



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.08.2018 Patentblatt 2018/34**

(51) Int Cl.:  
**F04D 17/12<sup>(2006.01)</sup> F04D 29/44<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **17157126.8**

(22) Anmeldetag: **21.02.2017**

(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**

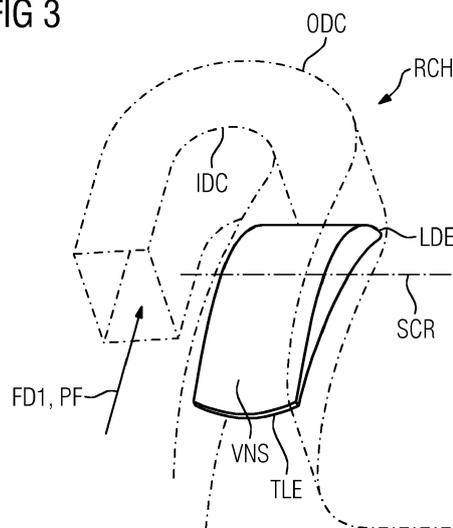
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Hartmann, Jörg Paul**  
**40489 Düsseldorf (DE)**

(54) **RÜCKFÜHRSTUFE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Rückführstufe (RCH) einer Radialturbomaschine (RTM) mit mindestens einer Leitschaufelstufe (VST), wobei die Rückführstufe (RCH) sich ringförmig um eine Achse (X) erstreckt, wobei die Rückführstufe (RCH) nach radial innen von einer inneren Grenzkontur (IDC) und nach radial außen von einer äußeren Grenzkontur (ODC) definiert ist, wobei die Leitschaufelstufe (VST) Leitschaufeln (VNS) umfasst, dessen umströmten Oberflächen (SFC) sich von einer stromaufwärts befindlichen Eintrittskante (LDE) als eine Druckseite (PRS) und als eine Saugseite (PCS) entlang einer Skelettlinie (SCL) voneinander beabstandet um Profilquerschnitte (PRC) bis zu einer Austrittskante (TLE) erstrecken, wobei eine Tangente an der Skelettlinie (SCL) eines jeden Profilquerschnitts (PRC) zu einer radial-axialen Referenzebene (PRF) einen Schaufelkonstruktionswinkel (CVA) für jeden Punkt der Skelettlinie (SCL) einschließt, wobei eine Differenz zwischen einem Schaufelkonstruktionswinkel (VCA) an der Eintrittskante (LDE) und einem Schaufelkonstruktionswinkel (VCA) an einer stromabwärtigen Position einen Umlenkungswinkel (RDA) für jeden Punkt der Skelettlinie (SCL) eines jeden Profilquerschnitts (PRC) definiert, wobei die Leitschaufeln (VNS) sich zumindest entlang eines Teils des dritten Abschnitts (SG3) erstrecken, wobei die Austrittskanten (TLE) im dritten Abschnitt (SG3) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass an den Austrittskanten (TLE) in der Mitte der Spannweite (SPW) der Umlenkungswinkel (RDA) jeweils größer ist als der mittlere Gesamtumlenkungswinkel (RAM), wobei an den beiden Enden der Spannweite (SPW) zu jeweils mindestens 10% der Spannweite jeweils der Umlenkungswinkel (RDA) kleiner ist als der mittlere Gesamtumlenkungswinkel (RAM).

**FIG 3**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Rückführstufe einer Radialturbomaschine mit mindestens einer Leitschaufelstufe, wobei die Rückführstufe sich ringförmig um eine Achse erstreckt, wobei die Rückführstufe nach radial innen von einer inneren Grenzkontur und nach radial außen von einer äußeren Grenzkontur definiert ist, wobei entlang einer ersten Durchströmungsrichtung die Rückführstufe sich in einem ersten Abschnitt nach radial außen erstreckt, wobei die Rückführstufe sich in einem zweiten Abschnitt entlang der ersten Durchströmungsrichtung eine bogenförmige Umlenkung beschreibend von radial außen nach radial innen erstreckt, wobei die Rückführstufe sich entlang der ersten Durchströmungsrichtung in einem dritten Abschnitt von radial außen nach radial innen erstreckt, wobei die Rückführstufe sich entlang der ersten Durchströmungsrichtung in einem vierten Abschnitt eine bogenförmige Umlenkung beschreibend von radial innen nach axial erstreckt, wobei die Leitschaufelstufe Leitschaufeln umfasst, wobei die Leitschaufeln jeweils ein sich entlang einer Spannweite erstreckendes Schaufelblatt umfassen, dessen umströmten Oberflächen sich von einer stromaufwärts befindlichen Eintrittskante als eine Druckseite und als eine Saugseite entlang einer Skelettlinie voneinander beabstandet um Profilquerschnitte bis zu einer Austrittskante erstrecken, wobei eine Tangente an der Skelettlinie eines jeden Profilquerschnitts zu einer radial-axialen Referenzebene einen Schaufelkonstruktionswinkel für jeden Punkt der Skelettlinie einschließt, wobei eine Differenz zwischen einem Schaufelkonstruktionswinkel an der Eintrittskante und einem Schaufelkonstruktionswinkel an einer stromabwärtigen Position einen Umlenkungswinkel für jeden Punkt der Skelettlinie eines jeden Profilquerschnitts definiert, wobei ein mittlerer Gesamtumlenkungswinkel ein über die Spannweite gemittelter Umlenkungswinkel an der Austrittskante ist, wobei die Leitschaufeln sich zumindest entlang eines Teils des dritten Abschnitts erstrecken und die Rückführstufe in Umfangsrichtung in Strömungskanäle segmentiert, wobei die Austrittskanten im dritten Abschnitt angeordnet sind.

