

(19)



(11)

EP 2 808 610 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: **13170045.2**

(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

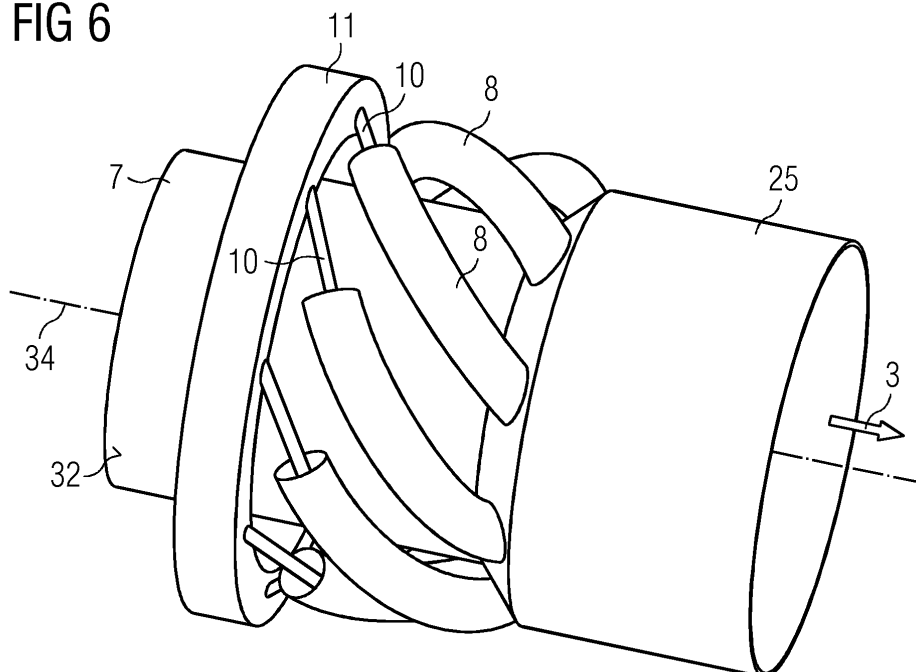
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Beck, Christian, Dr.
45468 Mülheim (DE)**
• **Deiss, Olga
40627 Düsseldorf (DE)**
• **Krebs, Werner
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, beschrieben. Die Brennkammer umfasst eine Primärzone und eine Sekundärzone, die in Hauptströmungsrichtung (3) des Heißgases stromabwärts der Primärzone angeordnet ist, wobei die Brennkammer mindestens einen in der Sekundärzone an der Brennkammerwand angeordneten Injektor (8) zum Einbringen

eines Brennstoff-Luft-Gemisches in die Sekundärzone umfasst. Der Injektor (8) weist einen in die Sekundärzone mündenden Ausgang mit einer Einströmrichtung auf, wobei die Einströmrichtung eine Komponente in Umfangsrichtung der Brennkammer aufweist. Die Brennkammerwand umfasst eine äußere Oberfläche (32) und mindestens ein Injektor (8) ist zumindest teilweise spiralförmig in Bezug auf die Längsachse (34) der Brennkammer entlang der äußeren Oberfläche (32) angeordnet.

FIG 6**EP 2 808 610 A1**

Beschreibung

Gegenstand der Erfindung

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

5 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-
10 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").

15 **[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 betreffend, beschrieben.

20 **[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

40 **[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 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.

45 **[0009]** Die erste Aufgabe wird durch eine Brennkammer nach Anspruch 1 gelöst. Die zweite Aufgabe wird durch eine Gasturbine nach Anspruch 12 gelöst. Die dritte Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 13 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

50 **[0010]** Die erfindungsgemäße Brennkammer umfasst eine Längsachse, ein Brennkammerkopfe und einen

Brennkammerausgang. Die Brennkammer umfasst weiterhin eine Brennkammerwand, die sich vom Brennkammerkopfe 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 in der Sekundärzone an der Brennkammerwand angeordnet. Der Injektor umfasst zudem einen in die Sekundärzone mündenden Ausgang bzw. eine Eindüsöffnung mit einer Einstromrichtung. Die Einstromrichtung weist eine Komponente in Umfangsrichtung der Brennkammer auf. Die Brennkammerwand umfasst eine äußere Oberfläche und mindestens ein Injektor ist zumindest teilweise spiralförmig in Bezug auf die Längsachse der Brennkammer entlang der äußeren Oberfläche angeordnet. Der Begriff "entlang der Oberfläche" umfasst auch einen zunächst von der Oberfläche beabstandeten Verlauf des Injektors, so dass der Injektor erst in einem die Brennkammerwand durchquerenden Abschnitt in direktem Kontakt mit der Brennkammerwand steht.

[0011] Unter spiralförmig wird im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung auch schraubenförmig verstanden, beispielsweise Schraubenlinien mit abnehmendem Durchmesser, wobei der Durchmesser der Schraubenlinie im Wesentlichen kreis- oder ellipsenförmig sein kann. Dass der Injektor zumindest teilweise spiralförmig in Bezug auf die Längsachse der Brennkammer entlang der äußeren Oberfläche angeordnet ist, umfasst auch solche Injektoren, die zumindest abschnittsweise einem Abschnitt einer derartigen spiralförmigen oder schraubenförmigen Bahn folgen.

[0012] Vorzugsweise ist eine Anzahl entsprechender Injektoren an der Brennkammerwand im Bereich der Sekundärzone angeordnet. Durch die kombinierte Eindüsung von Luft und Brennstoff in die Sekundärzone wird eine sogenannte "luftgestützte Axialstufe" realisiert.

[0013] Bei der Brennkammer handelt es sich vorzugsweise um eine Rohrbrennkammer. An dem Brennkammerkopfe kann mindestens ein Brenner angeordnet sein.

[0014] 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.

[0015] 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 NOx-Emissionen

verringert werden. Durch die niedrigeren Verweilzeiten in der Sekundärzone und bis zum Turbineneintritt ergeben sich weiterhin niedrigere Gesamt-NOx-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.

[0016] 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.

