

(19)



(11)

**EP 3 006 672 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**13.04.2016 Patentblatt 2016/15**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/20<sup>(2006.01)</sup> F01D 11/08<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14188515.2**

(22) Anmeldetag: **10.10.2014**

(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**

(72) Erfinder:  
• **Schatz, Markus**  
**71229 Leonberg (DE)**  
• **Vogt, Damian, Prof.Tekn.Dr.**  
**70771 Leinfelden-Echterdingen (DE)**

(71) Anmelder: **Universität Stuttgart**  
**70174 Stuttgart (DE)**

(74) Vertreter: **Schmid, Wolfgang**  
**Lorenz & Kollegen**  
**Patentanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Alte Ulmer Strasse 2**  
**89522 Heidenheim (DE)**

(54) **Vorrichtung zur Beeinflussung der Strömung in einer Turbomaschine**

(57) Eine Vorrichtung (10) zur Beeinflussung der Strömung in einer Turbomaschine (1) weist ein Gehäuse (1a) und wenigstens einen, mehrere Schaufeln (15) aufweisenden, innerhalb des Gehäuses (1a) rotierenden

Schaufelkranz (9) auf. Zwischen dem Gehäuse (1a) und dem Schaufelkranz (9) befindet sich ein um den Umfang des Schaufelkranzes (9) eine diskontinuierliche Höhe aufweisender Spalt (11).

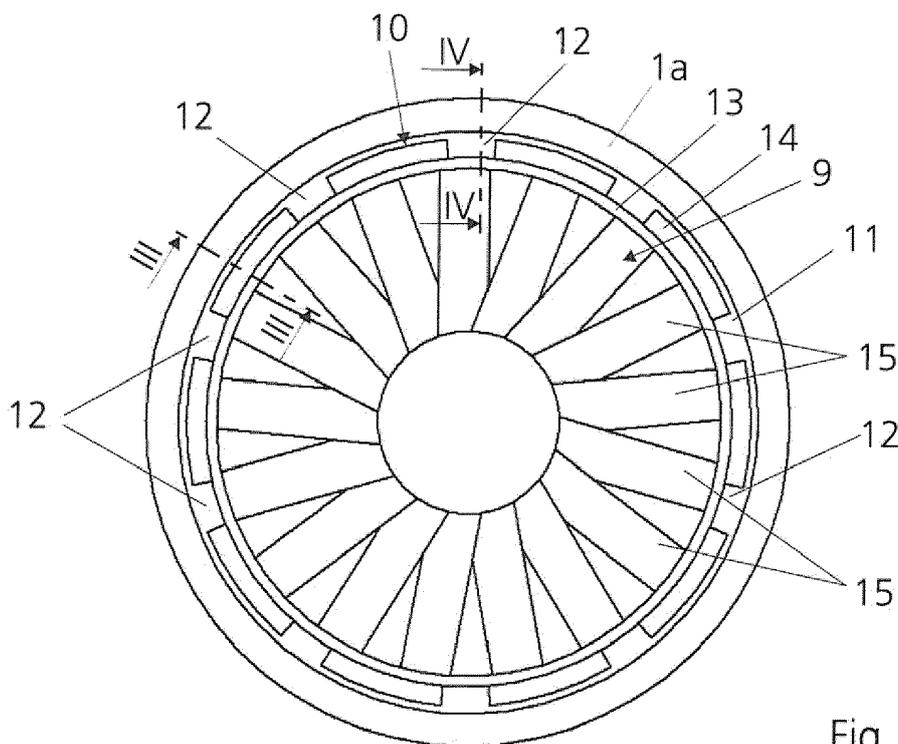


Fig. 2

**EP 3 006 672 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Beeinflussung der Strömung in einer Turbomaschine, mit einem Gehäuse und mit wenigstens einem, mehrere

**[0002]** Der Begriff "Turbomaschine" im Sinne der vorliegenden Patentanmeldung umfasst Turbinen und Verdichter. Am Ausgang von Turbinen werden häufig Diffusoren eingesetzt, die die Aufgabe haben, die Strömung am Austritt der Turbine zu verzögern, um auf diese Weise die in diesem Bereich noch vorhandene kinetische Energie der Strömung, beispielsweise einer Luft- oder Dampfströmung, in potenzielle Energie in Form von statische Druck umzuwandeln, was als Druckrückgewinn bezeichnet wird. Um dies zu erreichen, wird bei bekannten Lösungen der Strömungsquerschnitt vom Eintritt des Diffusors in Richtung seines Austritts erweitert. Durch diese Vergrößerung des Querschnitts des Diffusors wird eine Verzögerung der Strömung erreicht. Der Diffusor bewirkt ein Absinken des Gegendrucks am Austritt, so dass ein höheres Enthalpiegefälle zur Verfügung steht, d. h. mehr Arbeit umgesetzt und dadurch der Wirkungsgrad der Turbine gesteigert wird.

**[0003]** Ein maximaler Druckrückgewinn bei einem Diffusor wird bei einem Öffnungswinkel erreicht, bei dem gerade noch keine Strömungsablösung auftritt. Eine solche Strömungsablösung kann dadurch entstehen, dass die Grenzschicht an der Wand des Diffusors mit zunehmender Lauflänge immer mehr an Energie verliert und gleichzeitig durch die Verzögerung der Strömung ein Druckanstieg auftritt, was innerhalb der Grenzschicht eine Strömungsumkehr und damit eine Ablösen der Strömung von der Wand bewirken kann. Eine Vergrößerung des Öffnungswinkels der Turbine erhöht das Risiko einer Strömungsablösung. Das Auftreten von Strömungsablösungen führt zu großflächigen Rückströmungen innerhalb des Diffusors, was letztendlich eine nicht ausreichende Verzögerung der Strömung zur Folge hat. Hierdurch wird der Druckrückgewinn verringert und kann teilweise sogar negativ ausfallen. Die beschriebenen, im Falle einer Strömungsablösung auftretenden Rückströmgebiete sind meist nicht stationär, sondern können erhebliche Druck- und Geschwindigkeitsfluktuationen innerhalb des Diffusors auslösen, was auch zu strukturellen Problemen innerhalb des Diffusors führen kann.

**[0004]** Aufgrund der beschriebenen Risiken werden Diffusoren heutzutage meist sehr vorsichtig ausgelegt, indem der Diffusor entweder recht lang ist oder einen geringen Öffnungswinkel aufweist, wodurch ein geringerer Druckrückgewinn in Kauf genommen wird. Dies führt jedoch entweder zu sehr hohen Kosten oder zu einem nicht optimalen Wirkungsgrad der Turbine.

