

(19)



(11)

**EP 3 034 944 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.06.2016 Patentblatt 2016/25**

(51) Int Cl.:  
**F23R 3/00 (2006.01) F23R 3/06 (2006.01)**  
**F23R 3/50 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15198122.2**

(22) Anmeldetag: **04.12.2015**

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

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

(72) Erfinder: **GERENDÁS, Dr.-Ing. Miklós**  
**15838 Am Mellensee (DE)**

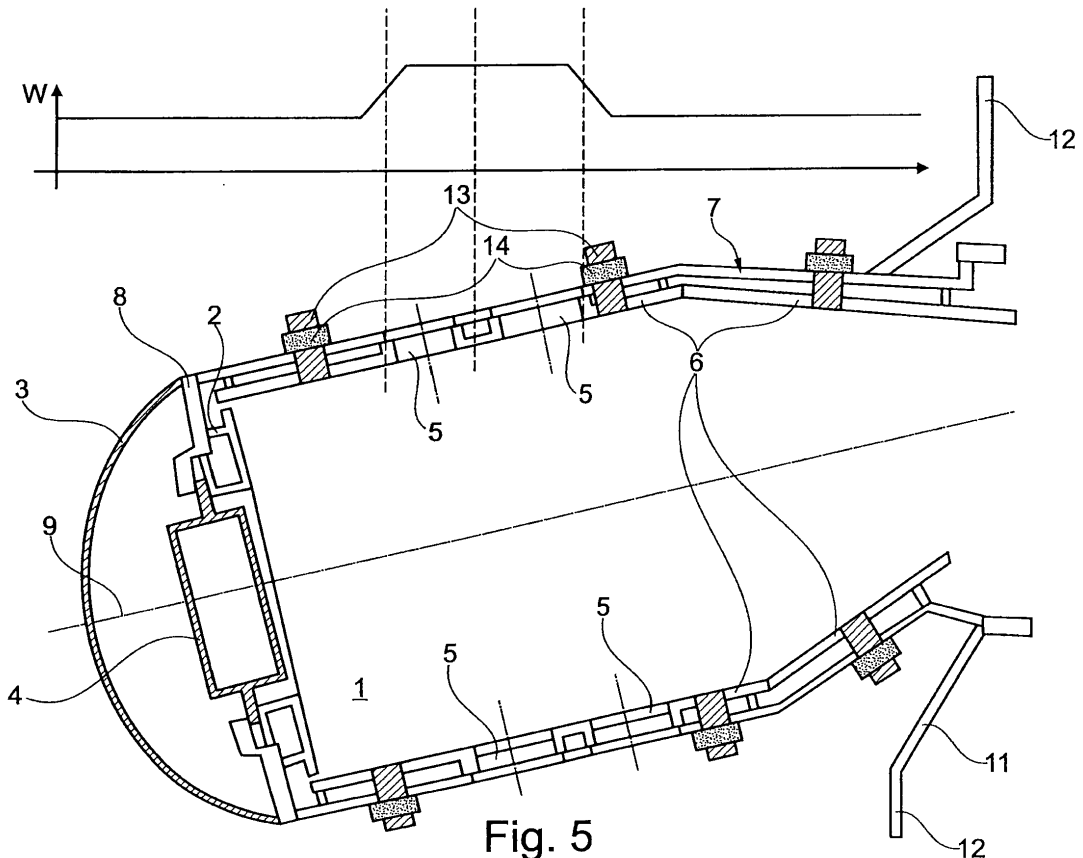
(74) Vertreter: **Hoefer & Partner Patentanwälte mbB**  
**Pilgersheimer Straße 20**  
**81543 München (DE)**

(30) Priorität: **19.12.2014 DE 102014226707**

(54) **GASTURBINENBRENNKAMMER MIT VERÄNDERTER WANDSTÄRKE**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Gasturbinenbrennkammer mit zumindest einer Brennkammerwand 6, 7, in welcher in einem vorgegebenen Bereich, welcher sich ringförmig, bezogen auf eine Mittelachse der Brennkammer, in einem mittleren Bereich der Brenn-

kammer um diese erstreckt, Mischluftlöcher 5 ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammerwand 6, 7 im ringförmigen Bereich der Mischluftlöcher 5 eine größere Dicke W aufweist, als in den nicht mit Mischluftlöchern 5 versehenen Bereichen.



**Fig. 5**

**EP 3 034 944 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Gasturbinenbrennkammer gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Im Einzelnen bezieht sich die Erfindung auf eine Gasturbinenbrennkammer mit zumindest einer Brennkammerwand, in welcher in vorgegebenen Bereichen Mischluftlöcher ausgebildet sind.

**[0003]** Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, in Brennkammerwänden von Gasturbinen Mischluftlöcher vorzusehen, durch welche zusätzliche Luft in den Brennkammerinnenraum eingeleitet wird.

**[0004]** Zum Stand der Technik hierzu wird auf die EP 1 528 322 A2, die EP 1 795 809 A2 oder die US 2002/0116929 A1 verwiesen.