[0017] Die Brennkammerwand kann eine äußere Oberfläche umfassen. 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. Weiterhin werden Emissionen gesenkt und thermoakustisches "Tuning" ist durch Anpassung von Totzeitgliedern in Flammentransferfunktionen möglich.

[0018] Die vorliegende Erfindung hat darüber hinaus folgende spezielle Vorteile: Durch die spiralförmige Anordnung kann eine lange Mischlänge in den Injektoren oder Scoops trotz kompakter Bauweise erzielt werden. Die Drallerzeugung sorgt für die Generierung zusätzlicher Gradienten und Scherschichten und somit für eine bessere Durchmischung mit der Hauptströmung. Durch ein gleichmäßigeres Turbineneintrittsprofil werden Emissionen gesenkt. Weiterhin wird eine einfache und kostengünstige Bauweise der Leitschaufeln der ersten Turbinenstufe (TLe 1) ermöglicht. Darüber hinaus eröffnet die vorliegende Erfindung großes Potenzial für eine Kühlluft einsparung und gegebenenfalls Sparpotenzial durch Verzicht auf die Leitschaufeln der ersten Turbinenstufe (TLe 1).

[0019] Der mindestens eine Injektor kann einen Ausgang mit einer 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. Dies entspricht einer Einstromung mit einer Komponente in 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. Dadurch wird eine gute Durchmischung mit der Hauptströmung bei gleichzeitiger Erzeugung eines Dralls erreicht.

[0020] 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.

[0021] Weiterhin kann der mindestens eine Injektor einen Ausgang mit einer Mittelachse umfassen, wobei diese einen Winkel α_2 zwischen 0° und 180° mit der Längsachse der Brennkammer einschließen kann. Vorzugsweise liegt der Winkel α_2 zwischen 0° und 90° , vorzugsweise zwischen 20° und 70° , was einer Einstromung in Hauptströmungsrichtung entspricht. Vorteilhafterweise ist der Winkel α_2 größer als 45° und kleiner als 90° bzw. kleiner als 70° , um eine günstige Durchmischung des eingebrachten Brennstoff-Luft-Gemisches mit der Hauptströmung unter gleichzeitiger Drallerzeugung zu erreichen.

[0022] Der Ausgang des Injektors kann derart in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung angeordnet sein, dass eine zur Hauptströmungsrichtung radiale Linie die Mittelachse des Injektors im Bereich seines Ausgangs unter einem Winkel β_1 , schneidet. Weiterhin kann der Ausgang des Injektors derart in Bezug auf die Längsachse der Brennkammer angeordnet sein, dass eine zur Längsachse radiale Linie die Mittelachse des Injektors im Bereich seines Ausgangs unter einem Winkel β_2 schneidet, wobei die Winkel β_1 und β_2 jeweils im Bereich zwischen 0° und 90° , vorteilhafterweise zwischen 20° und 70° oder zwischen 45° und 90° oder zwischen 45° und 70° , liegen.

[0023] Mit anderen Worten kann die Brennkammer eine radiale Richtung bezüglich der Hauptströmungsrichtung aufweisen. Die Einstromrichtung und/oder die Mittelachse des Injektors kann senkrecht zur Hauptströmungsrichtung einen Winkel β_1 mit der radialen Richtung bezüglich der Hauptströmungsrichtung zwischen 0° und 90° , vorteilhafterweise zwischen 20° und 70° oder zwischen 45° und 90° oder zwischen 45° und 70° einschließen. Dies bedeutet, dass die Einstromrichtung und/oder die Mittelachse des Injektors senkrecht zur Hauptströmungsrichtung angeordnet sind bzw. eine tangentielle Komponente in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung aufweist. Die in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung tangentielle Komponente wird durch den Winkel β_1 beschrieben. Erfindungsgemäß weist diese tangentielle Komponente eine in Umfangsrichtung weisende Komponente auf.

[0024] Darüber hinaus kann die Brennkammer eine radiale Richtung bezüglich der Längsachse umfassen. Die Einstromrichtung und/oder die Mittelachse des Injektors

kann senkrecht zur Brennerachse einen Winkel β_2 mit der radialen Richtung bezüglich der Längsachse zwischen 0° und 90° , vorteilhafterweise zwischen 20° und 70° , vorzugsweise zwischen 45° und 90° oder zwischen 45° und 70° , einschließen. Dies bedeutet, dass die Einstromrichtung und/oder die Mittelachse des Injektors eine durch den Winkel β_2 beschriebene senkrecht zur Längsachse verlaufende Komponente aufweist, die gleichzeitig eine tangentielle Komponente bezüglich der Längsachse beschreibt. Erfindungsgemäß weist diese tangentielle Komponente eine in Umfangsrichtung weisende Komponente auf.

[0025] Die Brennkammer kann einen Brennstoffverteiler umfassen. Der Brennstoffverteiler kann mit mindestens einer Düse verbunden sein, die in dem mindestens einen Injektor angeordnet ist.

[0026] Der Brennstoffverteiler kann beispielsweise mit mehreren schräg angeordneten Düsen (nozzles) verbunden sein und Brennstoff an diese verteilen. In den Injektoren wird der Brennstoff mit Luft vermischt und anschließend mit einer in Umfangsrichtung der Brennkammer weisenden Komponente in die Brennkammer eingedüst.

[0027] 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 axialer Richtung nach (stromab) dem mindestens einen Injektor und vor(stromauf) dem Brennkammerausgang entlang der äußeren Brennkammeroberfläche angeordnet sein. Alternativ dazu kann der mindestens eine Injektor in axialer Richtung nach (stromab) dem Brennstoffverteiler und vor (stromauf) dem Brennkammerausgang entlang der äußeren Brennkammeroberfläche angeordnet sein.

[0028] Grundsätzlich können die Injektoren einen außerhalb der Brennkammer angeordneten Bereich umfassen, der zumindest teilweise in oder entgegen der Hauptströmungsrichtung entlang der äußeren Brennkammeroberfläche verläuft. Weiterhin kann der Injektor einen Strömungskanal zur Luftzufuhr umfassen. Beispielsweise kann eine Brennstoffdüse im Inneren des Injektors (Scoop) angeordnet sein. Die Brennstoffdüse kann von dem Strömungskanal zur Luftzufuhr zumindest teilweise umgeben sein.