**[0005]** Da Turbinen in Kraftwerken aufgrund der stark

fluktuierenden Einspeisung von regenerativen Energien meist in einem sehr breiten Lastbereich von sehr niedriger Teillast bis hin zu extremer Überlast gefahren werden, kann das Auftreten von Strömungsablösungen im Diffusor auf der Grundlage der geometrischen Parameter, also der Länge und des Flächenverhältnisses zwischen Eintritt und Austritt, kaum vermieden werden. Dies ist ein weiterer Grund, weshalb Diffusoren häufig sehr vorsichtig bzw. konservativ ausgelegt werden, um einen Kompromiss zwischen einem möglichst hohen Druckrückgewinn, einem großen Betriebsbereich und einer wirtschaftlich akzeptablen Länge des Diffusors zu erreichen.

**[0006]** Aus dem allgemeinen Stand der Technik sind verschiedene Ansätze zur passiven Beeinflussung der Strömung in Turbinen bekannt, die insbesondere eine Energetisierung der Grenzschicht im Bereich des Diffusors bewirken sollen, indem künstlich Wirbel erzeugt werden oder der Turbulenzgrad der Strömung erhöht wird, wodurch ein verstärkter Austausch von Energie und Impuls zwischen der Hauptströmung und der Grenzschicht stattfindet. Diese passiv arbeitenden Verfahren haben jedoch den Nachteil, dass sie sich ständig im Strömungskanal befinden und daher in denjenigen Betriebsbereichen, in denen der Diffusor stabil arbeitet, zusätzliche Verluste verursachen. Ein Beispiel hierfür ist in "Improving curved subsonic diffuser performance with vortex generators" von B. A. Reichert und B. J. Wendt in AIAA-Journal 34(1), 1996 beschrieben.

**[0007]** Des Weiteren ist aus "Control of Separation in a conical diffuser by vortex generator jets" von M. Nishi, Y. Kouichi und M. Keisuke in JSME Series B, 41(1), 1998 ein aktives Verfahren bekannt, bei dem in den Diffusor zusätzlich ein Arbeitsfluid, z.B. Luft, eingeblasen wird, um die Grenzschicht zu energetisieren bzw. um den Turbulenzgrad zu erhöhen. Das Problem des zusätzlichen Einblasens von Arbeitsfluid ist jedoch, dass dieses innerhalb der Turbine und insbesondere bei Gasturbinenanlagen dem Verdichter entnommen werden muss. Da dieser dem Verdichter entnommene Massenstrom jedoch nicht an der Arbeitsumsetzung teilnimmt, verringert sich auf diese Weise die Leistungsabgabe der Turbine und damit der Wirkungsgrad. Hinzu kommt, dass die aktiven Verfahren meist auch relativ energieintensiv und kostspielig sind.

**[0008]** Eine gattungsgemäße Vorrichtung und eine entsprechende Turbine sind aus der US 2012/0102956 A1 bekannt. Hierbei ist zwischen dem Gehäuse und den Turbinenschaufeln ein Spalt mit einer Breite von 90 bis 150 mm vorgesehen, durch den eine Leckströmung erzeugt werden soll, um eine Grenzschicht entlang einer äußeren Wandung eines nachfolgenden Diffusors zu energetisieren.

**[0009]** Eine Erhöhung des Spaltmassenstroms durch die Vergrößerung des Spalts zwischen Laufschaufeln und Gehäuse, wie dies in der US 2012/0102956 A1 beschrieben ist, kann zwar zur Stabilisierung des Diffusors beitragen, da der Spaltmassenstrom nicht an der Arbei-

itsumsetzung innerhalb der Leitschaufel teilnimmt und da es zu einer Interaktion zwischen der Hauptströmung und der Spaltströmung kommen kann, kann dies jedoch auch zu einem Wirkungsgrad- und Leistungsabfall der Turbine führen. Durch den bei dieser Lösung vorhandenen, verhältnismäßig großen Spalt, der zu einer sehr hohen Leckströmung führt, vereingert sich der Wirkungsgrad der Turbine in den meisten Anwendungsbereichen. Diese Verluste durch den Spaltmassenstrom überwiegen den höheren Druckrückgewinn im Diffusor bei weitem. Einen ähnlichen Stand der Technik beschreibt auch "A Trade-Off Study of Rotor Tip Clearance Flow in a Turbine/Exhaust Diffuser System" von S. Farokhi in ASME-Paper No. 87-GT-214, 1989.

**[0010]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Beeinflussung der Strömung in einer Turbomaschine zu schaffen, mit der Strömungsablösungen vermieden und der Wirkungsgrad der Turbomaschine verbessert werden kann.

**[0011]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die in Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

**[0012]** Durch den erfindungsgemäßen, um den Umfang des Schaufelkranzes eine diskontinuierliche Höhe aufweisenden Spalt wird eine lokale Erhöhung des Spaltstroms über den Schaufelkranz erreicht. Im Falle eines dem Schaufelkranz der Turbomaschine nachgeordneten Diffusors kann dadurch die Energetisierung der Grenzschicht an der Wandung des Diffusors, also das Einbringen von Energie in diese Grenzschicht, verbessert werden, was zu einer Stabilisierung der Grenzschichtströmung führt und letztendlich höhere Druckrückgewinne bzw. eine Verkürzung des Diffusors bei konstantem Druckrückgewinn ermöglicht. Die erfindungsgemäße Lösung erlaubt es damit, deutlich "aggressivere", d. h. bei gleichem Verhältnis von Eintritts- zu Austrittsfläche, kürzere Diffusoren zu bauen, so dass die Anlagenkosten deutlich reduziert werden können. Des Weiteren kann durch den erfindungsgemäßen Spalt die Entstehung großer Rückströmgebiete in einem dem Schaufelkranz nachgeordneten Bereich vermieden werden, welche ansonsten durch niederfrequente Pulsationen strukturelle Probleme verursachen können.

