

(19)



(11)

EP 2 703 719 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.03.2014 Patentblatt 2014/10

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

(21) Anmeldenummer: **12182013.8**

(22) Anmeldetag: **28.08.2012**

(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**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **Wegner, Bernhard**
10589 Berlin (DE)

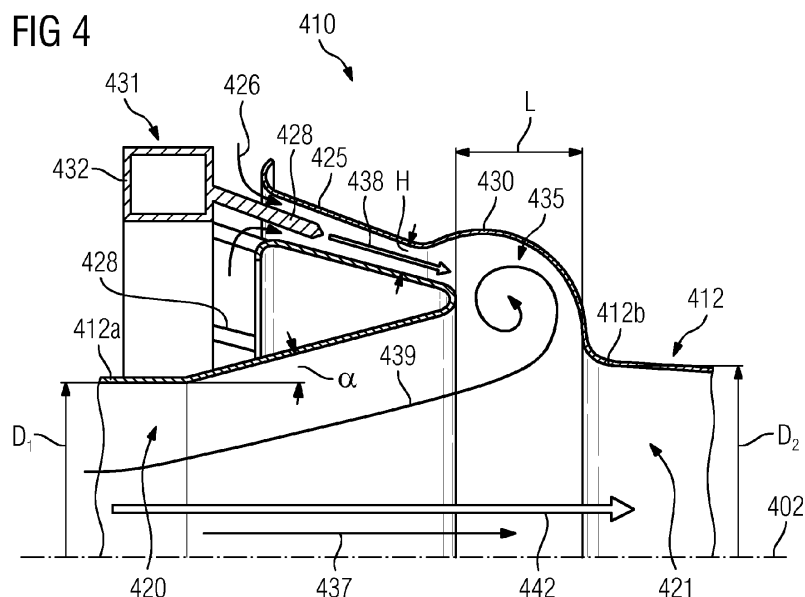
(54) **Brennkammer für eine Gasturbine, Gasturbine und Verfahren**

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkammer (410) für eine Gasturbine (101), mit mindestens einer die Brennkammer (410) in Abschnitte unterteilenden ersten (420) und zweiten Verbrennungszone (421), wobei die zweite Verbrennungszone (421) in Hauptströmungsrichtung (437) auf die erste Verbrennungszone (420) folgt, einem die Verbrennungszonen (420, 421) umgebenden Gehäuse (412), mindestens einer ersten (111) und zweiten Brenneranordnung (211), wobei die erste Brenneranordnung (111) zur Verbrennung eines ersten in der ersten Verbrennungszone (420) zu zündenden Arbeitsgasstromes (222) ausgebildet ist, und die zweite Brenneranordnung (211) zur Verbrennung eines in der zweiten Verbrennungszone (421) zu zündenden zweiten Ar-

beitsgasstroms (223) ausgebildet ist, wobei der zweite Arbeitsgasstrom (223) mit dem ersten Arbeitsgasstrom (222) vermischbar ist und an einem Ausgang der Brennkammer (224) ein überlagertes Turbineneintrittsprofil erzeugt.

Die erfindungsgemäße Brennkammer ermöglicht einen besonders schadstoffarmen Betrieb.

Hierzu weist das Gehäuse (412) eine Kavität (435) ausbildende Auswölbung (330, 430) in radialer Richtung auf, wobei wenigstens eine Einleitpassage (425) der zweiten Brenneranordnung in die Auswölbung (330, 430) mündet, und eine Zündung des in die Auswölbung eingeleiteten Brennstoff/Luft-Gemisches innerhalb der Auswölbung erfolgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Brennkammer für eine Gasturbine, mit

- mindestens einer die Brennkammer in Abschnitte unterteilenden ersten und zweiten Verbrennungszone, wobei die zweite Verbrennungszone in Hauptströmungsrichtung auf die erste Verbrennungszone folgt,
- einem die Verbrennungszonen umgebenden Gehäuse,
- mindestens einer ersten und zweiten Brenneranordnung, wobei die erste Brenneranordnung zur Verbrennung eines ersten in der ersten Verbrennungszone zu zündenden Arbeitsgasstromes ausgebildet ist, und die zweite Brenneranordnung zur Verbrennung eines in der zweiten Verbrennungszone zu zündenden zweiten Arbeitsgasstroms ausgebildet ist, wobei der zweite Arbeitsgasstrom mit dem ersten Arbeitsgasstrom vermischbar ist und an einem Ausgang der Brennkammer ein überlagertes Turbineneintrittsprofil erzeugt.

[0002] Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Gasturbine mit einer derartigen Brennkammer und auf ein Verfahren zum Verbrennen eines Brennstoff/Luft-Gemisches in einer derartigen Brennkammer.

[0003] Bekannte Gasturbinen umfassen neben einer eingangs genannten Brennkammer einen Verdichter und eine Turbine. Der Verdichter verdichtet der Gasturbine zugeführte Luft, wobei ein Teil dieser Luft der Verbrennung von Brennstoff in der Brennkammer dient und ein Teil zur Kühlung der Gasturbine und/oder der Verbrennungsgase verwendet wird. Die durch den Verbrennungsvorgang in der Brennkammer bereitgestellten heißen Gase werden aus der Brennkammer in die Turbine eingeleitet, wobei sie in dieser entspannen und abkühlen und hierbei unter Leistung von Arbeit Turbinenschaufeln in Rotation versetzen. Mittels dieser Rotationsenergie treibt die Gasturbine eine Arbeitsmaschine an. Bei der Arbeitsmaschine kann es sich beispielsweise um einen Generator handeln.

[0004] 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) können beispielsweise magere Vormischungen des Brennstoffs verwendet werden. Zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades der Gasturbine werden hohe Turbineneintrittstemperaturen angestrebt, die mit hohen Flammentemperaturen in der Brennkammer 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. 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 der Gasturbine in beide Richtungen zu erweitern.