[0029] Vorzugsweise ist eine Anzahl Injektoren umlaufend an der Brennkammerwand angeordnet. Dabei kann die Anzahl Injektoren gleichmäßig verteilt entlang des Umfangs der Brennkammerwand angeordnet sein.

[0030] 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 angeordnet sein. Die erfindungsgemäße Gasturbine umfasst eine zuvor beschriebene Brennkammer. Sie hat dieselben Eigenschaften

und Vorteile wie die zuvor beschriebene Brennkammer.

[0031] 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 die Sekundärzone der Brennkammer so eingebracht wird, dass die Einströmrichtung eine Komponente in Umfangsrichtung der Brennkammer aufweist. 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 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

[0032] 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 die Anordnung der Brennstoffdüse innerhalb des Injektors in perspektivischer und teilweise geschnittener Ansicht.
- Figur 6 zeigt schematisch einen Teil der erfindungsgemäßen Brennkammer im Bereich der Sekundärzone in perspektivischer Ansicht.
- Figur 7 zeigt schematisch eine Draufsicht auf einen Schnitt durch die erfindungsgemäße Brennkammer im Bereich der Injektoren 8 in teilweise perspektivischer Ansicht.

Figur 8 zeigt schematisch die Mittelachse des Injektors bzw. die Einströmrichtung in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung des Heißgases in der Brennkammer.

Figur 9 zeigt schematisch die Komponente der Einströmrichtung in Umfangsrichtung der Brennkammer.

[0033] Die Figur 1 zeigt beispielhaft eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt. Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 drehgelagerten Rotor 103 mit einer Welle 101 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird.

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

[0035] Die Ringbrennkammer 110 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 112 die Turbine 108.

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.

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.

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

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.

Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen Belastungen. Die Leitschaufeln 130 und Laufschaufeln 120 der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 113 gesehen ersten Turbinenstufe 112 werden neben den die Ringbrennkammer 110 auskleidenden Hitzeschildelementen am meisten thermisch belastet.

[0041] Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, können diese mittels eines Kühlmittels gekühlt werden.

[0042] Als Material für die Bauteile, insbesondere für die Turbinenschaufeln 120, 130 und Bauteile der Brennkammer 110 werden beispielsweise eisen-, nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen verwendet.

[0043] Die Leitschaufel 130 weist einen dem Innengehäuse 138 der Turbine 108 zugewandten Leitschaufelfuß (hier nicht dargestellt) und einen dem Leitschaufelfuß gegenüberliegenden Leitschaufelkopf auf. Der Leitschaufelkopf ist dem Rotor 103 zugewandt und an einem Befestigungsring 140 des Stators 143 festgelegt.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] Aufgrund der hohen Temperaturen im Inneren der Brennkammer 110 kann zudem für die Hitzeschildelemente 155 bzw. für deren Halteelemente ein Kühlsystem vorgesehen sein. Die Hitzeschildelemente 155 sind dann beispielsweise hohl und weisen ggf. noch in den Brennkammerraum 154 mündende Kühllöcher (nicht dargestellt) auf.

[0047] Die Figur 3 zeigt schematisch einen Teil einer erfindungsgemäßen 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.

[0048] 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.

[0049] Die Injektoren 8 umfassen eine Luftzufuhr 13

und einen in die Brennkammer 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. Erfindungsgemäß mit mindestens einer in Umfangsrichtung der Brennkammer verlaufenden Komponente.

[0050] 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.

[0051] 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.

[0052] Die Figur 5 zeigt schematisch die Anordnung der Brennstoffdüse innerhalb des Injektors in perspektivischer und teilweise geschnittener Ansicht. Die Brennstoffdüse 10 ist mit dem ringförmigen Brennstoffverteiler 11 verbunden und wird von diesem mit Brennstoff versorgt. Der Injektor umfasst einen Eingang 33 mit einem Lufteinlass 9. Die Spitze der Brennstoffdüse 10 umfasst Brennstoffeinspritzöffnungen 36. Die Brennstoffdüse 10 ist teilweise innerhalb des Injektors 8 angeordnet. In der Figur 5 ist die Spitze der Brennstoffdüse 10 einschließlich der Brennstoffeinspritzöffnungen 36 im Bereich der Mittelachse 2 des Injektors 8 innerhalb des Injektors 8 angeordnet. Durch die Brennstoffeinspritzöffnungen 36 wird Brennstoff in Richtung 37 senkrecht zur Mittelachse 2 des Injektors 8 im Bereich der Luftzufuhr 9 in den Injektor 8 eingedüst. Dabei wird ein Brennstoff-Luft-Gemisch erzeugt, welches durch den Injektor 8 in Strömungsrichtung 35 zur Brennkammer geleitet wird.

[0053] Die Figur 6 zeigt schematisch einen Teil der erfindungsgemäßen Brennkammer im Bereich der Sekundärzone in perspektivischer Ansicht. In der in der Figur 6 gezeigten Ausführungsvariante ist der Liner-Bereich 7 und der Übergangsbereich 25 einstückig als ein zusammenhängendes Übergangselement ausgestaltet. Der in der Figur 6 gezeigte Bereich der Brennkammer umfasst eine Mittelachse 34, die parallel zur Hauptströ-

mungsrichtung 3 des die Brennkammer durchströmenden Heißgasgemisches verläuft, und eine Außenoberfläche 32. An der Außenoberfläche 32 ist ein ringförmiger Brennstoffverteiler 11 angeordnet. Dieser ist mit einer Anzahl Brennstoffdüsen 10 verbunden, die wie im Zusammenhang mit den Figuren 3 bis 5 beschrieben, einer Anzahl Injektoren 8 Brennstoff zuführen.