**[0013]** Dadurch, dass die Höhe des Spalts um den Umfang des Schaufelkranzes diskontinuierlich ist, kann in den Bereichen, in denen der Spalt eine größere Höhe aufweist, ein ausreichend großer Massenstrom erreicht werden, der die oben beschriebene Energetisierung der Grenzschicht sicherstellt, wobei gleichzeitig durch die Beschränkung eines solchen Spalts auf einzelne Abschnitte des Umfangs des Schaufelkranzes ein zu hoher Spaltverlust, der den Wirkungsgrad der Turbomaschine zu stark verringern würde, vermieden wird. Auf diese Weise wird auch ein geeignetes Geschwindigkeitsverhältnis des Spaltstroms zum Hauptmassenstrom erreicht. Da die aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen im Gegensatz zu der erfindungsgemäßen Lösung einen um den Umfang des Schaufelkranzes gleichmäßig breiten Spalt aufweisen, tritt bei denselben ent-

weder ein zu geringer Massenstrom, mit dem eine Energetisierung der Grenzschicht nicht erreicht werden kann, oder eine zu starke Verringerung des Wirkungsgrads der Turbomaschine auf.

**[0014]** Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass aufgrund des verhältnismäßig großen Spalts in bestimmten Abschnitten am Umfang des Schaufelkranzes das Problem der Fertigungstoleranzen sowie der Längung der Turbinenschaufeln und der damit verbundenen Größenänderung des Spalts umgangen werden kann.

**[0015]** Ein anderes, allgemein bekanntes Problem bei Turbomaschinen ist das Flattern der Schaufeln, insbesondere wenn Schaufelkränze ohne Deckbänder eingesetzt werden. Dieses Schaufelflattern kann sowohl bei in Verdichtern als auch bei in Turbinen eingesetzten Schaufelkränzen auftreten.

**[0016]** Im Falle des Einsatzes der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem Verdichter oder einer Turbine kann eine ansonsten auftretende, zu einem Flattern der Turbinenschaufeln führende Interaktion von Strömung und Schaufeln vermieden werden. Durch die Veränderung der Spaltströmung in Umfangsrichtung und die damit einhergehende Variation der Spaltströmung ist es möglich, das Einschwingen einer solchen Wechselwirkung gezielt zu stören und damit zu unterbinden.

**[0017]** Eine konstruktiv sehr einfach zu realisierende Ausführungsform der Vorrichtung ergibt sich, wenn der die diskontinuierliche Höhe aufweisende Spalt durch Ausnehmungen an dem Schaufelkranz gebildet ist.

**[0018]** Dabei kann vorgesehen sein, dass der Schaufelkranz ein Deckband mit einer umlaufenden Dichtspitze aufweist, wobei die umlaufende Dichtspitze durch Ausnehmungen unterbrochen ist, um den die diskontinuierliche Höhe aufweisenden Spalt zu bilden. Eine solche Lösung lässt sich mit sehr geringem Aufwand in die Praxis umsetzen, wobei möglicherweise sogar Kosteneinsparungen gegenüber bekannten Lösungen möglich sind.

**[0019]** Alternativ dazu kann bei Schaufelkränzen ohne Deckband vorgesehen sein, dass der die diskontinuierliche Höhe aufweisende Spalt dadurch gebildet ist, dass zumindest eine der Schaufeln des Schaufelkranzes eine geringere Länge aufweist als eine andere Schaufel des Schaufelkranzes.

**[0020]** Eine andere, ebenfalls mit geringem Aufwand zu realisierende Ausführungsform der Erfindung kann darin bestehen, dass der Spalt durch Ausnehmungen an dem Gehäuse oder einem mit dem Gehäuse verbundenen Bauteil gebildet ist.

**[0021]** Um die Größe der Ausnehmungen während des Betriebs der Turbomaschine verändern zu können, kann des Weiteren vorgesehen sein, dass in dem Gehäuse ein drehbarer Ring gelagert ist, mit dem die Ausnehmungen zumindest teilweise verschließbar sind. Bei dieser Lösung weist das Gehäuse die Ausnehmungen auf, die dann mit dem drehbaren Ring, der ebenfalls Ausnehmungen aufweist, verschlossen werden können. Da-

durch lässt sich eine Steuerung bzw. eine Regelung des durch den erfindungsgemäßen Spalt strömenden Massenstroms erzielen.

**[0022]** Eine andere Ausführungsform kann darin bestehen, dass in dem Gehäuse ein drehbarer Ring gelagert ist, der die Ausnehmungen aufweist. Mit einer solchen Lösung ist eine Veränderung der Position der Ausnehmungen um den Umfang des Schaufelkranzes möglich, um in bestimmten Bereichen einen größeren oder kleineren Massenstrom zu erzeugen.

**[0023]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Gehäuse zwei gegeneinander verdrehbare Ringe aufweist, welche jeweils Ausnehmungen aufweisen, wobei wenigstens einer der Ringe drehbar an dem Gehäuse gelagert ist. Durch zwei solche, gegeneinander verdrehbare Ringe ist zum einen eine Beeinflussung der Größe der Ausnehmungen und zum anderen eine Beeinflussung der Position derselben um den Umfang des Schaufelkranzes möglich. Insbesondere wenn der mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgestatteten Turbomaschine ein Diffusor nachgeschaltet ist, kann ein solcher Diffusor in einem weiten Bereich optimal betrieben werden.

**[0024]** Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung kann darin bestehen, dass die Ausnehmungen um den Umfang des Gehäuses oder des Schaufelkranzes mit geringen Abweichungen gleich verteilt angeordnet sind. Grundsätzlich ermöglicht ein gleicher Abstand der Ausnehmungen zueinander eine gleichmäßige Verteilung der Bereiche mit einem erhöhten Spaltmassenstrom und den Umfang des Schaufelkranzes, was im Falle eines der Turbomaschine nachgeschalteten Diffusors zu einer gleichmäßigen Wirkungsweise desselben führt. Durch geringe Abweichungen von dieser Gleichverteilung der Ausnehmungen kann jedoch ein gegenseitiges Aufschwingen der Turbinenschaufeln verhindert werden.

**[0025]** Eine Turbomaschine mit einer erfindungsgemäßen, in einem Bereich vor einem Diffusor angeordneten Vorrichtung ist in Anspruch 10 angegeben. Aus Anspruch 11 ergibt sich eine Turbomaschine mit einer erfindungsgemäßen, in einem Verdichter- oder Turbinenabschnitt angeordneten Vorrichtung.