[0005] Die Emission von Stickoxiden lässt sich auch durch eine Reduzierung der Verweilzeit der Gase in der Brennkammer positiv beeinflussen.

[0006] Deshalb erfolgt zur weiteren Reduzierung von Stickoxiden bei bekannten Gasturbinen eine nachfolgende Eindüsung eines Brennstoff/Luft-Gemisches in einer zweiten axialen Stufe der Brennkammer, um einem ersten Arbeitsgasstrom einen zweiten Arbeitsgasstrom mit verringerter Verweilzeit in der Brennkammer zu überlagern, so dass mittels einer derartigen zweiten axialen Stufe eine Verringerung der Stickoxidemissionen erreicht werden kann. Durch eine geeignete Fahrweise kann die Beaufschlagung der Axialstufe mit Brennstoff erst bei relativ hohen Lasten erfolgen. Bei niedrigeren Lasten kann die Brennstoffzufuhr zur axialen Stufe komplett abgeschaltet werden und dann wie ein Luftbypass verwendet werden. Dadurch kann die erste Verbrennungszone selbst bei sehr tiefen Lasten mit einer hohen lokalen Flammentemperatur betrieben werden, welche für einen guten Ausbrand und entsprechend niedrige CO-Emissionen sorgt.

[0007] Die zweite Axialstufe dient daher gleichermaßen einer Erweiterung des Betriebsbereiches des Verbrennungssystems zu niedrigeren und höheren Lasten.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Brennkammer der eingangs genannten Art, eine Gasturbine mit einer derartigen Brennkammer und ein Verfahren zum Verbrennen eines Brennstoff/Luft-Gemisches in einer derartigen Brennkammer anzugeben, welches besonders schadstoffarm betrieben werden kann.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Brennkammer der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass das Gehäuse wenigstens eine Kavität ausbildende Auswölbung in radialer Richtung aufweist, wobei wenigstens eine Einleitpassage der zweiten Brenneranordnung zur Einleitung eines Luft/Brennstoff-Gemisches in die Auswölbung mündet, wobei eine Zündung des in die Auswölbung eingeleiteten Brennstoff/Luft-Gemisch innerhalb der Auswölbung erfolgt.

[0010] Die Brennkammer ist derart ausgebildet, dass eine Zündung des in die Auswölbung eingeleiteten Brennstoff/Luft-Gemisch innerhalb der Auswölbung erfolgt. Die Erfindung ermöglicht eine Verbrennung brennstoffreicher oder beispielsweise hoch reaktiver Gemische mit hohem Wasserstoffanteil unter Vermeidung hoher Stickoxid- und Kohlenmonoxidemissionen (CO). Mit anderen Worten lässt sich durch die Zündung des in der zweiten axialen Stufe eingedüssten Brennstoff/Luft-Ge-

misches innerhalb der Auswölbung eine vollständige Umsetzung der Reaktionsteilnehmer an der Verbrennung innerhalb der Kavität vermeiden, welche mit hohen Temperaturen und damit auch hohen Stickoxidemissionen einhergehen würde.

[0011] Dieser Vorteil bleibt erhalten, selbst wenn das in der Auswölbung erzeugte heiße Arbeitsgas im Anschluss an die in der Auswölbung stattfindende Reaktion der Hauptströmung in der Brennkammer beiströmt.

[0012] Die die Brennkammer unterteilende erste und zweite Verbrennungszone kann auch mit erster und zweiter Brennkammerabschnitt bezeichnet werden. Die Brennkammer kann weitere Brennkammerabschnitte umfassen.

[0013] Die erste Brenneranordnung zur Verbrennung eines ersten in der ersten Verbrennungszone zu zündenden Arbeitsgasstromes ist mit mindestens einer Brennstoffzufuhrleitung verbindbar und weist mindestens einen Luftzufuhranschluss auf. Die erste Brenneranordnung kann an dem dem Verdichter zugewandten Ende der Brennkammer angeordnet sein. Die erste Brenneranordnung kann eine Vielzahl an Brennern umfassen, die beispielsweise in axial zueinander versetzt angeordneten Gruppen am stromauf gelegenen Beginn der ersten Verbrennungszone angeordnet sein können.

[0014] Die zweite Brenneranordnung kann bei Bedarf der ersten Brenneranordnung zuschaltbar sein. Die zweite Brenneranordnung ist im Bereich der zweiten Verbrennungszone angeordnet. Beispielsweise kann die zweite Brenneranordnung außerhalb des Gehäuses angeordnet sein und mit mindestens einer Einleitpassage in das Innere der Brennkammer einmünden. Die zweite Brenneranordnung ist mit mindestens einer Brennstoffzufuhrleitung verbindbar und umfasst wenigstens eine Luftzufuhr. Beispielsweise kann die zweite Brenneranordnung einen außen um das Gehäuse herum verlaufenden Brennstoffverteillerring umfassen. Der Brennstoffverteillerring kann auch mit fuel manifold bezeichnet werden. An den Brennstoffverteillerring können eine Vielzahl an um den Umfang des Gehäuses verteilt angeordnete Brennstoffdüsen angeschlossen sein, welche den Brennstoff in eine an eine Luftzufuhr angeschlossene Einleitpassage eindüsen, so dass ein Brennstoff/Luft-Gemisch zu einem Austritt der Einleitpassage strömt. Die Einleitpassagen münden in das Innere der Brennkammer im Bereich der zweiten Verbrennungszone, wobei erfindungsgemäß wenigstens eine der Einleitpassagen in eine Auswölbung des Gehäuses im Bereich der zweiten Verbrennungszone gemäß Anspruch 1 einmündet. Die Einleitpassage kann mit dem die Verbrennungszone umfassenden Gehäuse einstückig ausgebildet sein.