[0054] Die Injektoren 8 sind gleichmäßig entlang des Umfangs der Brennkammer an der Außenoberfläche 32 angeordnet. Dabei sind die Injektoren 8 und die Brennstoffdüsen 10 in Bezug auf die Mittelachse 34 bzw. die Hauptströmungsrichtung 3 spiralförmig entlang der Außenoberfläche 32 angeordnet. Dadurch wird ein Einbringen des in den Injektoren erzeugten Brennstoff-Luft-Gemisches mit einer in Umfangsrichtung der Brennkammer weisenden Komponente der Einstörmrichtung in die Brennkammer erzielt. Auf diese Weise wird innerhalb der Brennkammer ein Drall des die Brennkammer durchströmenden Heißgas-Gemisches erzeugt.

[0055] Dies ist schematisch in der Figur 7 gezeigt. Die Figur 7 zeigt schematisch eine Draufsicht auf einen Schnitt durch die erfindungsgemäße Brennkammer im Bereich der Injektoren 8 in teilweise perspektivischer Ansicht. Die jeweilige Einstörmrichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches aus den Injektoren 8 in die Brennkammer ist mit den Bezugsziffern 23 gekennzeichnet. Durch das eine Umfangskomponente aufweisende Einstörm des Brennstoff-Luft-Gemisches in die Brennkammer wird in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung 3 bzw. in Bezug auf die Längsachse 34 der Brennkammer ein Drall erzeugt.

[0056] Die Figur 8 zeigt schematisch die Mittelachse 2 des Injektors 8 bzw. die Einstörmrichtung 23 in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung 3 des Heißgases in der Brennkammer bzw. in Bezug auf die Längsachse 34 der Brennkammer. In der Figur 8 ist die Hauptströmungsrichtung 3 in Form einer Achse schematisch gezeigt. Die Mittelachse des Injektors 2 bzw. die Einstörmrichtung 23 des aus dem Injektorausgang 9 in die Brennkammer einströmenden Brennstoff-Luft-Gemisches schließt mit der Hauptströmungsrichtung 3 einen Winkel α_1 bzw. mit der Längsachse 34 der Brennkammer einen Winkel α_2 ein. Dabei können die Winkel α_1 grundsätzlich Werte zwischen 0° und 180° , beispielsweise zwischen 20° und 70° , vorzugsweise zwischen 45° und 70° , annehmen.

[0057] Die Figur 9 zeigt schematisch die tangentielle Komponente der Einstörmrichtung bzw. die Komponente der Einstörmrichtung in Umfangsrichtung der Brennkammer. Dazu ist in der Figur 9 schematisch ein Schnitt durch einen Teil der Brennkammer senkrecht zur Hauptströmungsrichtung 3 bzw. alternativ dazu senkrecht zur Längsachse 34 gezeigt. Eine zur Hauptströmungsrichtung 3 radiale Linie, die die Mittelachse 2 des Injektors 8 im Bereich seines Ausgangs 9 schneidet ist durch die Bezugsziffer 19 gekennzeichnet. Weiterhin ist eine zur Längsachse 34 der Brennkammer radiale Linie, die die Mittelachse 2 des Injektors 8 im Bereich seines Ausgangs 9 schneidet, ebenfalls durch die Bezugsziffer 19

gekennzeichnet. Die radiale Linie 19 weist einen rechten Winkel zur Hauptströmungsrichtung 3 und/oder einen rechten Winkel zur Längsachse 34 auf.

[0058] Die jeweilige radiale Richtung oder radiale Linie 19 schließt mit der Einstörmrichtung 23 bzw. mit der Mittelachse des Injektors 2 einen Winkel β_1 ein, falls sich die radiale Linie 19 auf die Hauptströmungsrichtung 3 bezieht. Falls sich die radiale Linie 19 auf die Längsachse 34 bezieht, so schließt die radiale Linie 19 mit der Einstörmrichtung 23 bzw. der Mittelachse 2 des Injektors 8 einen Winkel β_2 ein. Die Winkel β_1 und β_2 können zwischen 0° und 90° , vorzugsweise zwischen 20° und 70° , beispielsweise zwischen 45° und 70° betragen.

Patentansprüche

1. Brennkammer mit einer Längsachse (34, 102), einem Brennkammerkopfende, einem Brennkammerausgang (6), einer Brennkammerwand (1), die sich vom Brennkammerkopfende zum Brennkammerausgang (6) erstreckt, einer Primärzone (4) und einer Sekundärzone (5), die in Hauptströmungsrichtung (3) des Heißgases stromabwärts der Primärzone (4) anordnet ist, wobei die Brennkammer mindestens einen in der Sekundärzone (5) an der Brennkammerwand (1) angeordneten Injektor (8) zum Einbringen eines Brennstoff-Luft-Gemisches in die Sekundärzone (5) umfasst, der Injektor (8) einen in die Sekundärzone mündenden Ausgang (9) mit einer Einstörmrichtung (23) aufweist, wobei die Einstörmrichtung (23) eine Komponente in Umfangsrichtung der Brennkammer aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (1) eine äußere Oberfläche (32) umfasst und mindestens ein Injektor (8) zumindest teilweise spiralförmig in Bezug auf die Längsachse (34, 102) der Brennkammer entlang der äußeren Oberfläche (32) angeordnet ist.
2. Brennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Injektor (8) einen Ausgang (9) mit einer 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.
3. Brennkammer nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Injektor (8) einen Ausgang (9) mit einer Mittelachse (2) umfasst, wobei die Mittelachse (2) einen Winkel α_2 zwischen 0° und 90° mit der Längsachse (34, 102) der Brennkammer einschließt.
4. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausgang (9)

des Injektors (8) derart in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung (3) angeordnet ist, dass eine zur Hauptströmungsrichtung (3) radiale Linie (19) die Mittelachse (2) des Injektors (8) im Bereich seines Ausgang (9) unter einem Winkel β_1 schneidet, oder der Ausgang (9) des Injektors (8) derart in Bezug auf die Längsachse (34, 102) der Brennkammer angeordnet ist, dass eine zur Längsachse (34, 102) radiale Linie (19) die Mittelachse (2) des Injektors (8) im Bereich seines Ausgang (9) unter einem Winkel β_2 schneidet, wobei die Winkel β_1 und β_2 jeweils im Bereich zwischen 0° und 90° liegen.

5. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer eine Rohrbrennkammer ist. 15
6. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer einen Brennstoffverteiler (11) umfasst, der mit mindestens einer Düse (10) verbunden ist, die in dem mindestens einen Injektor (8) angeordnet ist. 20
7. Brennkammer nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoffverteiler (11) ringförmig um die Brennkammerwand (1) herum angeordnet ist. 25
8. Brennkammer nach Anspruch 6 oder Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoffverteiler (11) in axialer Richtung (34) nach dem mindestens einen Injektor (8) und vor dem Brennkammerausgang (6) entlang der äußeren Brennkammeroberfläche angeordnet ist oder der mindestens eine Injektor (8) in axialer Richtung (34) nach dem Brennstoffverteiler (11) und vor dem Brennkammerausgang (6) entlang der äußeren Brennkammeroberfläche angeordnet ist. 30 35
9. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Injektor (8) einen Strömungskanal (30) zur Luftzufuhr (33) umfasst. 40
10. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anzahl Injektoren (8) umlaufend an der Brennkammerwand (1) angeordnet sind. 45
11. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **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. 50 55
12. Gasturbine (100), die eine Brennkammer nach ei-

nem der Ansprüche 1 bis 11 umfasst.

13. Verfahren zum Betrieb einer Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder zum Betrieb einer Gasturbine (100) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Brennstoff-Luft-Gemisch durch den mindestens einen Injektor (8) in die Sekundärzone (5) der Brennkammer so eingebracht wird, dass die Einstömrichtung (23) eine Komponente in Umfangsrichtung der Brennkammer aufweist.