**[0005]** Durch die Mischluftlöcher wird an einer bestimmten axialen Position eine deutliche Schwächung in die Brennkammerwand eingebracht. Mit steigendem Mischluftanteil durch bessere Kühlung und/oder durch verbesserte, festere Wandmaterialien ist es möglich, die Mischluftlöcher größer auszubilden. Dies führt dazu, dass die Festigkeit der Brennkammerwand zunehmend geschwächt wird. Diese Schwächung ergibt sich, da ein- oder zweischichtige Brennkammerwände aus Blechen oder Gussteilen konstanter Wandstärke hergestellt werden. Aufgrund dieser Materialschwächungen ergeben sich Risse. Der Rissfortschritt von Mischluftloch zu Mischluftloch ist dabei ein wesentlicher Faktor beim Versagen von Brennkammerwänden. Mit steigendem Mischluftanteil nimmt somit die Versagensgefahr erheblich zu.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gasturbinenbrennkammer der eingangs genannten Art zu schaffen, welche bei einfachem Aufbau und einfacher, kostengünstiger Herstellbarkeit die Nachteile des Standes der Technik vermeidet und insbesondere im Bereich der Mischluftlöcher eine ausreichende Festigkeit aufweist.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst, die Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

**[0008]** Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, dass die Brennkammer im Bereich der Mischluftlöcher eine größere Wanddicke aufweist, als in den nicht mit Mischluftlöchern versehenen Bereichen.

**[0009]** Die Mischluftlöcher sind in einem mittleren Bereich der Brennkammer, bezogen auf die axiale Erstreckung der Brennkammer und in Umfangsrichtung der Brennkammer angeordnet. Dieser ringförmige Umfangsbereich, in dem die Mischluftlöcher angeordnet sind, ist erfindungsgemäß mit einer größeren Wanddicke versehen.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird somit die tragende Wandstärke der Brennkammerwand lokal in dem Maß erhöht, in dem in Umfangsrichtung durch die Mischluftlöcher tragender Querschnitt entfernt wird. Erfindungs-

gemäß ist möglich, diese Lösung sowohl bei einschichtigen, als auch bei zweischichtigen Brennkammerwänden einzusetzen. Bei einer zweischichtigen Brennkammerwand ist es erfindungsgemäß möglich, nur eine Schicht, beispielsweise die lasttragende äußere Brennkammerwand oder die heiße, innere Brennkammerwand oder beide mit einer größeren Dicke zu versehen bzw. aufzudicken.

**[0011]** Bei der erfindungsgemäßen Lösung ergibt sich somit der Vorteil, dass die Steifigkeit der Brennkammerwand in Längsrichtung nicht mehr variiert, sondern insbesondere im Bereich der Mischluftlöcher konstant ist, insbesondere verglichen mit den Bereichen, in denen keine Mischluftlöcher ausgebildet sind. Hierdurch konzentrieren sich die Verformungen durch externe Lasten nicht in dem mit den Mischluftlöchern versehenen Bereich. Weiterhin wird ein Spalt, welcher zwischen der Schindel (innere Brennkammerwand) und dem Schindelträger (äußere Brennkammerwand) entstehen kann, durch die konstante Steifigkeit kleiner.

**[0012]** Während bei den aus dem Stand der Technik bekannten Konstruktionen ein wesentlicher Versagensmechanismus in der Brennkammer durch den Rissfortschritt von Mischluftloch zu Mischluftloch gebildet wird, erfolgt durch die erfindungsgemäße Aufdickung oder Vergrößerung der Dicke der Brennkammerwand speziell an den durch die Mischluftlöcher geschwächten Bereichen eine Erhöhung der Steifigkeit und Festigkeit der Brennkammerwand. Hierdurch ist es möglich, die Rissbildung und den Rissfortschritt zu minimieren. Dies erfolgt durch einen minimalen Materialaufwand bzw. eine minimale Gewichtserhöhung durch die Verdickung der Brennkammerwand.

**[0013]** Die Erfindung ist sowohl bei Brennkammerwänden, welche als Gussteil gefertigt sind, anwendbar, als auch bei Brennkammerwänden, welche mittels eines generativen Verfahrens (Lasersintern, ALM, additive layer manufacturing) hergestellt sind. Bei aus Blech hergestellten Brennkammern ist es erfindungsgemäß möglich, speziell konturierte Platinen zu verwenden oder die dünneren Bereiche der Wandung durch Abstreckdrücken zu erzeugen.

**[0014]** Analog läßt sich die Erfindung auch auf Brennkammerwände aus faserverstärkter Keramik (CMC) anwenden. Hier wird die Anzahl der Lagen der Keramikfasergewebe oder -wicklungen im Bereich der Mischluftlöcher lokal erhöht. Dies ist mit einem geringen zusätzlichen Aufwand verbunden, da die Wand grundsätzlich aus mehreren Lagen aufgebaut wird, nur wird im Bereich der Mischluftlöcher die Lagenanzahl von zum Beispiel 12 auf 20 erhöht. Die Erhöhung der Wandstärke fällt bei CMC stärker aus, da die Wandtemperatur höher sein darf, also weniger Kühlluft verwendet werden muss, und damit mehr Luft durch die Mischluftlöcher geführt werden soll, was deren Durchmesser über das bei einer metallischen Konstruktion mögliche Maß erhöht. Die Lagen können auf der Innen- oder Außenseite oder als zusätzliche Zwischenlagen mit begrenzter axialer Erstreckung

eingefügt werden.