[0015] Zur Reduzierung der Stickoxidemissionen kann - wie auch im Stand der Technik üblich - die zweite axiale Stufe ausreichend weit vom stromauf liegenden Anfang der Brennkammer entfernt angeordnet. Die zweite axiale Stufe kann sich mindestens im zweiten Drittel der Brennkammer befinden und kann vorteilhafter Weise näher am stromab gelegenen Ausgang der Brennkammer ange-

ordnet sein.

[0016] Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass zumindest ein Teil des ersten Arbeitsgasstromes mit dem durch die Einleitpassage der zweiten Brenneranordnung eingeleiteten Brennstoff/Luft-Gemisches im Bereich der Auswölbung verwirbelbar ist.

[0017] Die Ausgestaltung kann beispielsweise dadurch realisiert werden, dass das Gehäuse derart ausgebildet ist, dass ein Teil des ersten Arbeitsgasstromes in die Kavität umgelenkt wird und zur Zündung des durch die Einleitpassage der zweiten Brenneranordnung in die Auswölbung eingeleiteten Brennstoff/Luft-Gemisches mit diesem eine Wirbelströmung ausbildet. Das durch die zweite Brenneranordnung bereitgestellte Brennstoff/Luft-Gemisch wird mittels des von der ersten Verbrennungszone kommenden ersten Arbeitsgasstroms gezündet und vermischt sich mit diesem, um am Ausgang der Brennkammer ein überlagertes - also gemeinsames - Turbineneintrittsprofil zu erzeugen. Das Turbineneintrittsprofil ist durch das Geschwindigkeits- und das Temperaturprofil des Arbeitsgasstroms bestimmt.

[0018] Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass die Auswölbung umlaufend ist.

[0019] Die Auswölbung kann beispielsweise wulstförmig um das Gehäuse der Brennkammer herum verlaufen.

[0020] Vorteilhafterweise kann weiter vorgesehen sein, dass die Auswölbung einen Ringspalt aufweist, in welchen eine umlaufende oder mehrere Einleitpassagen der zweiten Brenneranordnung münden.

[0021] Diese Ausgestaltung der Erfindung weist einen besonders einfachen Aufbau auf, wodurch die Herstellungskosten einer die Brennkammer umfassenden Gasturbine gesenkt werden können.

[0022] Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass die Auswölbung eine axiale Länge L und die Einleitpassage eine Höhe H aufweist und die Länge L das zwei- bis achtfache der Höhe H beträgt.

[0023] Durch dieses Verhältnis zwischen der Länge L und der Höhe H wird eine zum Ausbrand zur Verfügung stehende Aufenthaltszeit des in die Auswölbung einströmenden und zirkulierenden Frischgases eingestellt bzw. das Verhältnis zwischen Volumen der Kavität zu Massenstrom. Der angegebene Bereich gewährleistet hinsichtlich der Reduktion von Stickoxiden einen günstigen Ausbrand.

[0024] Es kann auch als vorteilhaft angesehen werden, dass das Gehäuse im Bereich der ersten Verbrennungszone ausgehend von einem ersten Durchmesser zur zweiten Verbrennungszone hin konisch erweitert ist.

[0025] Die vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ermöglicht eine Verzögerung des aus der ersten Verbrennungszone kommenden Arbeitsgasstromes, wobei die konische Aufweitung des Gehäuses wie ein Diffusor wirkt, über dessen Winkel die Zuführung des Arbeitsgasstromes zur Kavität bzw. Auswölbung eingestellt werden kann.

[0026] Es kann auch als vorteilhaft angesehen wer-

den, dass der Öffnungswinkel des Konus weniger als 20 Grad beträgt.

[0027] Die Begrenzung des Winkels schränkt den in die Kavität abgelenkten Bruchteil des ersten Arbeitsgasstroms auf zur Verbrennung sinnvolle Werte ein.

[0028] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, dass

das Gehäuse stromab hinter der Auswölbung einen zweiten Durchmesser aufweist, wobei der zweite Durchmesser größer als der erste Durchmesser ist, so dass die Hauptströmungsgeschwindigkeit vor und nach der Auswölbung in der Brennkammer im Wesentlichen gleich ist.

[0029] Das Verhältnis der Durchmesser berücksichtigt den durch die zweite axiale Stufe hervorgerufenen Zuwachs an Massenstrom in der Brennkammer. Üblicherweise beträgt dieser Zuwachs 10 bis 40 % des aus der ersten Verbrennungszone kommenden ersten Arbeitsgasstromes. Die vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ermöglicht eine im Wesentlichen konstante Hauptströmungsgeschwindigkeit in der Brennkammer, indem der zweite Durchmesser entsprechend größer gewählt ist als der erste Durchmesser.

[0030] Vorteilhafter Weise kann vorgesehen sein, dass der zweite Durchmesser dem 1- bis 1,2-fachen des ersten Durchmessers entspricht.

[0031] Bei einem Massenstromzuwachs von 10 bis 40 % in der zweiten axialen Stufen ergibt sich bei dem Verhältnis der Durchmesser gemäß der vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung eine nahezu konstante Hauptströmungsgeschwindigkeit in der Brennkammer.

[0032] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Gasturbine mit einer eingangs genannten Brennkammer anzugeben, welche besonders schadstoffarm betrieben werden kann.

[0033] Hierzu weist die Gasturbine eine Brennkammer nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8 auf.

[0034] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Verbrennen eines Brennstoff/Luft-Gemisches in einer Gasturbinenbrennkammer anzugeben, welches besonders schadstoffarm ist.