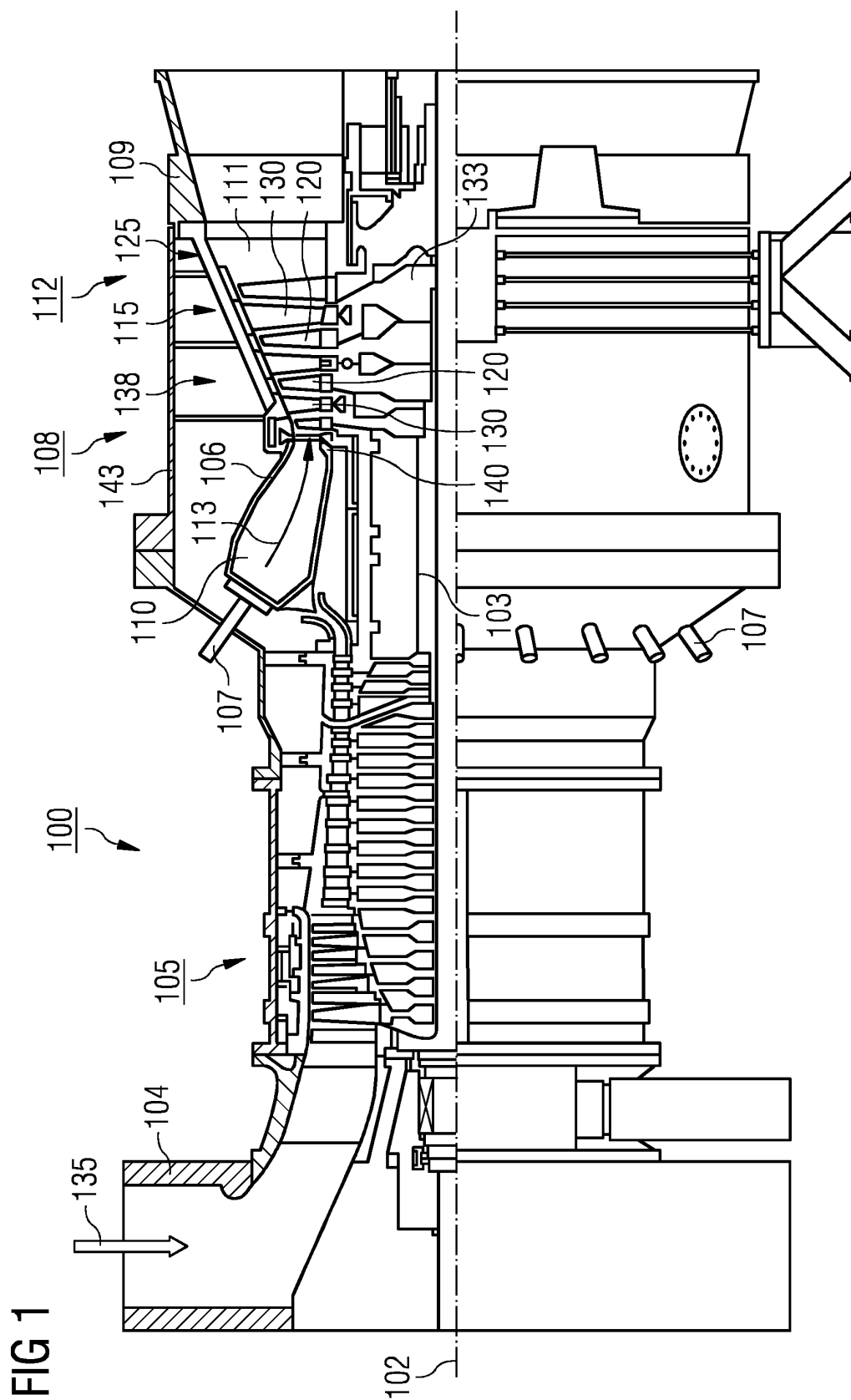


FIG 2

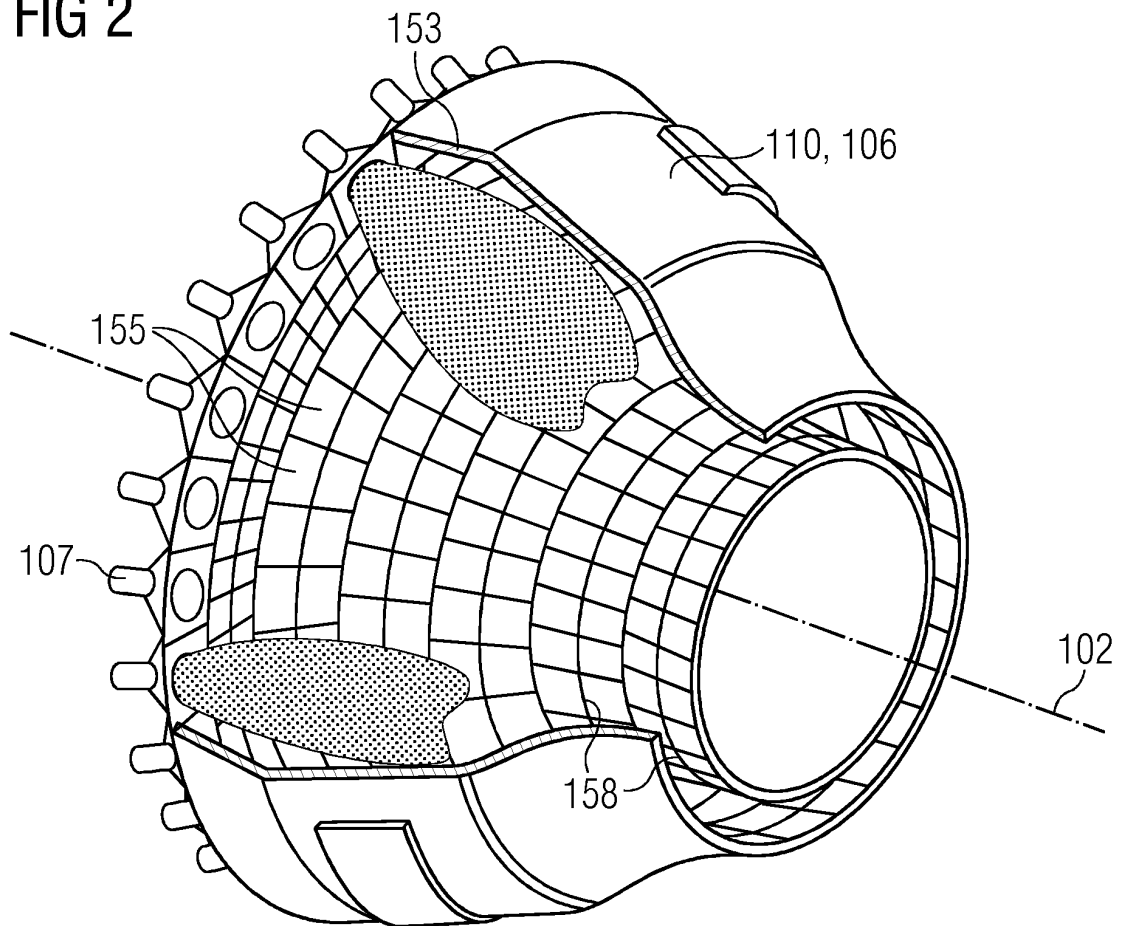


FIG 3

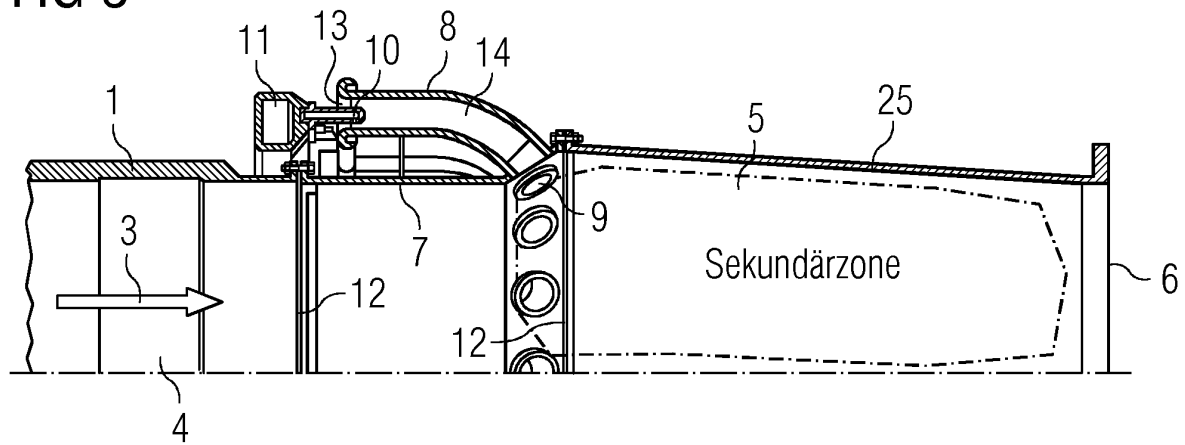


FIG 4

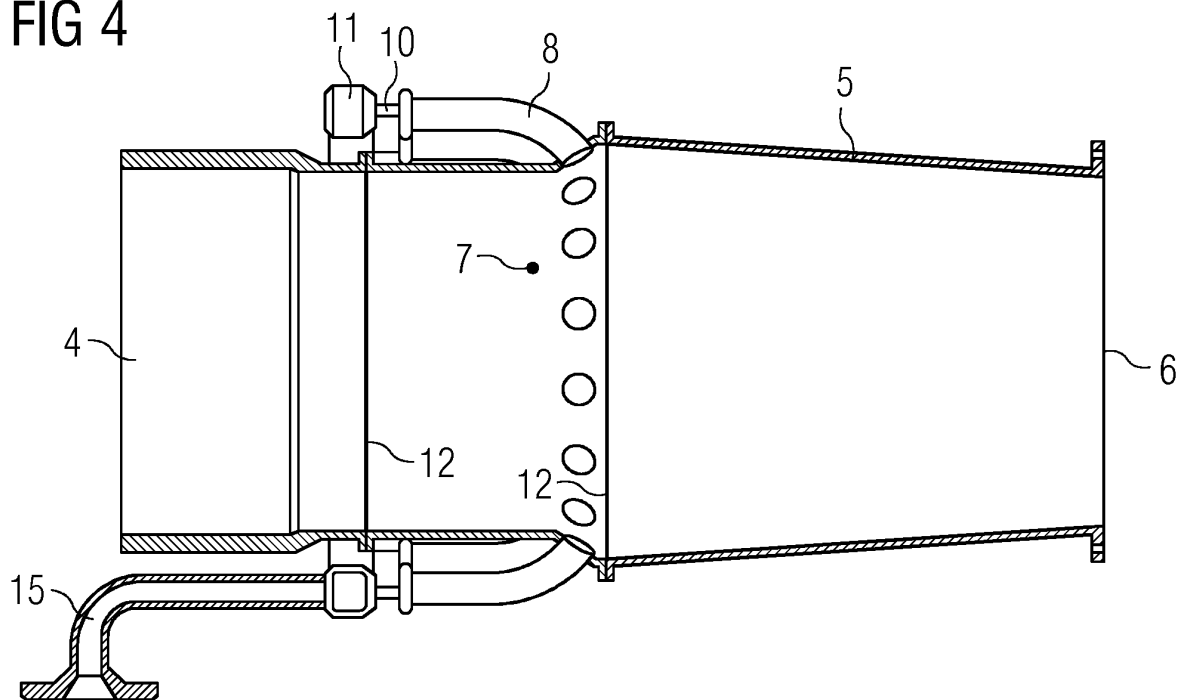


FIG 5

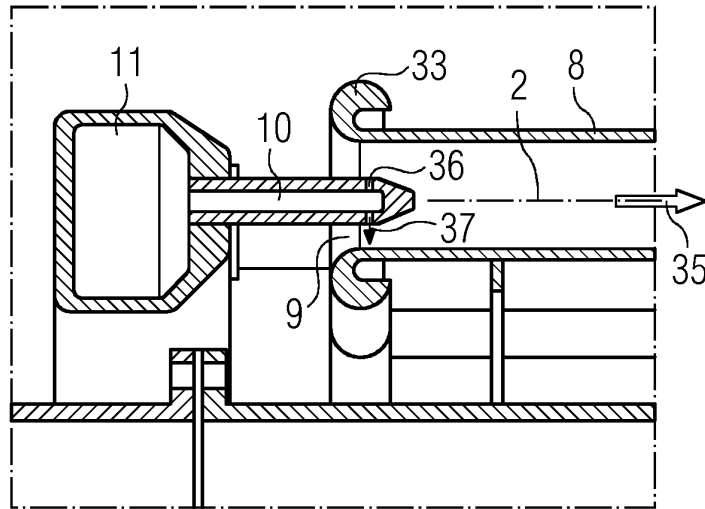


FIG 6

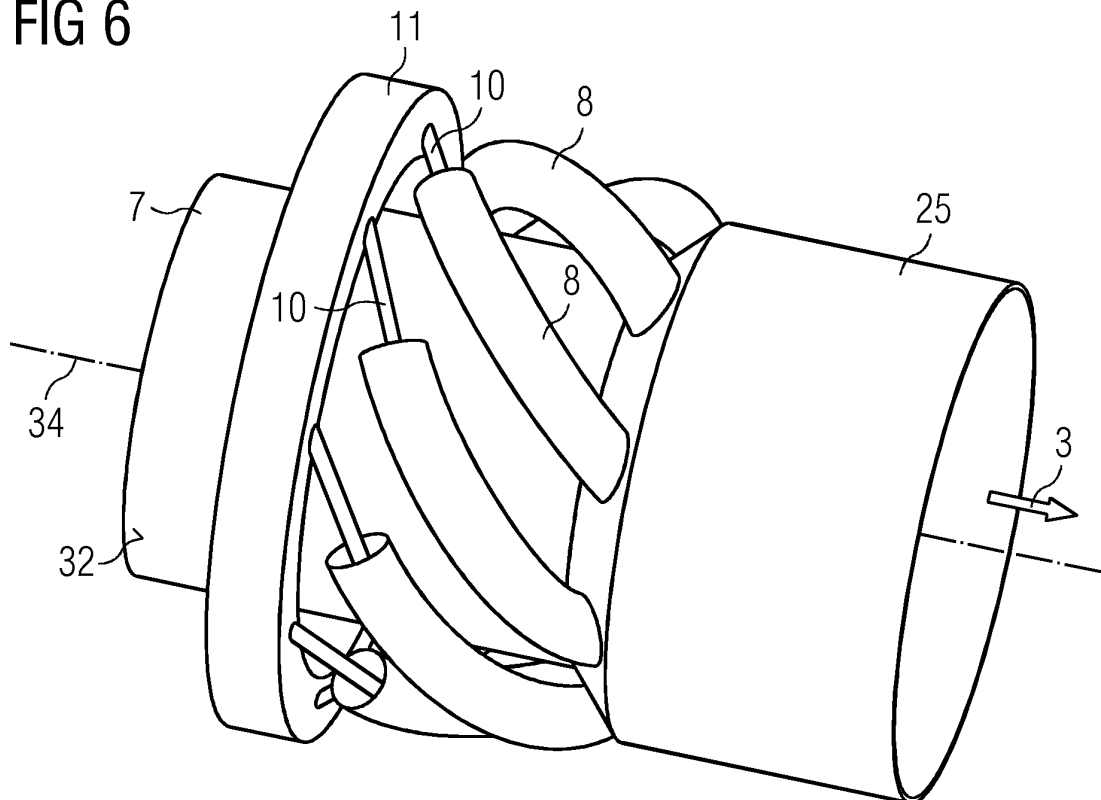


FIG 7

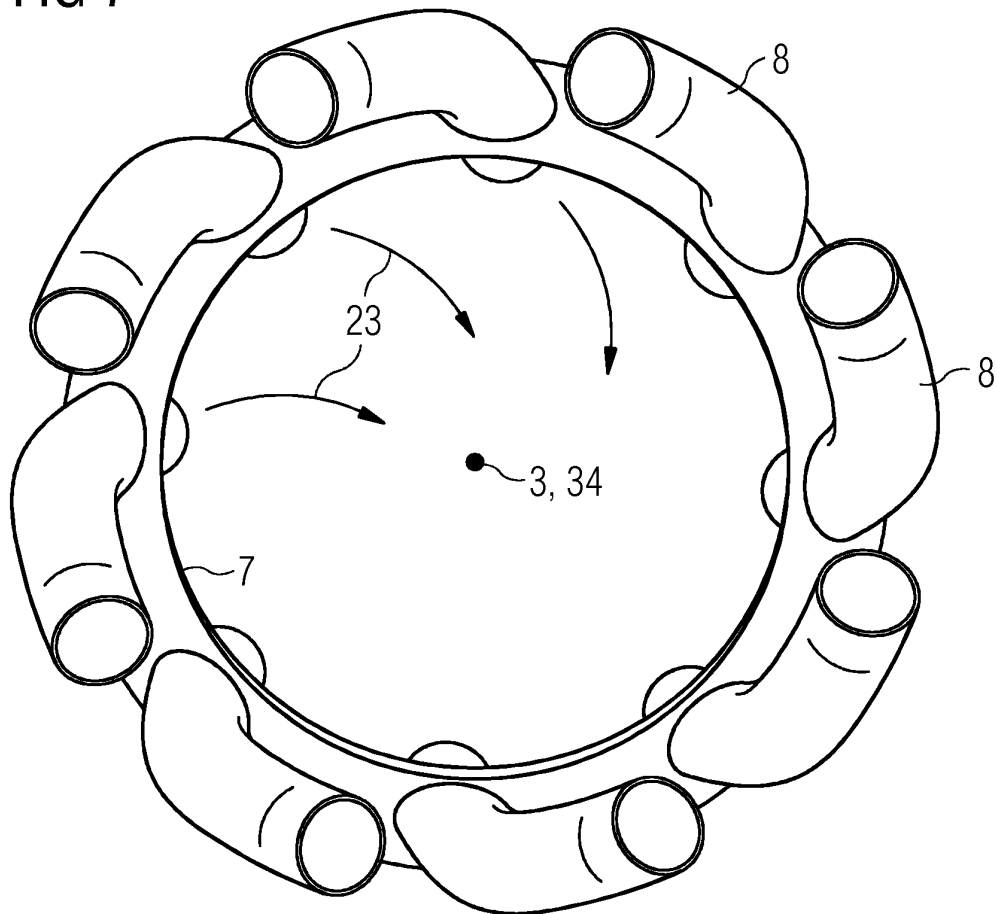


FIG 8

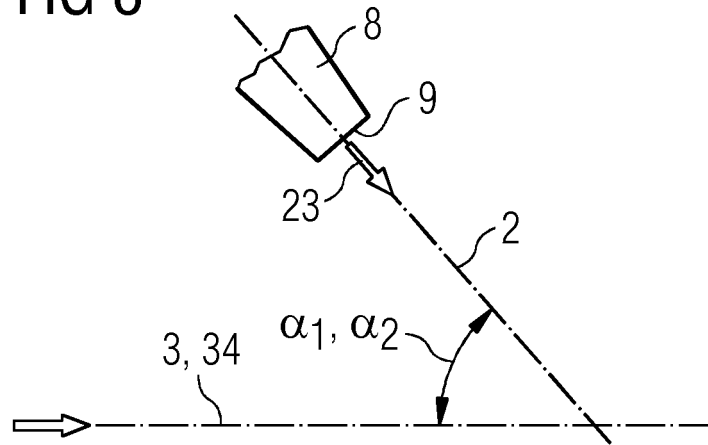
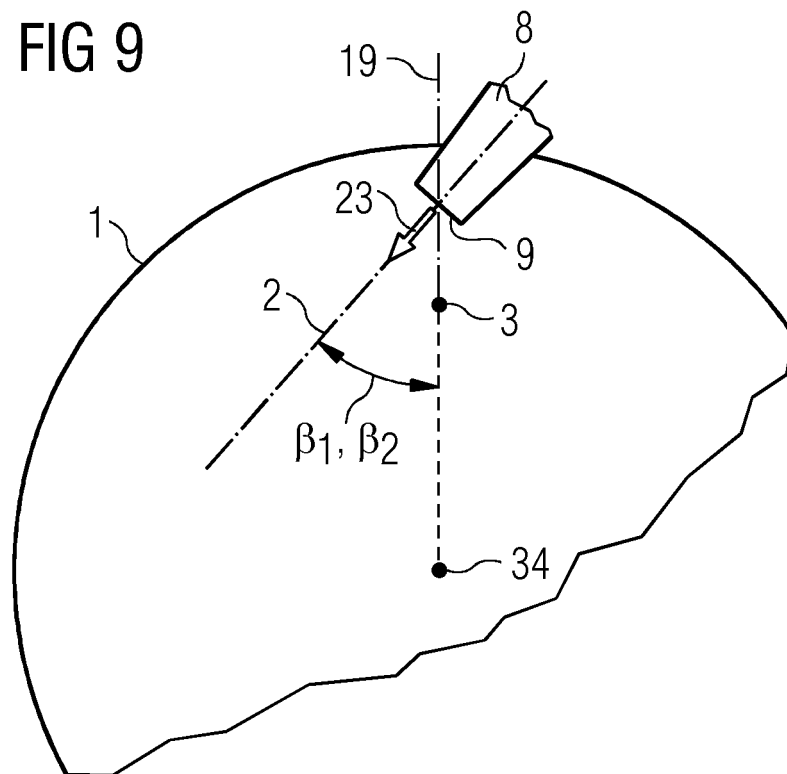


FIG 9





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 13 17 0045

5

10

15

20

25

30

35

40

45

2

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2006/156735 A1 (LASTER WALTER R [US] ET AL LASTER WALTER RAY [US] ET AL) 20. Juli 2006 (2006-07-20) * das ganze Dokument *	1-13	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 *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. September 2013	Prüfer Vogl, Paul
KATEGORIE DER GENANTEN 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	

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

EP 13 17 0045

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.

16-09-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006156735 A1	20-07-2006	KEINE	
JP S61105029 A	23-05-1986	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]