**[0015]** Bei bestimmten Mischluftlochmustern in einer doppelwandigen Brennkammer ist es zusätzlich vorteilhaft, zwischen eng benachbarten Mischluftlöchern keinen schmalen Steg mehr zwischen den Mischluftlöchern zu haben, sondern die beiden engbenachbarten Mischluftlöcher in der Schindel durch eine einzige Öffnung in der kalten Brennkammerwand mit Luft zu versorgen. Die Schindel kann durch Wegfall des Steges nach außen aufgedickt werden. Dies kann auch in Form einer Rippe auf der Kaltseite der Schindel geschehen, welche dann durch die Öffnung in der kalten Brennkammerwand hindurchragt.

**[0016]** In jedem Falle erfolgt eine Vergrößerung der Dicke der Brennkammerwand so, dass die Mischluftlöcher die Steifigkeit der Brennkammerwand nicht mindern.

**[0017]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Gasturbinentriebwerks gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine Längs-Schnittansicht einer Brennkammer gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 3 eine schematische Ansicht der Anordnung von Mischluftlöchern gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 4 eine Ansicht, analog Fig. 3, einer erfindungsgemäßen Anordnung von Mischluftlöchern,

Fig. 5 eine schematische Seitenansicht einer Brennkammer analog Fig. 2, eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung, und

Fig. 6 eine Ansicht, analog Fig. 5, eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung.

**[0018]** Das Gasturbinentriebwerk 110 gemäß Fig. 1 ist ein allgemein dargestelltes Beispiel einer Turbomaschine, bei der die Erfindung Anwendung finden kann. Das Triebwerk 110 ist in herkömmlicher Weise ausgebildet und umfasst in Strömungsrichtung hintereinander einen Lufteinlass 111, einen in einem Gehäuse umlaufenden Fan 112, einen Mitteldruckkompressor 113, einen Hochdruckkompressor 114, eine Brennkammer 115, eine Hochdruckturbine 116, eine Mitteldruckturbine 117 und eine Niederdruckturbine 118 sowie eine Abgasdüse 119, die sämtlich um eine zentrale Triebwerksmittelachse 101 angeordnet sind.

**[0019]** Der Mitteldruckkompressor 113 und der Hochdruckkompressor 114 umfassen jeweils mehrere Stufen, von denen jede eine in Umfangsrichtung verlaufende Anordnung fester stationärer Leitschaufeln 120 aufweist,

die allgemein als Statorschaufeln bezeichnet werden und die radial nach innen vom Triebwerksgehäuse 121 in einem ringförmigen Strömungskanal durch die Kompressoren 113, 114 vorstehen. Die Kompressoren weisen weiter eine Anordnung von Kompressorlaufschaufeln 122 auf, die radial nach außen von einer drehbaren Trommel oder Scheibe 125 vorstehen, die mit Naben 126 der Hochdruckturbine 116 bzw. der Mitteldruckturbine 117 gekoppelt sind.

**[0020]** Die Turbinenabschnitte 116, 117, 118 weisen ähnliche Stufen auf, umfassend eine Anordnung von festen Leitschaufeln 123, die radial nach innen vom Gehäuse 121 in den ringförmigen Strömungskanal durch die Turbinen 116, 117, 118 vorstehen, und eine nachfolgende Anordnung von Turbinenschaufeln 124, die nach außen von einer drehbaren Nabe 126 vorstehen. Die Kompressorstrommel oder Kompressorscheibe 125 und die darauf angeordneten Schaufeln 122 sowie die Turbinenrotornabe 126 und die darauf angeordneten Turbinenlaufschaufeln 124 drehen sich im Betrieb um die Triebwerksmittelachse 101.

**[0021]** Die Fig. 2 zeigt eine Längs-Schnittansicht einer aus dem Stand der Technik bekannten Brennkammerwand in vergrößerter Darstellung. Dabei ist eine Brennkammer 1 mit einer Mittelachse 9 dargestellt, welche einen Brennkammerkopf 3, eine Grundplatte 8 und ein Hitzeschild 2 umfasst. Eine Brennerdichtung ist mit dem Bezugszeichen 4 versehen. Die Brennkammer 1 weist eine äußere kalte Brennkammerwand 7 auf, an welcher eine innere, heiße Brennkammerwand 6 befestigt ist. Zur Zuführung von Mischluft sind Mischluftlöcher 5 vorgesehen. Auf die Darstellung von Prallkühlöchern und Effusionslöchern wurde der Übersichtlichkeit halber verzichtet.

**[0022]** Die innere Brennkammerwand 6 ist mit Bolzen 13 versehen, welche als Gewindebolzen ausgeführt sind und mittels Muttern 14 verschraubt sind. Die Lagerung der Brennkammer 1 erfolgt über Brennkammerflansche 12 und Brennkammeraufhängungen 11.

**[0023]** Aus dem Stand der Technik bekannte Brennkammerwände, welche aus Blech gefertigt sind, weisen üblicherweise eine konstante Dicke im Bereich von 0,9 bis 1,6 mm auf, während Brennkammerwände, die als Gussteile gefertigt werden, Wanddicken zwischen 1,2 und 2,5 mm aufweisen.

**[0024]** Die Fig. 3 und 4 zeigen in einer schematischen Seitenansicht einer Brennkammerwand die Anordnung von Mischluftlöchern. Die Fig. 3 zeigt beispielsweise die Zuordnung von Mischluftlöchern, wie diese aus dem Stand der Technik bekannt sind. Es versteht sich, dass die Änderung der Wanddicke und damit der Steifigkeit der Brennkammerwand von der Anordnung und dem Muster der Mischluftlöcher abhängen. Dabei ist insbesondere der Axialabstand und der Umfangsabstand der Mischluftlöcher zu berücksichtigen. Weiterhin spielen die jeweiligen Durchmesser der Mischluftlöcher eine Rolle.