[0035] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verbrennen eines Brennstoff/Luft-Gemisches in einer Gasturbinenbrennkammer umfasst einen ersten Verfahrensschritt, bei welchem ein Brennstoff/Luft-Gemisch in einer ersten Verbrennungszone verbrannt wird und einen ersten heißen Arbeitsgasstrom ausbildet, und einen zweiten Verfahrensschritt, in welchem zur Zündung eines dem ersten Arbeitsgasstrom beizumischenden zweiten Arbeitsgasstroms ein Teil des ersten Arbeitsgasstromes in eine Kavität geleitet wird und hier mit einem zweiten Brennstoff/Luft-Gemisch in einer Wirbelströmung zur Reaktion gebracht wird, um anschließend in einem dritten Verfahrensschritt der Hauptströmung beigemischt zu werden.

[0036] Die Verfahrensschritte erfolgen in Bezug auf eine konkrete Gasmenge in zeitlicher Abfolge, allerdings kontinuierlich und zeitlich parallel in Bezug auf unterschiedliche, nachströmende Gas Mengen. Das erfin-

dungsgemäße Verfahren ermöglicht eine vollständige Umsetzung der Reaktionsteilnehmer an der Verbrennung innerhalb der Kavität zu vermeiden, welche mit hohen Temperaturen und damit auch hohen Stickoxidemissionen einhergehen würde.

[0037] Dieser Vorteil bleibt erhalten, wenn das in der Kavität erzeugte heiße Arbeitsgas im Anschluss an die in der Kavität stattfindende Reaktion der Hauptströmung beigemischt wird.

[0038] Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung unter Bezug auf die Figur der Zeichnung. Die Bezugszeichen verweisen mit ihrer ersten Stelle auf die Zahl der Abbildung. Die zweite und dritte Stelle des Bezugszeichens ist dann für Figuren gleich gewählt, wenn das in dem dargestellten Ausführungsbeispiel bezeichnete Teil eine gleiche Funktion oder eine im Wesentlichen gleiche Funktion aufweist.

[0039] Dabei zeigt die

Fig.1 eine Gasturbine nach dem Stand der Technik in einer schematischen Schnittansicht,

Fig.2 einen Ausschnitt einer Brennkammer mit zweiter axialer Stufe nach dem Stand der Technik in schematischer Schnittansicht,

Fig.3 einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkammer in Seitenansicht, und

Fig.4 einen Ausschnitt des in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiels in einer schematischen Schnittansicht.

[0040] Die Figur 1 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Gasturbine 101 nach dem Stand der Technik. Die Gasturbine 101 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 drehgelagerten Rotor 103 mit einer Welle 104 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird. Entlang des Rotors 103 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 106, ein Verdichter 108, ein Verbrennungssystem 109 mit einer Anzahl an Brennkammern 110, die jeweils eine Brenneranordnung 111 und ein Gehäuse 112 umfassen, eine Turbine 114 und ein Abgasgehäuse 115.

[0041] Das Verbrennungssystem 109 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal. Dort bilden mehrere hintereinander geschaltete Turbinenstufen die Turbine 114. Jede Turbinenstufe ist aus Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums gesehen folgt im Heißkanal einer aus Leitschaufeln 117 gebildeten Reihe eine aus Laufschaufeln 118 gebildete Reihe. Die Leitschaufeln 117 sind dabei an einem Innengehäuse eines Stators 119 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 118 einer Reihe beispielsweise mittels einer Turbinenscheibe am Rotor 103 an-

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

[0042] Während des Betriebes der Gasturbine wird vom Verdichter 108 durch das Ansauggehäuse 106 Luft angesaugt und verdichtet. Die am turbinenseitigen Ende des Verdichters 108 bereitgestellte verdichtete Luft wird zu dem Verbrennungssystem 109 geführt und dort im Bereich der Brenneranordnung 111 mit einem Brennstoff vermischt. Das Gemisch wird dann mit Hilfe der Brenneranordnung 111 unter Bildung eines Arbeitsgasstromes im Verbrennungssystem 109 verbrannt. Von dort strömt der Arbeitsgasstrom entlang des Heißgaskanals an den Leitschaufeln 117 und den Laufschaufeln 118 vorbei. An den Laufschaufeln 118 entspannt sich der Arbeitsgasstrom impulsübertragend, so dass die Laufschaufeln 118 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine beziehungsweise einen Generator (nicht dargestellt).

[0043] Die Figur 2 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Brennkammer 210 mit einer zweiten axialen Stufe gemäß dem Stand der Technik. Die Brennkammer 210 umfasst ein um eine Rotationsachse 202 symmetrisch ausgebildetes Gehäuse 212, welches eine erste Verbrennungszone 220 und eine zweite Verbrennungszone 221 umgibt. Die erste Verbrennungszone 220 und die zweite Verbrennungszone 221 unterteilen die Brennkammer 210 in Abschnitte, wobei die zweite Verbrennungszone 221 in Hauptströmungsrichtung unmittelbar auf die erste Verbrennungszone 220 folgt. Die Brennkammer 210 umfasst mindestens eine erste Brenneranordnung (nicht dargestellt) und eine zweite Brenneranordnung 211, wobei die erste Brenneranordnung (nicht dargestellt) zur Verbrennung eines ersten in der ersten Verbrennungszone 220 zu zündenden Arbeitsgasstromes 222 ausgebildet ist, und die zweite Brenneranordnung 211 zur Verbrennung eines in der zweiten Verbrennungszone 221 zu zündenden zweiten Arbeitsgasstroms 223 ausgebildet ist, wobei der zweite Arbeitsgasstrom 223 mit dem ersten Arbeitsgasstrom 222 vermischbar ist und an einem Ausgang 224 der Brennkammer 210 ein überlagertes Turbineneintrittsprofil erzeugt. Die zweite Brenneranordnung 211 umfasst eine Reihe von Einleitpassagen 225, welche zur Einleitung eines Luft/Brennstoff-Gemisches in die zweite Verbrennungszone 221 münden. Hierzu wird einem Luftstrom 226 aus einem Brennstoffverteiler 227 über Brennstoffdüsen 228 Brennstoff beigemischt, wobei das Luft/Brennstoff-Gemisch durch die Einleitpassagen 225 in die zweite Verbrennungszone 221 eingeleitet und durch den heißen ersten Arbeitsgasstrom 222 in der zweiten Verbrennungszone 221 gezündet wird und sich der Hauptströmung beimischt. In diesem Sinne wird der zweite Arbeitsgasstrom der Hauptströmung beigemischt. Die Hauptströmung in dem Gehäuse 212 besteht im Bereich der zweiten Verbrennungszone 221 aus dem ersten Arbeitsgasstrom 222 und dem durch die zweite axiale Stufe zusätzlich zugeführten Gasen in das Gehäuse 212.