**[0026]** Nachfolgend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung prinzipmäßig dargestellt.

**[0027]** Es zeigt:

- Fig. 1 eine sehr schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Turbomaschine;
- Fig. 2 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie III-III aus Fig. 2;
- Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie IV-IV aus Fig. 2;
- Fig. 5 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 6 eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 7 eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Fig. 8 eine fünfte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0028]** Fig. 1 zeigt auf sehr schematische Art und Weise eine Turbomaschine 1, die im vorliegenden Fall als Gasturbine ausgebildet ist und ein Gehäuse 1a, eine Einlassöffnung 2 sowie eine Auslassöffnung 3 aufweist. In an sich bekannter Weise wird die Turbomaschine 1 in der mit "x" bezeichneten Richtung von einem Arbeitsfluid, beispielsweise einem Gas, durchströmt mit dem Ziel, eine in dem Gehäuse 1a gelagerte Welle 4 anzutreiben, um beispielsweise im Falle des Einsatzes der Turbomaschine 1 in einem Kraftwerk Strom zu erzeugen.

**[0029]** Wie ebenfalls an sich bekannt ist, weist die Turbomaschine 1 in der Strömungsrichtung x des Arbeitsfluids betrachtet einen Verdichterabschnitt 5, einen Turbinenabschnitt 6, einen sich an den Turbinenabschnitt 6 anschließenden Diffusor 7 und eine zwischen dem Verdichterabschnitt 5 und dem Turbinenabschnitt 6 angeordnete Brennkammer 8 auf. Der Verdichterabschnitt 5, der Turbinenabschnitt 6, der Diffusor 7 und die Brennkammer 8, die in Fig. 1 nur sehr schematisch angedeutet sind, sind von dem Gehäuse 1a umgeben. Sowohl der Verdichterabschnitt 5 als auch der Turbinenabschnitt 6 weisen eine Vielzahl von Schaufelkränzen 9 auf, die von dem durchströmenden Gas in Rotation versetzt werden und damit die Welle 4 antreiben. Da die grundsätzliche Wirkungsweise der Turbomaschine 1 bekannt ist, wird hierin nicht im Detail darauf eingegangen.

**[0030]** In den Figuren 2 bis 8 sind verschiedene Ausführungsformen einer Vorrichtung 10 dargestellt, die zur Beeinflussung der Strömung in der Turbomaschine 1 dienen. Sämtlichen Ausführungsformen der Vorrichtung 10 ist gemeinsam, dass sich zwischen dem Gehäuse 1a und dem Schaufelkranz 9 ein um den Umfang des Schaufelkranzes 9 eine diskontinuierliche Höhe aufweisender Spalt 11 befindet.

**[0031]** Bei der Ausführungsform von Fig. 2, die eine vereinfachte Vorderansicht eines Schaufelkranzes 9 zeigt, ist der Spalt 11 durch Ausnehmungen 12 an dem Schaufelkranz 9 gebildet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Schaufelkranz 9 ein Deckband 13 mit einer umlaufenden Dichtspitze 14 auf, die durch die Ausnehmungen 12 unterbrochen ist, um den Spalt 11 zu bilden. Die Dichtspitze 14 kann auf das Deckband 13 aufgesetzt oder einteilig mit demselben ausgeführt sein. Hierzu können aus dem Stand der Technik bekannte Lösungen zum Einsatz kommen. Die Ausnehmungen 12 in der Dichtspitze 14 können einfach durch Weglassen der Dichtspitze 14 oder auch durch Ausschneiden, Fräsen oder ähnliches hergestellt werden. Durch das Deckband 13 wird eine Versteifung einzelner Schaufeln 15 des

Schaufelkranzes 9 erreicht, von denen aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit in den Figuren einzelne weggelassen wurden. Das abwechselnde Vorhandensein der Dichtspitze 14 und der Ausnehmungen 12 in der Dichtspitze 14 führt zu der beschriebenen Diskontinuität der Höhe des Spalts 11.

**[0032]** Diese Diskontinuität der Höhe des Spalts 11 ist in den beiden Schnitten der Figuren 3 und 4 ebenfalls sehr deutlich zu erkennen. Während Fig. 3 einen Schnitt durch den Bereich zeigt, in dem die Dichtspitze 14 vorhanden ist und der Spalt 11 zwischen dem Schaufelkranz 9 und dem Gehäuse 1a eine geringe Höhe aufweist, zeigt Fig. 4 einen Schnitt durch einen Bereich des Schaufelkranzes 9, in dem die Dichtspitze 14 eine der Ausnehmungen 12 aufweist, so dass der Spalt 11 zwischen dem Schaufelkranz 9 und dem Gehäuse 1a sehr viel größer ist als in dem in Fig. 3 dargestellten Bereich. Während im dargestellten Ausführungsbeispiel die Ausnehmungen 12 jeweils eine derartige Größe aufweisen, dass die Dichtspitze 14 im Bereich der Ausnehmungen 12 nicht vorhanden ist, wäre es auch möglich, die Ausnehmungen 12 so auszuführen, dass die Dichtspitze 14 in dem Bereich der Ausnehmungen 12 eine geringere Höhe aufweist als in den Bereichen, in denen die Ausnehmungen 12 nicht vorhanden sind.

**[0033]** Die diskontinuierliche Höhe des Spalts 11 führt zu einem erhöhten Massenstrom in den Bereichen, in denen der Spalt 11 eine größere Breite bzw. Höhe aufweist als in den Bereichen, in denen er eine geringere Höhe aufweist. Durch diesen erhöhten Massenstrom durch den vergrößerten Spalt 11, der nicht durch den Schaufelkranz 9 strömt und damit nicht an der Arbeitsumsetzung innerhalb der Turbomaschine 1 teilnimmt, kann eine Verbesserung der Energetisierung der an dem Gehäuse 1a entlang und in den Diffusor 7 strömenden Grenzschicht erreicht werden. Durch das Bilden des Spalts 11 durch die Verringerung des Durchmessers des Schaufelkranzes 9 bzw. der Dichtspitze 14 des Schaufelkranzes 9 mittels der Aussparungen 12 bei der Ausführungsform von Fig. 2 ergibt sich ein mit der Rotation des Schaufelkranzes 9 innerhalb des dem Turbinenabschnitts 6 folgenden Diffusors 7 rotierender Spaltmassenstrom. Durch diese, einen gewissen Drall aufweisende Strömung wird der gesamte Diffusor 7 mit der veränderten Spaltströmung beaufschlagt. Dadurch wird eine ungleichmäßige Beaufschlagung des Diffusors 7 vermieden.