**[0025]** Die größere Dicke (W) der Brennkammer (6, 7) ist mit einer Wandstärke ausgebildet, wobei die maxima-

le Wandstärke nach folgender Gleichung berechnet wird:

$$W_{\max} = C * \sqrt{(A - Sr) / A} * W_0$$

Mit

$W_{\max}$ : maximale Wandstärke

$W_0$ : nominale Wandstärke

A: Abstand der Lochmitten benachbarter Löcher

Sr: Summe der Lochradien benachbarter Löcher

C: Wirkfaktor 0,7..1,3: vom Konstrukteur zu wählen, basierend auf früheren Erfahrungen. Dieser Faktor kann für unterschiedliche Anwendungen (je nach Erfahrung) andere Werte annehmen.

**[0026]** Es ergibt sich somit beispielsweise für einen Wirkfaktor=1 folgende Handlungsanweisung:

Unterschreitet die verbleibende Stegbreite zwischen benachbarten Mischluftlöchern die Summe der Durchmesser der beiden Mischluftlöcher um mehr als 20%, so wird die Wandstärke um mindestens 27% erhöht.

**[0027]** Unterschreitet die verbleibende Stegbreite zwischen benachbarten Mischluftlöchern den Mittelwert der Durchmesser der beiden Mischluftlöcher, so wird die Wandstärke im Wesentlichen um 41 % erhöht.

**[0028]** Unterschreitet die verbleibende Stegbreite zwischen benachbarten Mischluftlöchern den Mittelwert der Radien der beiden Mischluftlöcher, so wird die Wandstärke im Wesentlichen um 73% erhöht.

**[0029]** Hierbei ist es unerheblich, ob die geringste Stegbreite zwischen den Mischluftlöchern einer Reihe oder zwischen den Mischluftlöchern benachbarter Reihen auftritt. Dies legt nur die axiale Position der maximalen Wandstärke fest. Liegt die geringste Stegbreite zwischen den Mischluftlöchern einer Reihe, so liegt das Maximum der Wandstärke an der axialen Position der Achsen der Mischluftlochreihe. Liegt die minimale Stegbreite zwischen Mischluftlöchern benachbarter Mischluftlochreihen, dann liegt die maximale Wandstärke zwischen den Mittelachsen der beiden Reihen der Mischluftlöcher im Wesentlichen in der Mitte zwischen den Reihen.

**[0030]** Die axiale Erstreckung der Aufdickung für eine Mischluftlochreihe wird im Wesentlichen auf den Bereich zwischen einem Lochdurchmesser stromauf und einem Lochdurchmesser stromab beschränkt.

**[0031]** Die axiale Erstreckung der Aufdickung für zwei Mischluftlochreihen wird auf den Bereich zwischen einem Lochdurchmesser der stromaufliegenden Mischluftlochreihe stromauf und einem Lochdurchmesser der stromabliegenden Mischluftlochreihe stromab beschränkt.

**[0032]** Sind unterschiedliche Mischluftlochdurchmesser in einer Reihe vorhanden, so gilt für diese Begren-

zungen der größte Durchmesser der jeweiligen Lochreihe.

**[0033]** Zur Vereinfachung der Fertigung kann die Erhöhung der Wandstärke in einer Rampe vor dem die Dicke bestimmenden Ligament erfolgen, gefolgt von einem Bereich konstant hoher Wandstärke im Bereich der Mischluftlöcher und einer Rampe zurück zu einer geringeren Wandstärke, welche dann im Wesentlichen bis kurz vor Ende der Brennkammer beibehalten wird. Hierbei muss die im Wesentlichen konstante Wandstärke vor der Mischluftlochreihe nicht identisch sein mit der im Wesentlichen konstanten Wandstärke stromab hiervon. Hierdurch werden die Übergänge in der Wandstärke fließend gestaltet, um Spannungsspitzen durch Querschnittsprünge zu vermeiden.

**[0034]** Erfindungsgemäß ist es beispielsweise möglich, die Blechdicke der äußeren, kalten Brennkammerwand 7 von 1,2 mm auf 1,6 mm zu erhöhen, während die Dicke einer als Gussteil ausgebildeten, inneren, heißen Brennkammerwand 6 im Bereich der Mischluftlöcher von 1,4 mm auf 2 mm erhöht wird. Somit ist es möglich, bei bekannten Mustern oder Anordnungen von Mischluftlöchern 5 durch eine Verdickung der Wandstärke eine Änderung der Steifigkeit so zu erreichen, dass die ohne die Verdickung auftretende Schwächung der Wandung kompensiert wird.

**[0035]** Die Fig. 4 verdeutlicht eine erfindungsgemäß mögliche Ausgestaltung, bei welcher die beiden Mischluftlochreihen in Umfangsrichtung erheblich angenähert sind oder sich fast überdecken. Ohne eine Erhöhung der Wanddicke, so wie dies erfindungsgemäß vorgesehen ist, würde die Schwächung der Brennkammerwand weiter erhöht. Erfindungsgemäß erfolgt somit in diesem Bereich eine stärkere Aufdickung, so wie es nachfolgend in Verbindung mit den Fig. 5 und 6 beschrieben wird. Beispielsweise kann eine Blechdicke einer Brennkammerwand von 1,2 mm auf 1,8 mm erhöht werden. Die Wandstärke eines Gussteils von 1,4 mm kann erfindungsgemäß beispielsweise im Bereich der Überschneidung der Mischluftlöcher auf 2,5 mm erhöht werden.