[0044] Die Figur 3 zeigt einen Ausschnitt einer erfindungsgemäßen Brennkammer 310 gemäß einem Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung und Seitenansicht. Die erfindungsgemäße Brennkammer 310 umfasst ein Gehäuse 312, welches eine Auswölbung 330 in radialer Richtung aufweist, so dass in der Brennkammer 310 eine Kavität ausgebildet ist. Die Auswölbung 330 ist im Übergangsbereich zwischen einem ersten Gehäuseteil 312a und einem zweiten Gehäuseteil 312b angeordnet, wobei der erste Gehäuseteil 312a eine erste Verbrennungszone (in der Figur nicht sichtbar) umgibt und der zweite Gehäuseteil 312b eine zweite Verbrennungszone (in der Figur nicht sichtbar) umgibt. Die Auswölbung 330 ist somit auch im Übergangsbereich zwischen der ersten und der zweiten Verbrennungszone angeordnet. Eine Brennstoffverteileranordnung 331 umfasst einen Brennstoffverteiler 332, von welchem eine Vielzahl an in eine Einleitpassage (in der Figur nicht sichtbar) mündenden Brennstoffdüsen 328 abzweigen. Die Einleitpassage (in der Figur nicht sichtbar) mündet über einen Ringspalt (in der Figur nicht sichtbar) in die Auswölbung 330 ein. Die Einleitpassagen (in der Figur nicht sichtbar) dienen der Einleitung eines Luft/Brennstoff-Gemisches in die Auswölbung 330. Die Auswölbung 330 ist umlaufend ausgebildet.

[0045] Die Figur 4 zeigt eine schematische Schnittansicht der in Figur 3 dargestellten erfindungsgemäßen Brennkammer im Bereich der Auswölbung 430. Die Brennkammer 410 umfasst ein um eine Rotationsachse 402 symmetrisch ausgebildetes Gehäuse 412, welches eine erste Verbrennungszone 420 und eine zweite Verbrennungszone 421 umgibt, wobei die zweite Verbrennungszone 421 in einer Hauptströmungsrichtung 437 unmittelbar auf die erste Verbrennungszone 420 folgt. Der die erste Verbrennungszone 420 umgebende Gehäuseteil ist hierbei mit dem Bezugszeichen 412a gekennzeichnet und der die zweite Verbrennungszone umgebende Gehäuseteil mit dem Bezugszeichen 412b.

[0046] Das Gehäuse 412 weist im Übergangsbereich zwischen der ersten Verbrennungszone 420 und der zweiten Verbrennungszone 421 eine Auswölbung 430 in radialer Richtung auf, so dass in der Brennkammer 410 eine Kavität 435 ausgebildet ist. In diese Kavität 435 mündet über einen Ringspalt eine von einer Brennstoffverteileranordnung 431 umfasste umlaufende Einleitpassage 425, welche mit dem Gehäuse 412 einstückig ausgebildet ist. Die Brennstoffverteileranordnung 431 umfasst zudem einen Brennstoffverteiler 432, von welchem in die umlaufende Einleitpassage 425 hineinragende Brennstoffdüsen 428 abzweigen. Die Einleitpassage weist eine Höhe H und die Auswölbung eine axiale Länge L auf.

[0047] Das Gehäuse 412 ist im Bereich der ersten Verbrennungszone ausgehend von einem ersten Durchmesser D_1 zur zweiten Verbrennungszone hin konisch erweitert ist, wobei der Öffnungswinkel des Konus mit α bezeichnet ist. Das Gehäuse 412 stromab hinter der Auswölbung 430 weist einen zweiten Durchmesser D_2 auf,

wobei der zweite Durchmesser D_2 größer ist als der erste Durchmesser D_1 .

[0048] Die Brennstoffverteileranordnung 431 ist Teil einer zweiten Brenneranordnung zur Verbrennung eines in der zweiten Verbrennungszone 421 zu zündenden zweiten Arbeitsgasstroms. Hierzu ist die Brenneranordnung mit mindestens einer Brennstoffleitung (nicht dargestellt) verbunden zur Versorgung des Brennstoffverteilerlings 432 mit Brennstoff. Der mittels des Brennstoffverteilerlings 432 an die Brennstoffdüsen 428 verteilte Brennstoff wird in die mindestens eine Einleitpassage 425 eingedüst, wo er sich mit einem Luftstrom 426 vermischt. Das Brennstoff/Luft-Gemisch 438 wird über die Einleitpassage 425 in die Auswölbung 430 eingeleitet und verwirbelt im Bereich der Auswölbung 430 mit einem Teil eines ersten Arbeitsgasstromes 439. Das in die Auswölbung 430 eingeleitete Brennstoff/Luft-Gemisch 438 kann auch mit zweitem Brennstoff/Luft-Gemisch bezeichnet werden. Aufgrund der hohen Temperaturen des Teils des ersten Arbeitsgasstromes 439 wird das zweite Brennstoff/Luft-Gemisch 438 in der Wirbelströmung zur Reaktion gebracht und anschließend der Hauptströmung 442 beigemischt.