**[0034]** Bei der Ausführungsform von Fig. 5 ist der die diskontinuierliche Höhe aufweisende Spalt 11 durch eine Verkürzung einzelner Schaufeln 15 des Schaufelkranzes 9 gebildet, wodurch die Ausnehmungen 12 entstehen. Diese Variante bietet sich an, wenn der Schaufelkranz 9 das Deckband 13 nicht aufweist. Grundsätzlich kann es ausreichend sein, wenn zumindest eine der Schaufeln 15 des Schaufelkranzes 9 eine geringere Länge aufweist als eine andere Schaufel 15 des Schaufelkranzes 9. Es kann also eine andere als die dargestellte Anzahl der Schaufeln 15 verkürzt sein.

**[0035]** Bei der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform der Vorrichtung 10 ist der eine diskontinuierliche Höhe aufweisende Spalt 11 durch mehrere, jeweils voneinander beabstandete Ausnehmungen 16 am inneren Umfang des Gehäuses 1a gebildet. Auch auf diese Weise ergibt sich in den Bereichen, in denen der Spalt 11 aufgrund der Ausnehmungen 16 eine größere Höhe aufweist, ein größerer Massenstrom, der nicht durch den Schaufelkranz 9 hindurch, sondern zwischen dem Schaufelkranz 9 und dem Gehäuse 1a hindurchströmt und damit zu einer Energetisierung der Grenzschicht beiträgt. Im Gegensatz zu den Ausführungsformen von Fig. 2 und Fig. 5 ist dieser Massenstrom jedoch stationär, da die Ausnehmungen 16 sich stets an derselben Stelle befinden. Obwohl der Schaufelkranz 9 bei der Ausführungsform von Fig. 6 das Deckband 13 mit der Dichtspitze 14 aufweist, ist es auch möglich, einen Schaufelkranz 9 ohne das Deckband 13 einzusetzen.

**[0036]** In einer von der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform abgewandelten Ausführungsform der Vorrichtung 10 kann in dem Gehäuse 1a ein drehbarer Ring gelagert sein, der Ausnehmungen aufweist, mit denen die oben beschriebene diskontinuierliche Höhe des Spalts 11 erzeugt wird. Wenn dieser Ring stationär gehalten wird, bleiben auch die erhöhten Massenströme an denselben Stellen um den inneren Umfang des Gehäuses 1a. Durch Verdrehen des Rings ist es in diesem Fall jedoch möglich, die erhöhten Massenströme an anderen Stellen am inneren Umfang des Gehäuses 1a zu erzeugen.

**[0037]** Die in Fig. 7 dargestellte Ausführungsform der Vorrichtung 10 ist ebenfalls eine Weiterbildung der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform. Auch hier sind die Ausnehmungen 16 in dem Gehäuse 1a vorgesehen, um die diskontinuierliche Höhe des Spalts 11 zu erzeugen. Zusätzlich ist in dem Gehäuse 1a ein drehbarer Ring 17 gelagert, mit dem die Ausnehmungen 16 zumindest teilweise verschließbar sind. Der Ring 17 weist hierzu abwechselnd Ausnehmungen 17a und Vorsprünge 17b auf, so dass durch ein Verdrehen des Rings 17 die sich in dem Gehäuse 1a befindenden Ausnehmungen 16 verschlossen werden können. Je nach Größe der Ausnehmungen 17a bzw. der Vorsprünge 17b des Rings 17 in Fig. 7 können auf diese Weise die Ausnehmungen 16 vollständig geöffnet oder, wenn die Länge der Vorsprünge 17b des Rings 17 mindestens so groß ist wie die Länge der Ausnehmungen 16 in dem Gehäuse 1a, auch vollständig verschlossen werden. In einem solchen Fall würde der Spalt 11 um den gesamten Umfang dieselbe, geringe Höhe aufweisen. Durch den Ring 17 kann die Höhe des Spalts 11 im Bereich der Ausnehmungen 16 nur verringert und nicht vergrößert werden. Diese Ausnehmungen könnten in nicht dargestellter Weise auch in einem zweiten, ebenfalls gegenüber dem Gehäuse 1a verdrehbaren Ring vorgesehen sein. In diesem Fall wären also zwei gegenüber dem Gehäuse 1a verdrehbare Ringe vorgesehen. Durch entsprechendes Verdrehen der beiden Ringe gegeneinander kann dabei die Größe der sich

durch die Überdeckung der beiden Ausnehmungen ergebenden Gesamtausnehmung verändert werden.

[0038] Bei der Ausführungsform von Fig. 7 weist der Schaufelkranz 9 kein Deckband auf. Dennoch ist es auch möglich, einen Schaufelkranz 9 mit dem Deckband 13 einzusetzen. Eine solche Ausführungsform der Vorrichtung 10, die sich von der in Fig. 7 dargestellten Ausführungsform nur dadurch unterscheidet, dass das Deckband 13 vorgesehen ist, ist in Fig. 8 dargestellt.

[0039] Vorzugsweise sind die Ausnehmungen 12 bzw. 16 bzw. 17a um den Umfang des Gehäuses 1a bzw. des Schaufelkranzes 9 bzw. des Rings 17 mit geringen Abweichungen gleich verteilt angeordnet, sodass einerseits eine gleichmäßige Verteilung der Bereiche mit einem erhöhten Spaltmassenstrom und den Umfang des Schaufelkranzes 9 erreicht und andererseits ein gegenseitiges Aufschwingen der Schaufeln 15 verhindert werden kann.

[0040] Der beschriebene, eine diskontinuierliche Höhe aufweisende Spalt 11 zwischen dem Schaufelkranz 9 und dem Gehäuse 1a kann im Prinzip an jeder beliebigen Stelle der Turbomaschine 1 eingesetzt werden. Da der über den Schaufelkranz 9 und durch den Spalt 11 strömende Massenstrom an Luft, Dampf oder dergleichen jedoch nicht an der Arbeitsumsetzung innerhalb des jeweiligen Laufrads teilnimmt, wird dieser Spalt 11 vorzugsweise nur an demjenigen Schaufelkranz 9 eingesetzt, der sich in Strömungsrichtung x unmittelbar vor dem Diffusor 7 befindet. Insbesondere kann die Vorrichtung 10 sowohl in Axial-Diffusoren als auch in Axial-Radial-Diffusoren eingesetzt werden.