**[0036]** Die Erfindung ist, wie erwähnt, sowohl bei einwandigen als auch zweiwandigen Brennkammern einsetzbar. Bei einer einwandigen Brennkammer wird beispielsweise die Wandstärke des Blechs im Bereich der Mischluftlöcher erhöht oder es wird der angrenzende, nicht mit Mischluftlöchern versehene Bereich durch Abstreckdrücken in seinem Querschnitt verringert. Durch das Abstreckdrücken erfolgt eine Abkehr von standardisierten Blechdicken hin zu einer an die lokalen Erfordernisse angepassten Wandstärke. Durch Abstreckdrücken erzeugte Bauteile mit lokal angepasster Wandstärke sind kostengünstiger herstellbar als Bauteile, welche aus mehreren Blechen, Schmiede- oder Gussteilen gefügt werden. Bei einer mehrschichtigen Wandkonstruktion der Brennkammerwand, welche beispielsweise als Kasette oder durch Fügen von laminierten Blechen hergestellt wird, ist es erfindungsgemäß möglich, die Wandstärke im Bereich der Mischluftlöcher analog den lokalen

Erfordernissen anzupassen.

**[0037]** Die Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht einer Brennkammer analog der Fig. 2. In Fig. 2 ist im oberen Teil der Abbildung als Diagramm die Wandstärke  $W$  über die Länge der Brennkammerwand aufgetragen. Daraus ergibt sich, dass die Brennkammerwand eine konstante Wandstärke  $W$  über ihre gesamte Länge aufweist. Im Vergleich hierzu ist bei dem in Fig. 5 gezeigten Ausführungsbeispiel im Bereich der Mischluftlöcher 5 eine Verdickung der Wand und somit eine größere Wandstärke vorgesehen, so wie sich dies aus dem Diagramm in der oberen Hälfte der Abbildung der Fig. 5 ergibt.

**[0038]** Die Fig. 5 zeigt in der Schnittansicht eine Konstruktion, bei welcher sowohl die äußere, kalte Brennkammerwand 7, als auch die innere, heiße Brennkammerwand 8 verdickt ausgebildet sind. Hierdurch wird die Abnahme des hinsichtlich der Festigkeit zur Verfügung stehenden Querschnitts der beiden Brennkammerwände 7, 8 durch die Verdickung ausgeglichen.

**[0039]** Die Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel in einer Darstellung analog Fig. 5. Dabei ist ersichtlich, dass zusätzlich zu der in Fig. 5 vorgesehenen Verdickung oder Erhöhung der Wandstärke im Bereich zwischen den Mischluftlöchern 5 bzw. im Bereich deren Überdeckung (s. auch Fig. 4) eine nochmalige Erhöhung der Wandstärke oder Wanddicke erfolgt. Dies ergibt sich insbesondere auch aus dem Diagramm in der oberen Hälfte der Darstellung der Fig. 6.

Bezugszeichenliste:

**[0040]**

1	Brennkammer
2	Hitzeschild
3	Brennkammerkopf
4	Brennerdichtung
5	Mischluft
6	innere, heiße Brennkammerwand/Segment/Schindel
7	äußere, kalte Brennkammerwand
8	Grundplatte
9	Mittelachse
10	Dichtlippe
11	Brennkammeraufhängung
12	Brennkammerflansch
13	Bolzen
14	Mutter
101	Triebwerksmittelachse
110	Gasturbinetriebwerk / Kerntriebwerk
111	Lufteinlass
112	Fan
113	Mitteldruckkompressor (Verdichter)
114	Hochdruckkompressor
115	Brennkammer
116	Hochdruckturbine
117	Mitteldruckturbine
118	Niederdruckturbine

119	Abgasdüse
120	Leitschaufeln
121	Triebwerksgehäuse
122	Kompressorlaufschaufeln
5	123 Leitschaufeln
	124 Turbinenschaufeln
	125 Kompressortrommel oder -Scheibe
	126 Turbinenrotornabe
	127 Auslasskonus
10	W Wandstärke / Wanddicke

**Patentansprüche**

1. Gasturbinenbrennkammer mit zumindest einer Brennkammerwand (6, 7), in welcher in einem vorgegebenen Bereich, welcher sich ringförmig, bezogen auf eine Mittelachse der Brennkammer, in einem mittleren Bereich der Brennkammer um diese erstreckt, Mischluftlöcher (5) ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (6, 7) im ringförmigen Bereich der Mischluftlöcher (5) eine größere Dicke ( $W$ ) aufweist, als in den nicht mit Mischluftlöchern (5) versehenen Bereichen.
2. Gasturbinenbrennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (6, 7) in allen Bereichen, insbesondere in Längsrichtung, bezogen auf die Durchströmungsrichtung der Brennkammer (1), eine im Wesentlichen konstante Steifigkeit aufweist.
3. Gasturbinenbrennkammer nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die größere Dicke ( $W$ ) der Brennkammer (6, 7) mit einer Wandstärke ausgebildet ist, wobei die maximale Wandstärke nach folgender Gleichung berechnet wird:
 
$$W_{\max} = C * \sqrt{(A - Sr) / A} * W_0$$

$W_{\max}$ : maximale Wandstärke  
 $W_0$ : nominale Wandstärke  
 $A$ : Abstand der Lochmitten benachbarter Löcher  
 $Sr$ : Summe der Lochradien benachbarter Löcher  
 $C$ : Wirkfaktor 0,7..1,3
4. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (6, 7) einschichtig ausgebildet ist.
5. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (6, 7) zweischichtig ausgebildet

ist und zumindest eine der Brennkammerwände (6, 7) im Bereich der Mischluftlöcher (5) mit einer größeren Wanddicke versehen ist.

6. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (6, 7) als Gussteil gefertigt ist. 5
7. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (6, 7) mittels eines generativen Verfahrens gefertigt ist. 10
8. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (6, 7) aus konturierten Blechmaterialien gefertigt ist. 15
9. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammerwand (6, 7) aus einem faserverstärkten Keramikmaterial gefertigt ist. 20

25

30

35

40

45

50

55

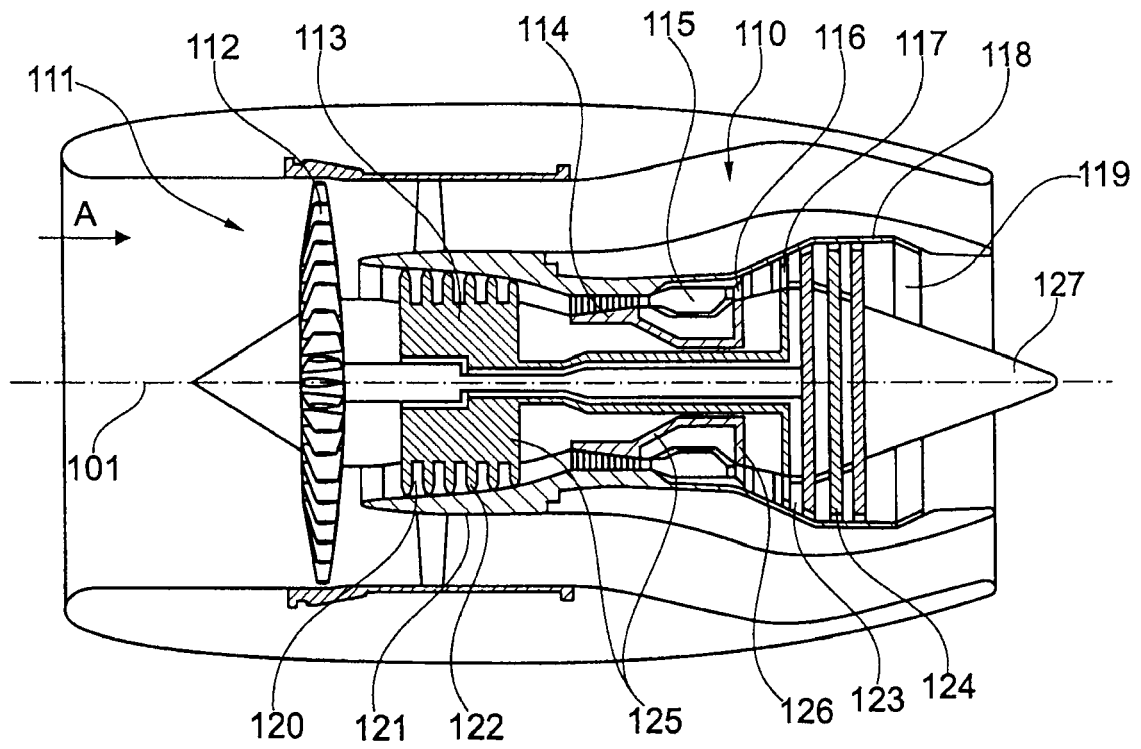
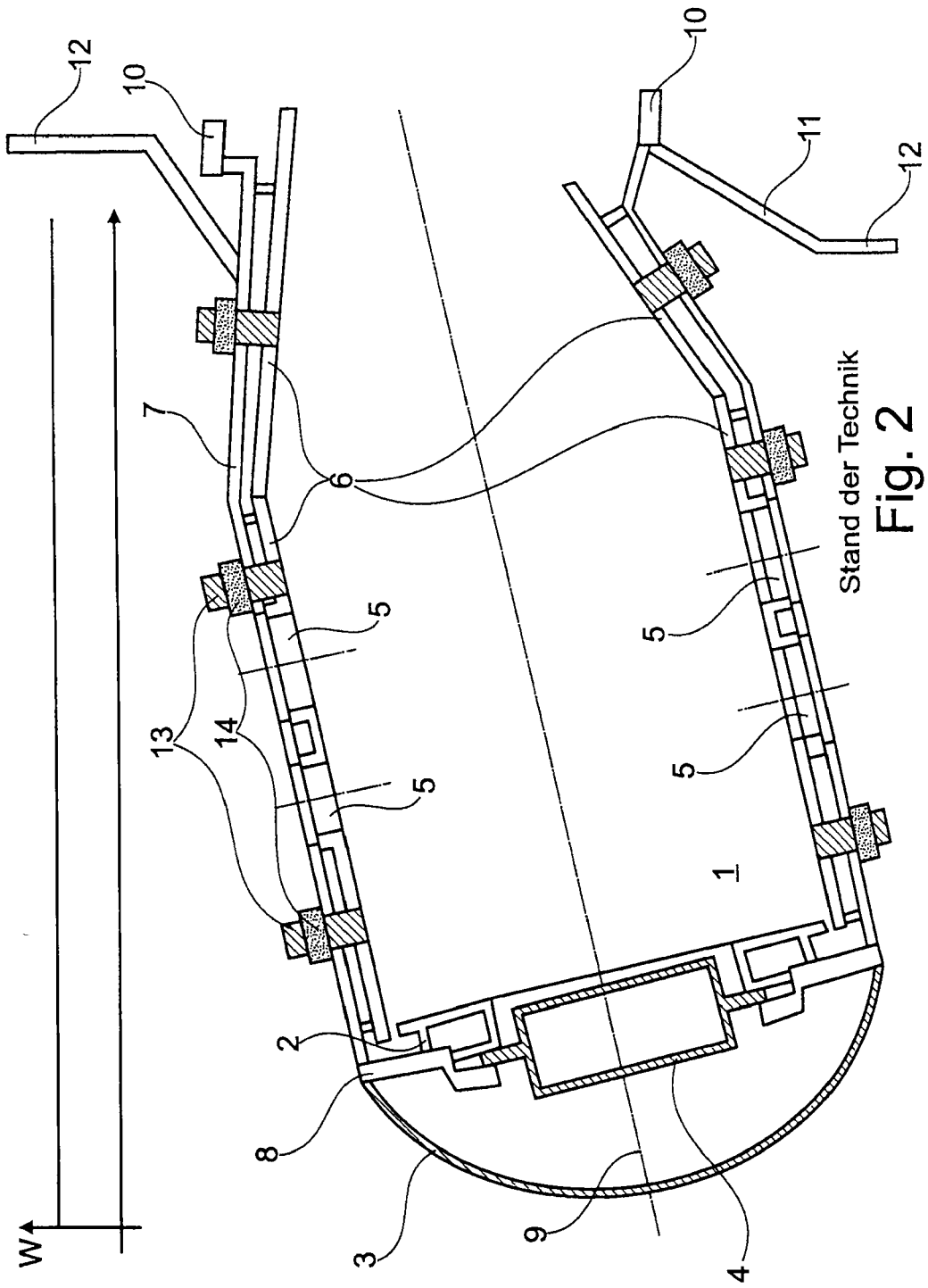


