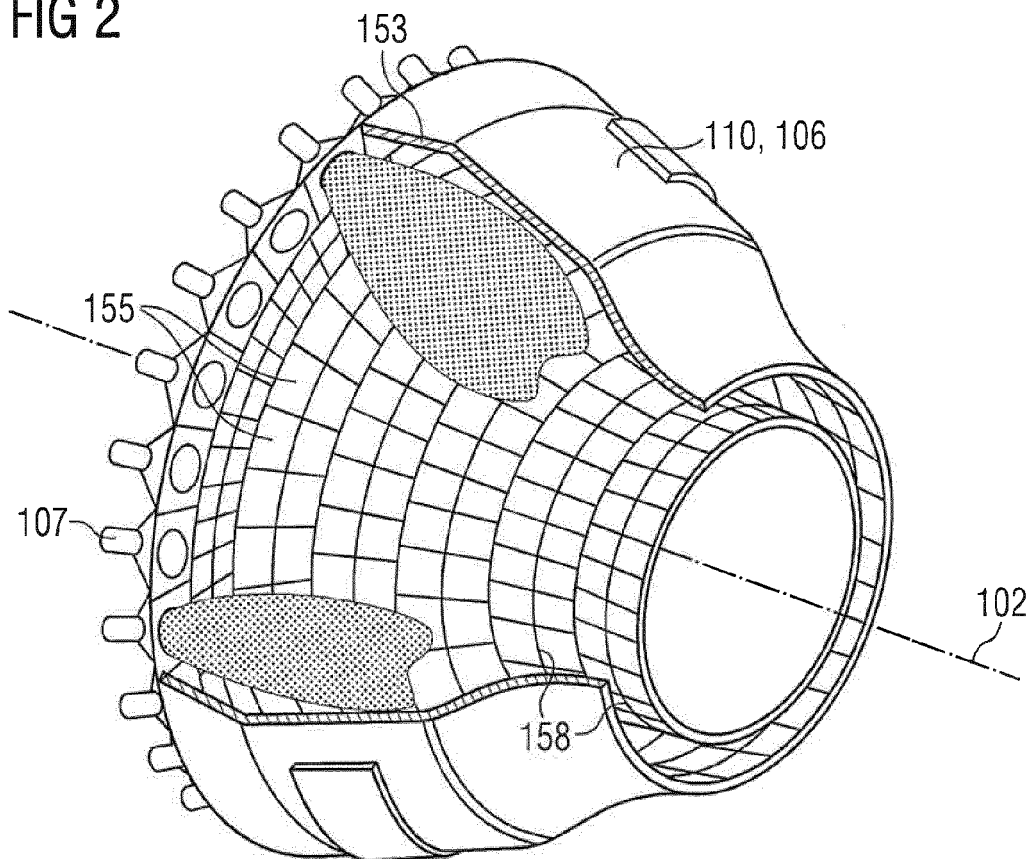


FIG 3

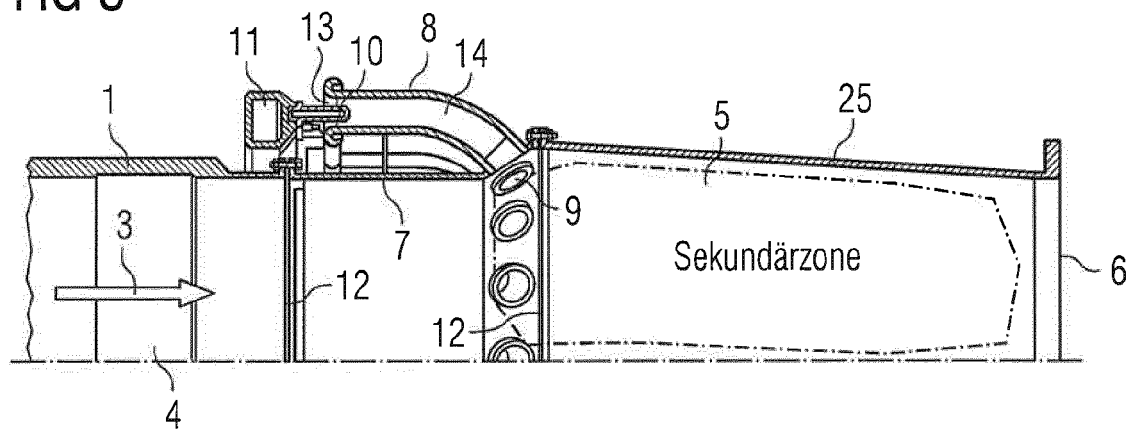


FIG 4

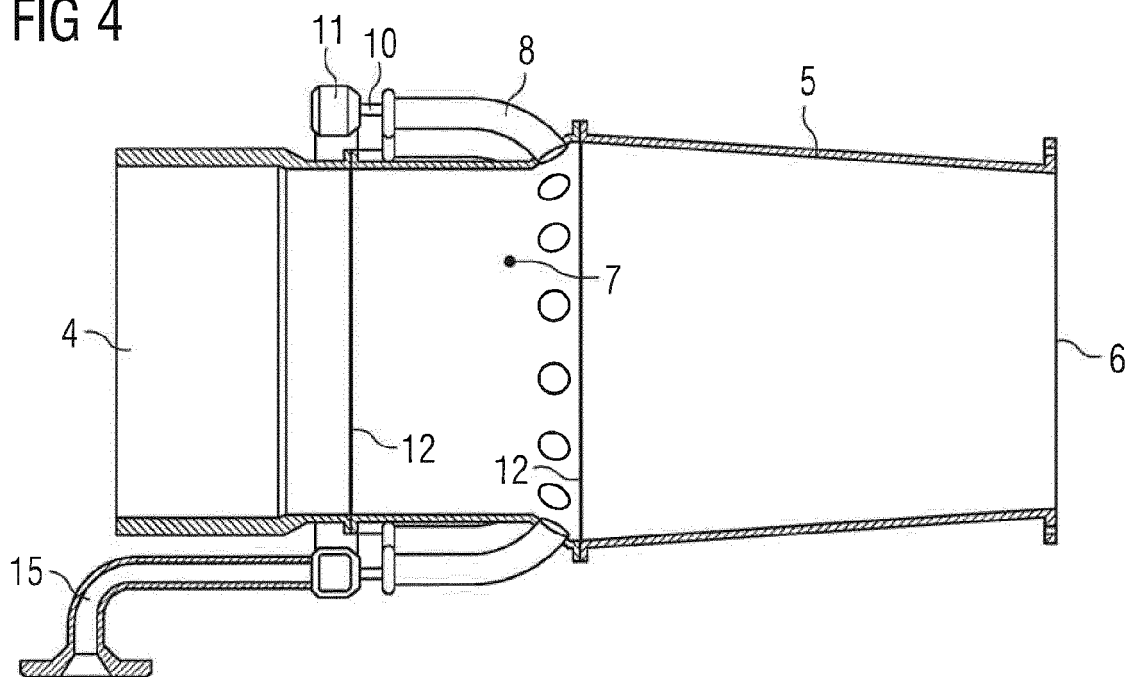


FIG 5

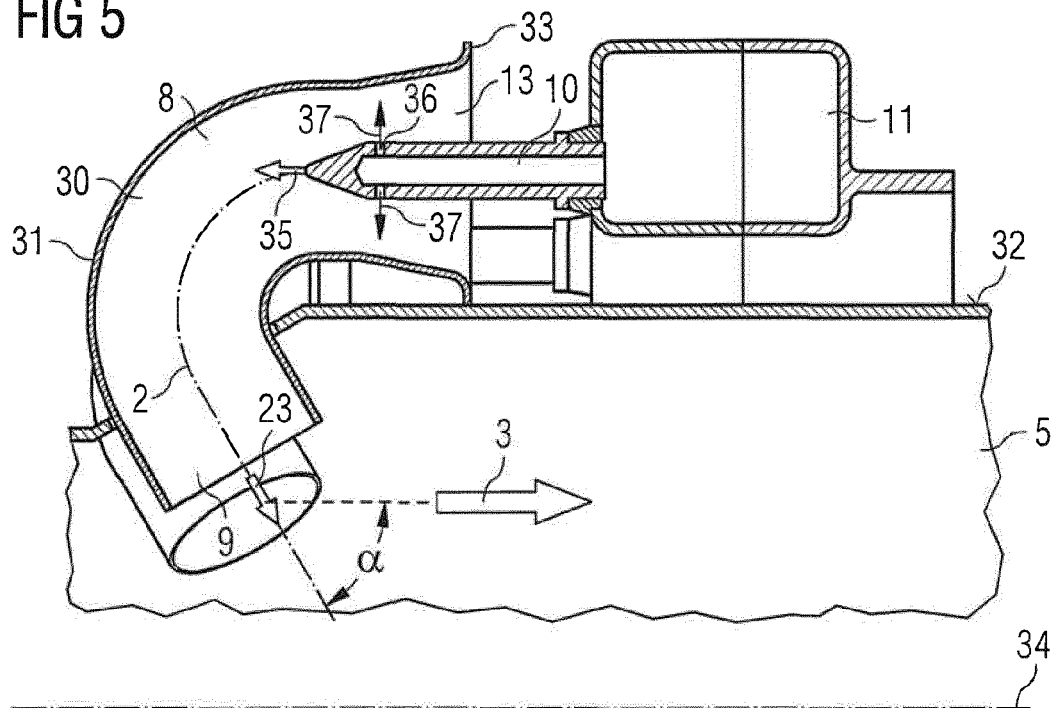


FIG 6

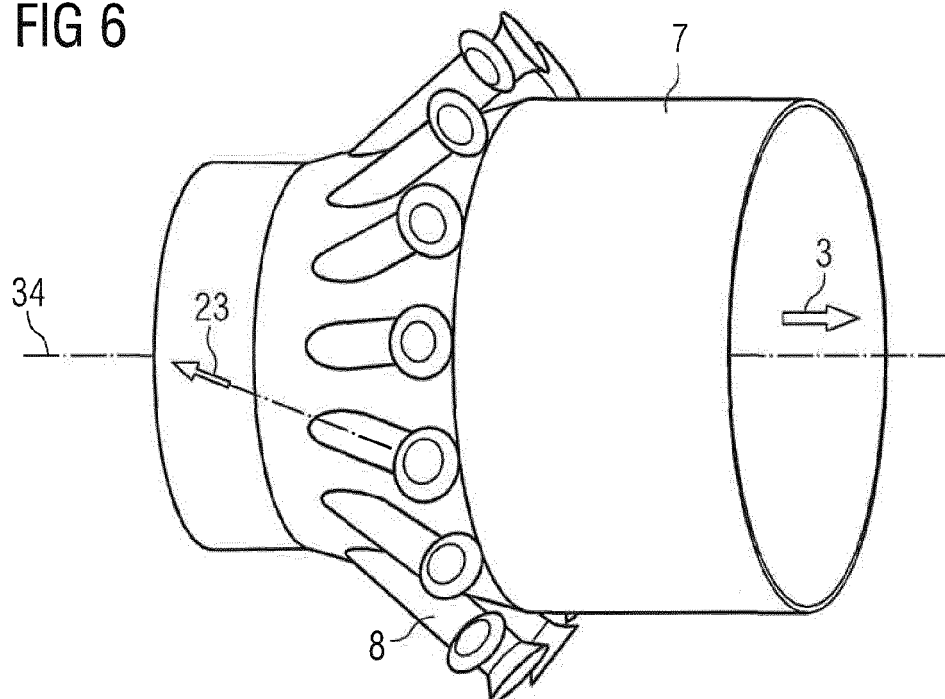
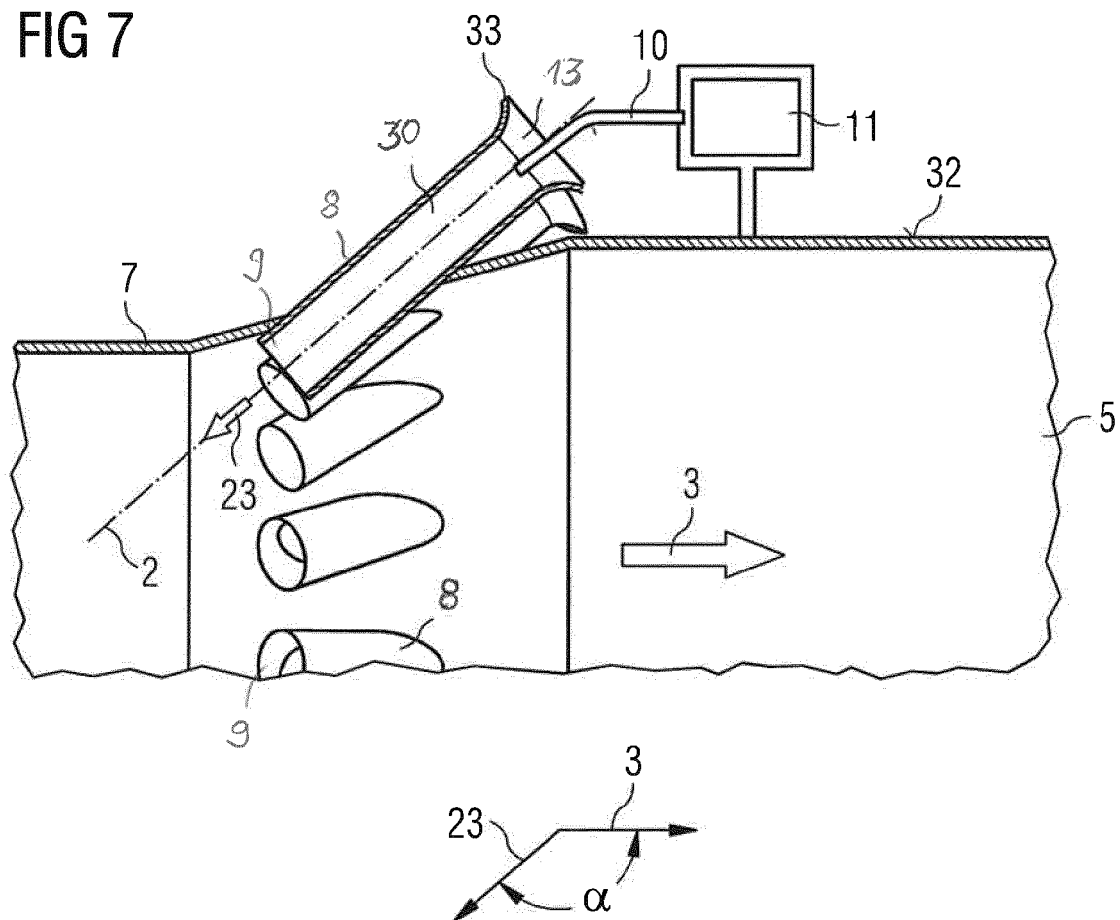


FIG 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 13 17 0053

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 4 928 481 A (JOSHI NARENDRA D [US] ET AL) 29. Mai 1990 (1990-05-29) * das ganze Dokument *	1-15	INV. F23R3/28 F23R3/34 F23R3/46
X	JP S61 105029 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 23. Mai 1986 (1986-05-23) * das ganze Dokument *	1-15	
X	JP 2006 162117 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 22. Juni 2006 (2006-06-22) * das ganze Dokument *	1-9, 11-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. September 2013	Prüfer Vogl, Paul
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	

 1
 EPO FORM 1503 03/82 (P04CC03)

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

EP 13 17 0053

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

10-09-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4928481 A	29-05-1990	KEINE	
JP S61105029 A	23-05-1986	KEINE	
JP 2006162117 A	22-06-2006	KEINE	

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

- DE 102006053679 A1 [0006]
- US 6418725 B1 [0006]
- DE 4232383 A1 [0006]
- US 20090084082 A1 [0006]
- US 6192688 B1 [0006]
- US 6047550 A [0006]
- US 6868676 B1 [0006]
- US 20110067402 A1 [0007]