[0041] Eine weitere Möglichkeit zum Einsatz der Vorrichtung 10 besteht in dem Verdichterabschnitt 5, um ein Flattern der Schaufeln 15 des Schaufelkranzes 9 zu verhindern.

[0042] Im Bereich der Dichtspitze 14 kann das Gehäuse 1a ein poröses Material aufweisen, so dass sich die Dichtspitze 14 im Falle einer Längenausdehnung in das Gehäuse 1a einarbeiten kann, ohne dass es zu einer Beschädigung des Schaufelkranzes 9 kommt.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Beeinflussung der Strömung in einer Turbomaschine (1), mit einem Gehäuse (1a) und mit wenigstens einem, mehrere Schaufeln (15) aufweisenden, innerhalb des Gehäuses (1a) rotierenden Schaufelkranz (9),  
**dadurch gekennzeichnet, dass** sich zwischen dem Gehäuse (1a) und dem Schaufelkranz (9) ein um den Umfang des Schaufelkranzes (9) eine diskontinuierliche Höhe aufweisender Spalt (11) befindet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der die diskontinuierliche Höhe aufweisende Spalt (11) durch Ausnehmungen (12) an dem Schaufelkranz (9) gebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaufelkranz (9) ein Deckband (13) mit einer umlaufenden Dichtspitze (14) aufweist, wobei die umlaufende Dichtspitze (14) durch Ausnehmungen (12) unterbrochen ist, um den die diskontinuierliche Höhe aufweisenden Spalt (11) zu bilden.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der die diskontinuierliche Höhe aufweisende Spalt (11) dadurch gebildet ist, dass zumindest eine der Schaufeln (15) des Schaufelkranzes (9) eine geringere Länge aufweist als eine andere Schaufel (15) des Schaufelkranzes (9).
5. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Spalt (11) durch Ausnehmungen (16,17a) an dem Gehäuse (1a) oder einem mit dem Gehäuse (1a) verbundenen Bauteil gebildet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Gehäuse (1a) ein drehbarer Ring (17) gelagert ist, mit dem die Ausnehmungen (16) zumindest teilweise verschließbar sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Gehäuse (1a) ein drehbarer Ring (17) gelagert ist, der die Ausnehmungen (17a) aufweist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (1a) zwei gegeneinander verdrehbare Ringe aufweist, welche jeweils Ausnehmungen aufweisen, wobei wenigstens einer der Ringe drehbar an dem Gehäuse (1a) gelagert ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausnehmungen (12,16,17a) um den Umfang des Gehäuses (1a) oder des Schaufelkranzes (9) mit geringen Abweichungen gleich verteilt angeordnet sind.
10. Turbomaschine mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, welche in einem Bereich vor einem Diffusor (7) angeordnet ist.
11. Turbomaschine mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, welche in einem Verdichterabschnitt (5) angeordnet ist.