Fig. 1



Stand der Technik  
Fig. 2

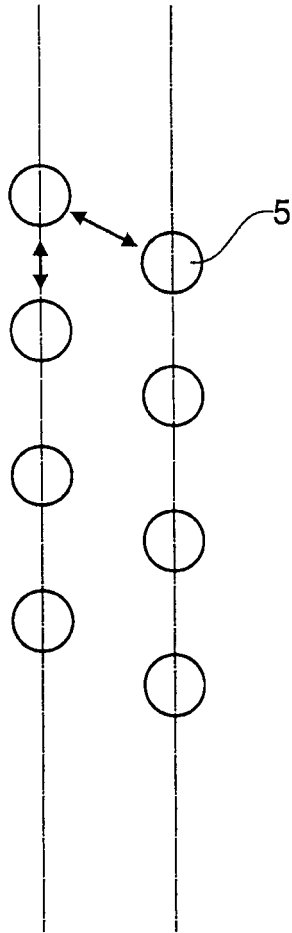


Fig. 3

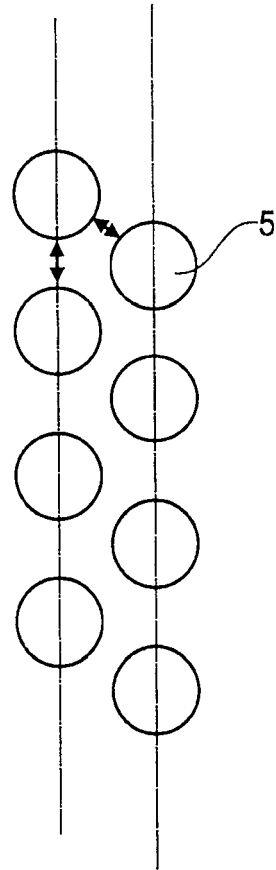


Fig. 4



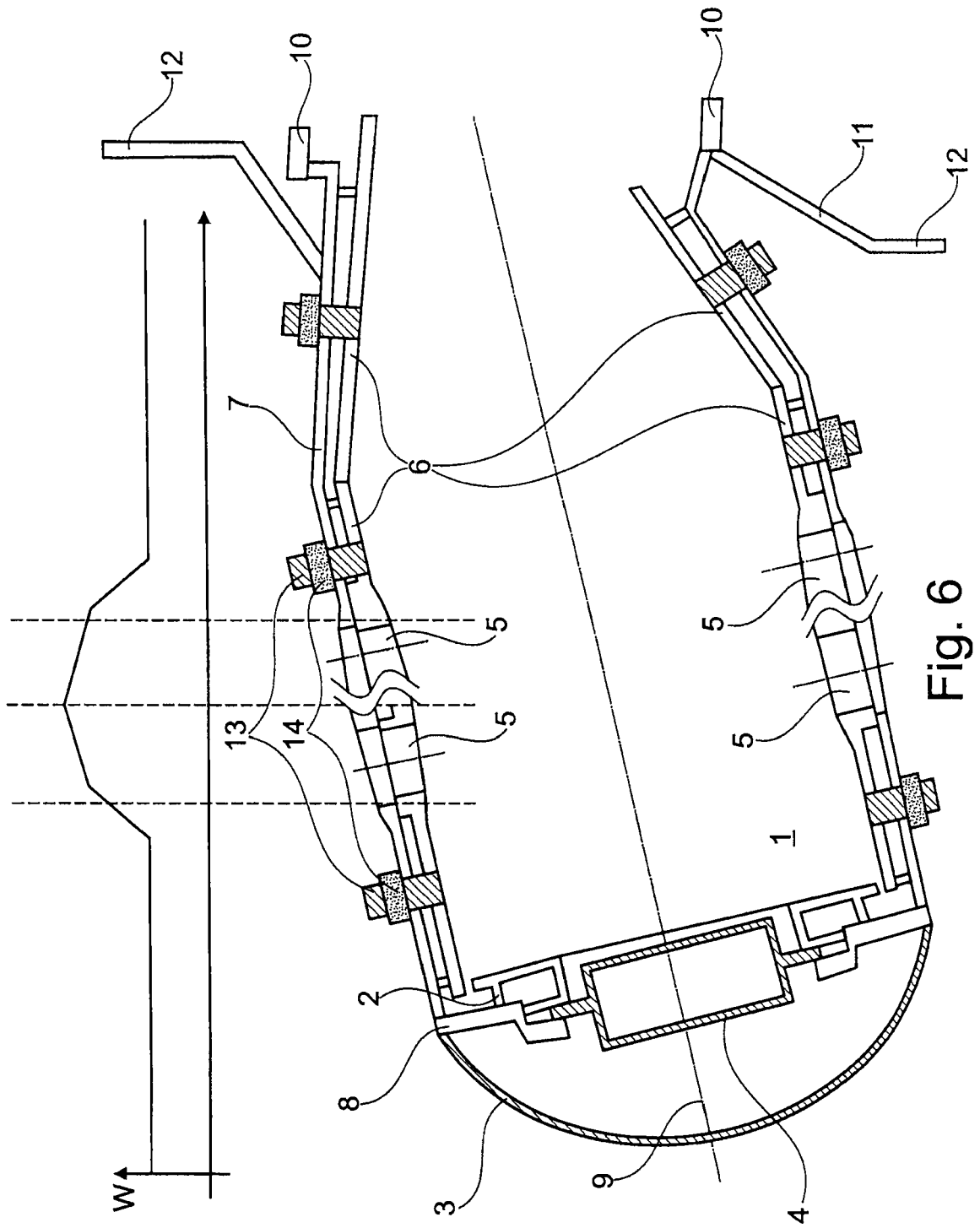


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 15 19 8122

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2014/160299 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 2. Oktober 2014 (2014-10-02) * Seite 5, Absatz 36 - Seite 15, Absatz 68 * * Abbildungen 1-10 *	1,5-7,9	INV. F23R3/00 F23R3/06 F23R3/50
X	US 2012/240584 A1 (BERDOU CAROLINE JACQUELINE DENISE [FR] ET AL) 27. September 2012 (2012-09-27) * das ganze Dokument *	1,4,8	
X	US 2003/131603 A1 (BOLENDER LYNN MARIE [US] ET AL) 17. Juli 2003 (2003-07-17) * Seite 1, Absatz 17 - Seite 2, Absatz 35 * * Abbildungen 1-9 *	1,4	
X	WO 03/042597 A1 (SIEMENS AG [DE]; LIEBE ROLAND [DE]) 22. Mai 2003 (2003-05-22) * Seite 8, Zeile 35 - Seite 12, Zeile 19 * * Abbildungen 1-5 *	1,4,8	
A	US 2004/074239 A1 (TIEMANN PETER [DE]) 22. April 2004 (2004-04-22) * das ganze Dokument *	1,2,5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23R
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>21. April 2016</b>	Prüfer <b>Rudolf, Andreas</b>
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 15 19 8122