[0049] Somit ermöglicht die erfindungsgemäße Brennkammer die Verbrennung eines Brennstoff/Luft-Gemisches, indem mittels einer ersten Brenneranordnung (nicht dargestellt) ein erstes Brennstoff/Luft-Gemisch (nicht dargestellt) in der ersten Verbrennungszone 420 verbrannt wird und einen ersten heißen Arbeitsgasstrom ausbildet und zur Zündung eines dem ersten Arbeitsgasstrom beizumischenden zweiten Arbeitsgasstroms ein Teil des ersten Arbeitsgasstromes 439 in eine Kavität 435 geleitet wird und hier mit einem zweiten Brennstoff/Luft-Gemisch 438 in einer Wirbelströmung zur Reaktion gebracht wird, und anschließend der Hauptströmung 442 beigemischt wird. Die Hauptströmung 442 wird somit in der ersten Verbrennungszone 420 durch den ersten Arbeitsgasstrom gebildet, von dem ein Teil des ersten Arbeitsgasstromes 439 abgetrennt wird und in der zweiten Verbrennungszone 421 durch den verbleibenden ersten Arbeitsgasstrom, dem das gezündete zweite Brennstoff/Luft-Gemisch 438 in Form eines zweiten Arbeitsgasstromes und der abgetrennte Teil des ersten Arbeitsgasstromes 439 beigemischt wird. Damit die Hauptströmungsgeschwindigkeit der Hauptströmung 442 vor und nach der Auswölbung 430 in der Brennkammer 410 im Wesentlichen konstant ist, ist der Durchmesser D_2 entsprechend dem Massenstromzuwachs der Hauptströmung durch die Beimischung des zweiten Arbeitsgasstromes größer zu wählen als der Durchmesser D_1 . Bei einem Massenstromzuwachs von 10 bis 40 % kann D_2 beispielsweise als das 1-bis 1,2-fache von D_1 gewählt werden.

[0050] Die erfindungsgemäße Brennkammer 410 ermöglicht es, eine vollständige Umsetzung der Reaktionsteilnehmer an der Verbrennung innerhalb der Kavität 435 zu vermeiden, wodurch geringe Stickoxidemissionen bei der Verbrennung ermöglicht werden. Hierzu kann über

das Verhältnis von axialer Länge L der Auswölbung 430 und der Höhe H der Einleitpassage eine zum Ausbrand zur Verfügung stehende Aufenthaltszeit des in die Auswölbung einströmenden und zirkulierenden Frischgases eingestellt werden bzw. das Verhältnis zwischen Volumen der Kavität zu Massenstrom. Beispielsweise kann die axiale Länge L das zwei- bis achtfache der Höhe H betragen. Durch den Öffnungswinkel des Konus α kann der in die Kavität abgelenkte Bruchteil des ersten Arbeitsgasstroms 439 auf zur Verbrennung günstige Werte eingestellt werden. Vorteilhafter Weise ist der Winkel kleiner als 20 Grad gewählt.

15 Patentansprüche

1. Brennkammer (310,410) für eine Gasturbine (101), mit

- mindestens einer die Brennkammer (310,410) in Abschnitte unterteilenden ersten (420) und zweiten Verbrennungszone (421), wobei die zweite Verbrennungszone (421) in Hauptströmungsrichtung (437) auf die erste Verbrennungszone (420) folgt,

- einem die Verbrennungszonen umgebenden Gehäuse (412),

- mindestens einer ersten und zweiten Brenneranordnung (111,211),

- wobei die erste Brenneranordnung (111) zur Verbrennung eines ersten in der ersten Verbrennungszone zu zündenden Arbeitsgasstromes (222) ausgebildet ist, und

- die zweite Brenneranordnung (211) zur Verbrennung eines in der zweiten Verbrennungszone (221, 421) zu zündenden zweiten Arbeitsgasstroms (223) ausgebildet ist,

- wobei der zweite Arbeitsgasstrom (223) mit dem ersten Arbeitsgasstrom (222) vermischbar ist und an einem Ausgang der Brennkammer (224) ein überlagertes Turbineneintrittsprofil erzeugt,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Gehäuse (412) eine eine Kavität (435) ausbildende Auswölbung (330, 430) in radialer Richtung aufweist, wobei wenigstens eine Einleitpassage (425) der zweiten Brenneranordnung in die Auswölbung (330,430) mündet,

- und eine Zündung des in die Auswölbung eingeleiteten Brennstoff/Luft-Gemisches innerhalb der Auswölbung erfolgt.

2. Brennkammer nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil des ersten Arbeitsgasstromes (439) mit dem durch die Einleitpassage (425) der zweiten Brenneranordnung eingeleiteten Brennstoff/Luft-Gemisches (438) im Bereich der Auswölbung (330,430) verwirbelbar

- ist.
3. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Auswölbung (330,430) umlaufend ist. 5
 4. Brennkammer nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Auswölbung (330, 430) einen Ringspalt aufweist, in welchen eine umlaufende oder mehrere Einleitpassagen (425) der zweiten Brenneranordnung münden. 10
 5. Brennkammer nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Auswölbung (330,430) eine axiale Länge (L) und die Einleitpassage (425) eine Höhe (H) aufweist, und die axiale Länge (L) das zwei- bis achtfache der Höhe (H) beträgt. 15
20
 6. Brennkammer nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (312,412) im Bereich der ersten Verbrennungszone (420) ausgehend von einem ersten Durchmesser (D_1) zur zweiten Verbrennungszone (421) hin konisch erweitert ist. 25
 7. Brennkammer (310,410) nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel des Konus (α) weniger als 20 Grad beträgt. 30
 8. Brennkammer (310,410) nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (412) stromab hinter der Auswölbung (430) einen zweiten Durchmesser (D_2) aufweist, wobei der zweite Durchmesser (D_2) größer als der erste Durchmesser (D_1) ist, so dass die Hauptströmungsgeschwindigkeit vor und nach der Auswölbung (430) in der Brennkammer (410) im Wesentlichen gleich ist. 35
40
 9. Brennkammer (410) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Durchmesser (D_2) dem 1-bis 1,2-fachen des ersten Durchmessers (D_1) entspricht. 45
 10. Gasturbine (101) mit einer Brennkammer (110,210,310,410),
dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer (410) nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet ist. 50
 11. Verfahren zum Verbrennen eines Brennstoff/Luft-Gemisches in einer Gasturbinenbrennkammer (410), bei welchem ein Brennstoff/Luft-Gemisch in einer ersten Verbrennungszone (220,420) verbrannt wird und einen ersten heißen Arbeitsgasstrom (222) ausbildet und 55