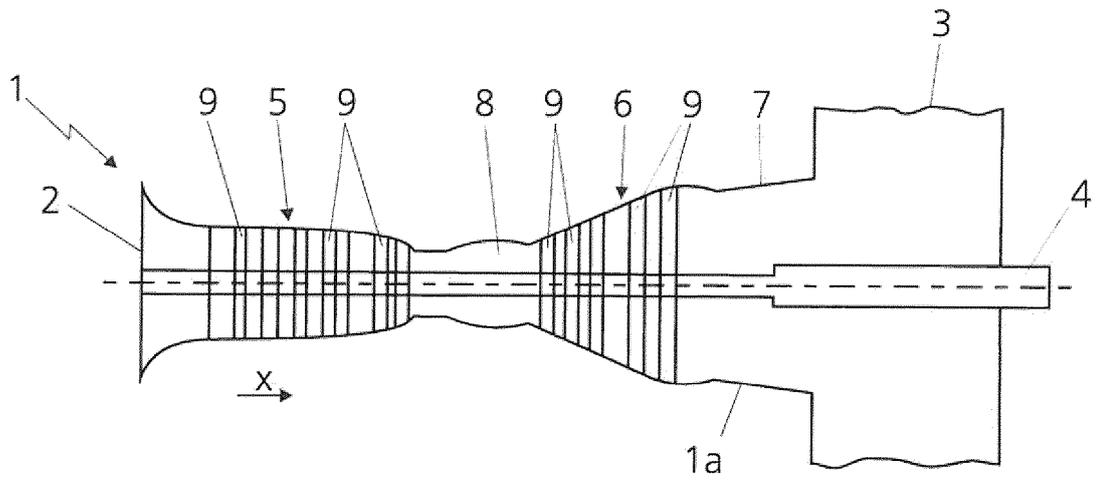


Fig. 1

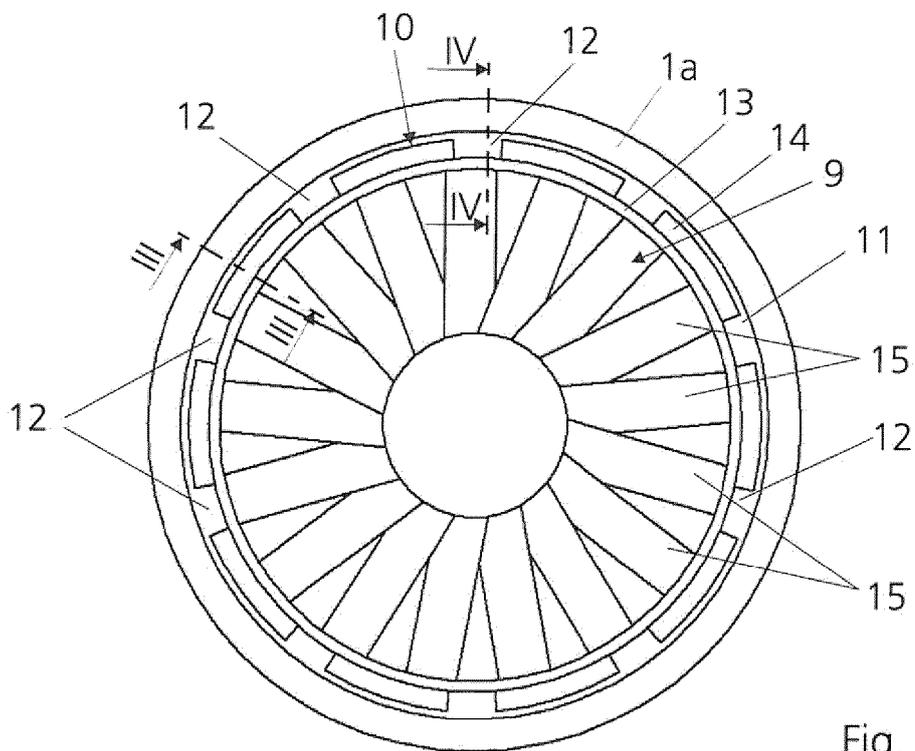


Fig. 2

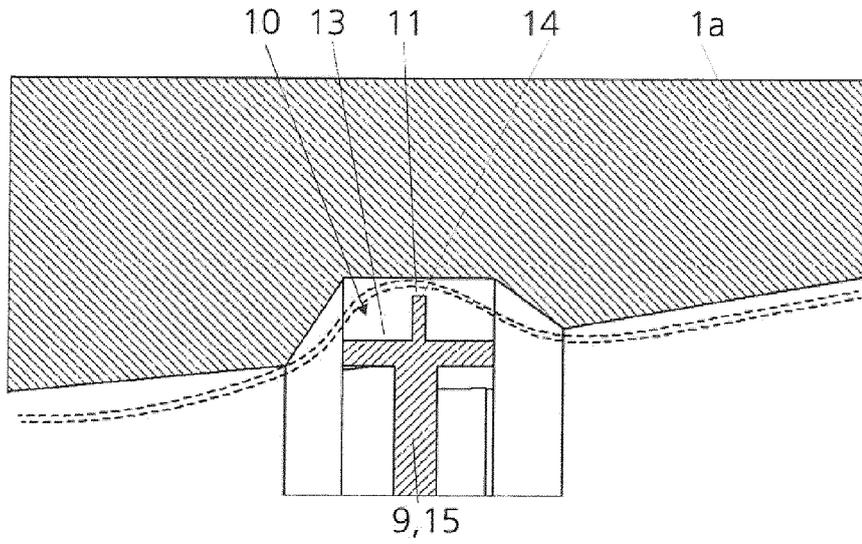


Fig. 3

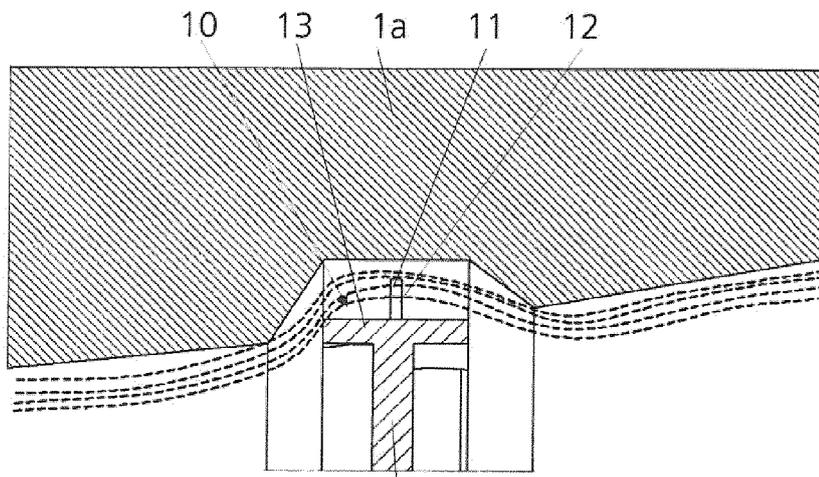


Fig. 4

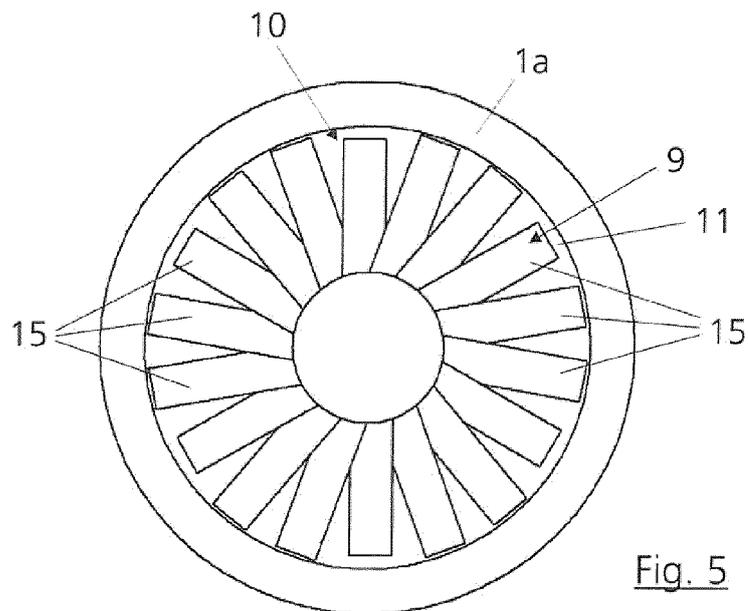


Fig. 5

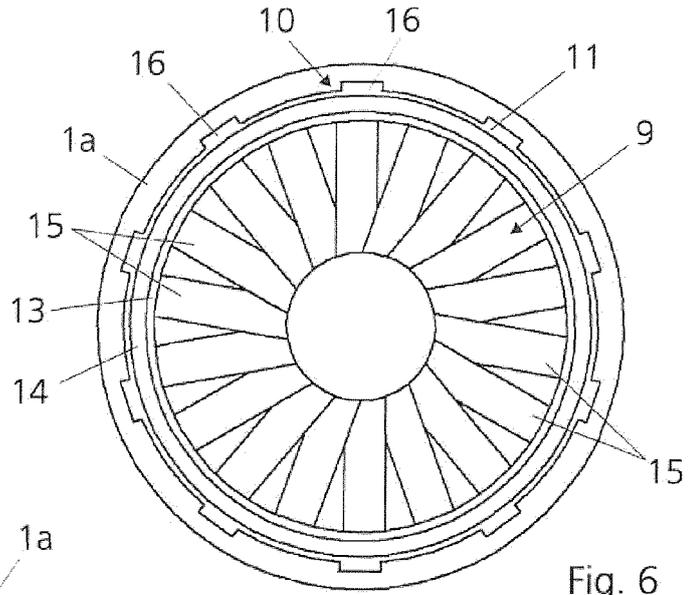


Fig. 6

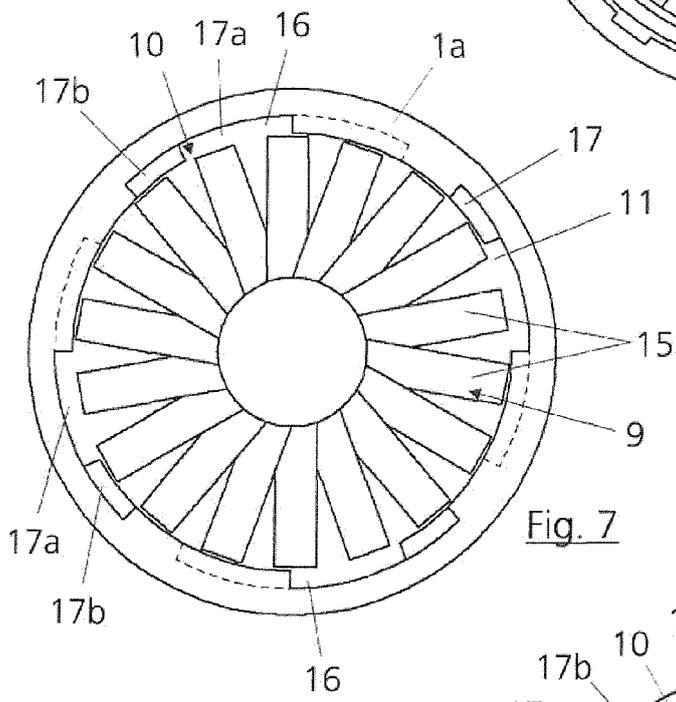


Fig. 7

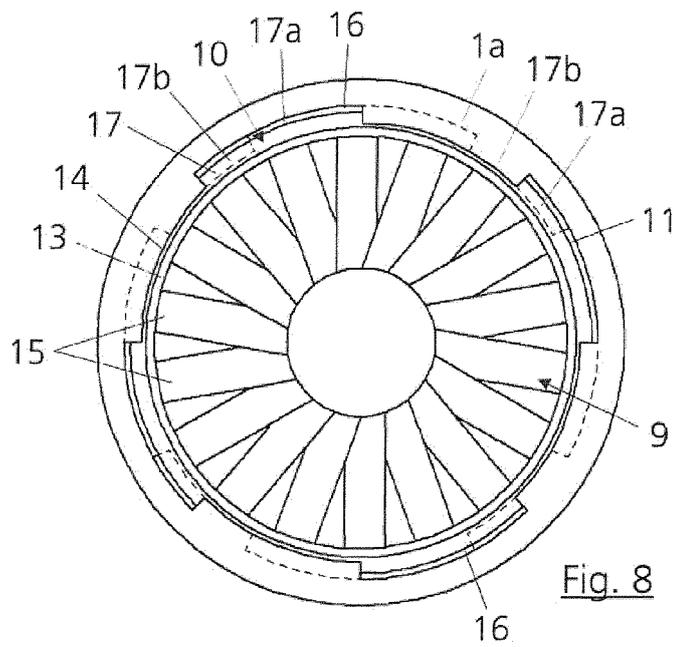


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 14 18 8515

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	EP 0 702 130 A2 (MTU MUENCHEN GMBH [DE] MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 20. März 1996 (1996-03-20)	1,2,4, 9-11	INV. F01D5/20 F01D11/08
A	* Spalte 4, Zeile 27 - Spalte 4, Zeile 44; Abbildung 1 *	6,8	
X	EP 2 538 024 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 26. Dezember 2012 (2012-12-26)	1,2,4, 9-11	
X	US 2007/237627 A1 (BUNKER RONALD S [US]) 11. Oktober 2007 (2007-10-11)	1,2,4, 9-11	
X	EP 1 413 712 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28. April 2004 (2004-04-28)	1-4,9-11	
X	WO 02/25065 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]; BEECK ALEXANDER [US]; BENEDETTI BRUNO [CH]) 28. März 2002 (2002-03-28)	1,4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	EP 0 256 790 A2 (GARRETT CORP [US]) 24. Februar 1988 (1988-02-24)	1,5,9-11	F01D
X	DE 10 2012 106175 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 17. Januar 2013 (2013-01-17)	1,5,7, 9-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>19. März 2015</b>	Prüfer <b>Rau, Guido</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 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 14 18 8515