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

21-04-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014160299 A1	02-10-2014	EP 2971973 A1	20-01-2016
		US 2016040879 A1	11-02-2016
		WO 2014160299 A1	02-10-2014
-----			
US 2012240584 A1	27-09-2012	BR 112012014057 A2	12-04-2016
		CA 2782661 A1	16-06-2011
		CN 102782410 A	14-11-2012
		EP 2510284 A1	17-10-2012
		FR 2953907 A1	17-06-2011
		JP 5718935 B2	13-05-2015
		JP 2013513777 A	22-04-2013
		RU 2012129209 A	20-01-2014
		US 2012240584 A1	27-09-2012
		WO 2011070273 A1	16-06-2011
-----			
US 2003131603 A1	17-07-2003	CN 1432762 A	30-07-2003
		EP 1329669 A2	23-07-2003
		JP 4201606 B2	24-12-2008
		JP 2003232520 A	22-08-2003
		US 2003131603 A1	17-07-2003
-----			
WO 03042597 A1	22-05-2003	EP 1312865 A1	21-05-2003
		EP 1446614 A1	18-08-2004
		JP 2005509827 A	14-04-2005
		US 2004250549 A1	16-12-2004
		WO 03042597 A1	22-05-2003
-----			
US 2004074239 A1	22-04-2004	CN 1497218 A	19-05-2004
		EP 1413831 A1	28-04-2004
		JP 4347657 B2	21-10-2009
		JP 2004144466 A	20-05-2004
		US 2004074239 A1	22-04-2004
-----			

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**

- EP 1528322 A2 [0004]
- EP 1795809 A2 [0004]
- US 20020116929 A1 [0004]