zur Zündung eines dem ersten Arbeitsgasstrom (222) beizumischenden zweiten Arbeitsgasstroms (223) ein Teil des ersten Arbeitsgasstromes (439) in eine Kavität (435) geleitet wird und hier mit einem zweiten Brennstoff/Luft-Gemisch (438) in einer Wirbelströmung zur Reaktion gebracht wird, und anschließend der Hauptströmung (442) beigemischt wird.

FIG 1

(Stand der Technik)

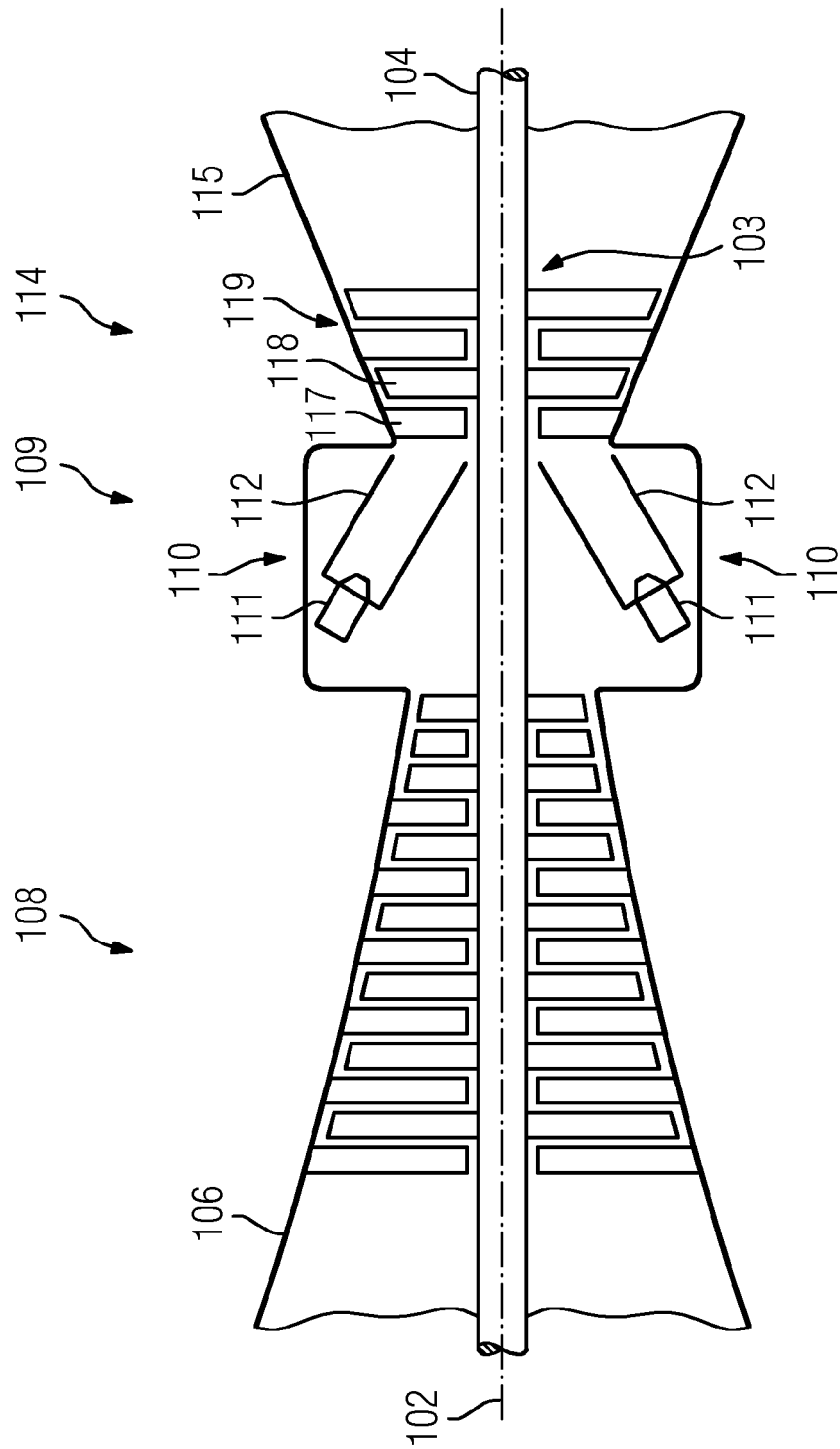


FIG 3

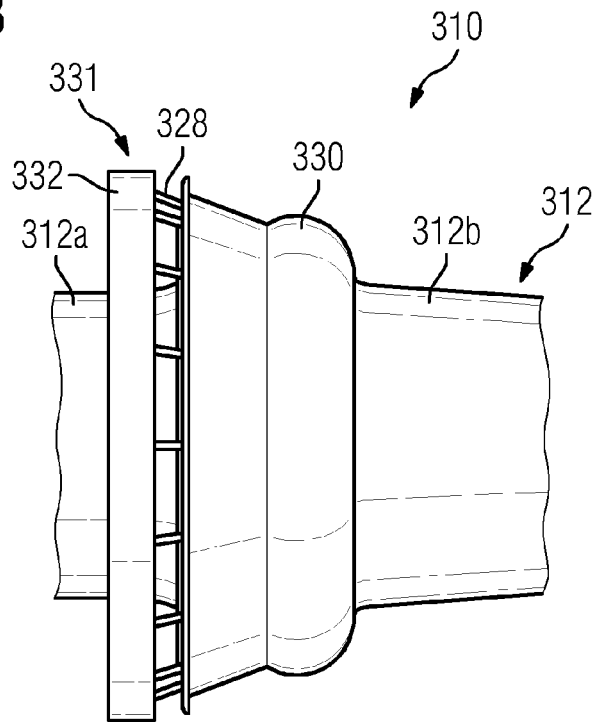
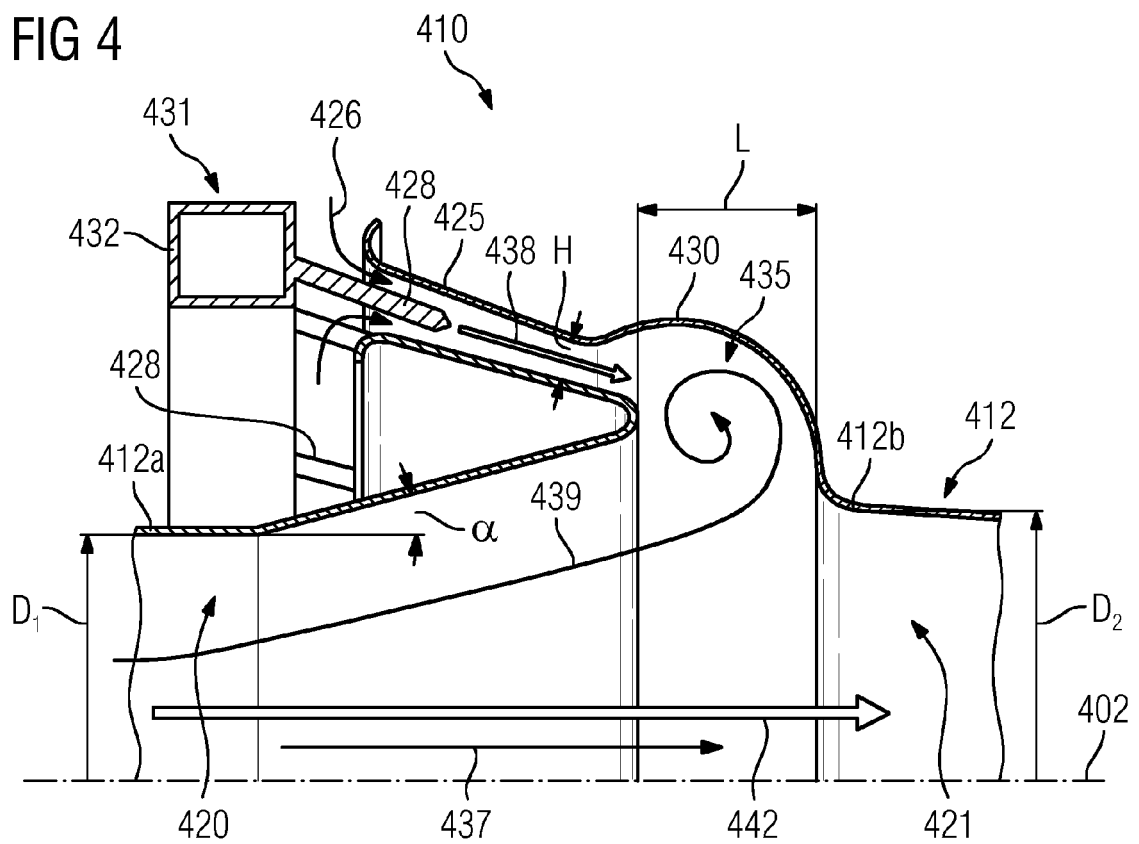


FIG 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 12 18 2013

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 29 37 631 A1 (DAIMLER BENZ AG) 2. April 1981 (1981-04-02) * das ganze Dokument *	1-11	INV. F23R3/00
X	US 5 319 935 A (TOON IAN J [GB] ET AL) 14. Juni 1994 (1994-06-14) * das ganze Dokument *	1-11	
A	EP 1 108 957 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]; ROLLS ROYCE CANADA LTD [CA]) 20. Juni 2001 (2001-06-20) * das ganze Dokument *	1-11	
A	EP 0 687 864 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 20. Dezember 1995 (1995-12-20) * das ganze Dokument *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. Januar 2013	Prüfer Munteh, Louis
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 Patentdokument, 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 82 (P04C03)

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

EP 12 18 2013

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.

10-01-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2937631	A1	02-04-1981	DE 2937631 A1	02-04-1981
			US 4455839 A	26-06-1984

US 5319935	A	14-06-1994	KEINE	

EP 1108957	A1	20-06-2001	CA 2328283 A1	16-06-2001
			DE 60007946 D1	04-03-2004
			DE 60007946 T2	15-07-2004
			EP 1108957 A1	20-06-2001
			JP 4559616 B2	13-10-2010
			JP 2001221437 A	17-08-2001
			US 6532742 B2	18-03-2003
			US 2001004515 A1	21-06-2001
			US 2003145576 A1	07-08-2003

EP 0687864	A2	20-12-1995	CA 2148978 A1	22-11-1995
			DE 69531806 D1	30-10-2003
			DE 69531806 T2	19-05-2004
			EP 0687864 A2	20-12-1995
			JP 7318060 A	08-12-1995
			RU 2135898 C1	27-08-1999
			US 5797267 A	25-08-1998
			US 6189814 B1	20-02-2001

EPO FORM P0461

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