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.

19-03-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0702130 A2	20-03-1996	AT 238489 T	15-05-2003
		DE 4432998 C1	04-04-1996
		EP 0702130 A2	20-03-1996
		ES 2196035 T3	16-12-2003
		US 5756217 A	26-05-1998
		US 6171351 B1	09-01-2001
-----			
EP 2538024 A1	26-12-2012	EP 2538024 A1	26-12-2012
		US 2012328447 A1	27-12-2012
-----			
US 2007237627 A1	11-10-2007	KEINE	
-----			
EP 1413712 A1	28-04-2004	KEINE	
-----			
WO 0225065 A1	28-03-2002	AU 8798301 A	02-04-2002
		DE 10047307 A1	01-08-2002
		DE 50108256 D1	05-01-2006
		EP 1320662 A1	25-06-2003
		US 2004012151 A1	22-01-2004
		WO 0225065 A1	28-03-2002
-----			
EP 0256790 A2	24-02-1988	CA 1273298 A1	28-08-1990
		DE 3781062 D1	17-09-1992
		DE 3781062 T2	01-07-1993
		EP 0256790 A2	24-02-1988
		JP 2652382 B2	10-09-1997
		JP S6341603 A	22-02-1988
		US 4764089 A	16-08-1988
-----			
DE 102012106175 A1	17-01-2013	DE 102012106175 A1	17-01-2013
		FR 2977910 A1	18-01-2013
		RU 2012129587 A	20-01-2014
		US 2013017072 A1	17-01-2013
-----			

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 20120102956 A1 [0008] [0009]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **B. A. REICHERT ; B. J. WENDT.** Improving curved subsonic diffuser performance with vortex generators. *AIAA-Journal*, 1996, vol. 34 (1 [0006]
- **M. NISHI ; Y. KOUICHI ; M. KEISUKE.** Control of Separation in a conical diffuser by vortex generator jets. *JSME Series B*, 1998, vol. 41 (1 [0007]
- **S. FAROKHI.** A Trade-Off Study of Rotor Tip Clearance Flow in a Turbine/Exhaust Diffuser System. *ASME-Paper No. 87-GT-214*, 1989 [0009]