**[0002]** Radialturbomaschinen sind entweder als Radialturboverdichter oder Radialturboexpander bekannt. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich - wenn nicht anders angegeben - auf die Ausführung als Verdichter. Die Erfindung ist für Expander grundsätzlich genauso anwendbar, wie für Verdichter, wobei ein Radialturboexpander gegenüber einem Radialturboverdichter im Wesentlichen eine umgekehrte Strömungsrichtung des Prozessfluids vorsieht.

**[0003]** Unter Entspannung und Umlenkung eines Prozessfluids findet bei einem Radialturboexpander eine Umwandlung der thermodynamisch im Prozessfluid gespeicherten Energie in technische Arbeit mittels Antriebs des Laufrads statt.

Bei Radialturboverdichter ist dieser Vorgang umgekehrt, diese wandeln bzw. speichern technische Arbeit in Strö-

mungsarbeit, die thermodynamisch im Prozessfluid gespeichert wird. Hierzu saugen Laufräder des Verdichters in der Regel ein Prozessfluid axial zu einer Rotationsachse oder schräg zu der Rotationsachse mit einer axialen Geschwindigkeitskomponente an und beschleunigen und verdichten dieses Prozessfluid mittels des jeweiligen Laufrads - das auch als Impeller bezeichnet wird -, das die Strömungsrichtung des Prozessfluids in die radiale Richtung umlenkt. An das Laufrad schließt sich bei einem mehrstufigen Radialturboverdichter stromabwärts eine Rückführstufe an, wenn stromabwärts mindestens ein weiteres Laufrad vorgesehen ist.

**[0004]** In den Schriften DE102014203251A1, DE 34 303 07 A1 und EP 592 803 B1 sind jeweils Rückführstufen eines mehrstufigen Turboverdichters abgebildet. Eine aerodynamische Betrachtung von Rückführstufen enthalten die US 2010/0272564 A1 und die WO2014072288A1.

**[0005]** Aus dem Aufsatz "Design exploration of a return channel for multistage centrifugal compressors" der Konferenz "Proceedings of the ASME Turbo Expo" des Bands/Jahrgangs 2016 der Autoren Vishal Jariwala, Louis Larosiliere und James Hardin ist eine Analyse komplexer Leitschaufelgeometrien entnehmbar. Die vorgeschlagenen Leitschaufeln erstrecken sich jeweils bis in die 90° Umlenkung des vierten Abschnitts der Rückführstufe, um die spannenmäßige Homogenität der Abströmung zu verbessern. Derartige Rückführstufen sind aufwändig zu fertigen und aufwändig zu montieren.

**[0006]** Davon ausgehend hat es sich die Erfindung zur Aufgabe gemacht, die Aerodynamik der Rückführstufen zu verbessern ohne eine derartige Aufwände in Kauf nehmen zu müssen.

**[0007]** Zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe schlägt die Erfindung eine Rückführstufe gemäß Anspruch 1 vor. Die Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

**[0008]** Die Begriffe axial, radial, tangential, Umfangsrichtung und ähnliche werden hierbei bzw. in diesem Dokument jeweils auf die zentrale Achse bezogen, um die sich die Rückführstufe ringförmig erstreckt. Diese Achse ist bei einer Radialturbomaschine auch die Rotationsachse eines Rotors bzw. der Welle mit den Laufrädern.

**[0009]** Eine mehrstufige Radialturbomaschine bedeutet in der Begriffswelt dieser Erfindung, dass mehrere Laufräder um die gleiche Rotationsachse drehbar angeordnet sind. Hierbei ist ein Laufrad gleichzusetzen mit einer Stufe der Radialturbomaschine. Aus der Mehrstufigkeit ergibt sich das Erfordernis, dass im Falle des Verdichters das radial aus dem Laufräder ausströmende Prozessfluid wieder zurück in Richtung der Rotationsachse geführt werden muss und mit einer axialen Geschwindigkeitskomponente in das nachfolgende Laufrad der stromabwärtigen Stufe einströmen kann. Die Strömungsführung, die diese Rückführung des Prozessfluids ermöglicht nennt sich daher "Rückführstufe". Im Falle des Expanders kann das Bauteil identisch ausgebildet sein und wird lediglich in umgekehrter Richtung durch-

strömt.

**[0010]** Neben der Rückführung des Prozessfluides in Richtung der Rotationsachse und der Umlenkung der Strömungsrichtung des Prozessfluids in axiale Richtung sind in den Rückführstufen erfindungsgemäß auch Leitschaufeln vorgesehen, die einen in der Strömung aus dem stromaufwärtigen Laufrad aufgeprägten Drall zumindest teilweise oder vollständig neutralisieren oder sogar einen Drall in Gegenrichtung aufprägen für den Eintritt in die nächste stromabwärtige Stufe.

**[0011]** Die erfindungsgemäß bevorzugte Ausfertigung einer Rückführstufe sieht vor, dass dieses Gesamtbau teil mittels eines sogenannten Zwischenbodens mittels geeigneter Auflager in der Regel in einem Gehäuse oder einer sonstigen Auflagevorrichtung abgestützt und ausgerichtet ist. Weiterhin umfasst die Rückführstufe einen sogenannten Schaufelboden, der an dem Zwischenboden mit den bereits erläuterten Leitschaufeln unter Ausbildung eines Rückführkanals befestigt ist. Durch den Rückführkanal strömt das Prozessfluid zum nächsten Laufradeintritt. In diesem Gebilde kommen den Leitschaufeln zwei Funktionen zu. Einerseits haben die Leitschaufeln die aerodynamische Funktion, dem Prozessfluid einen Gegendrall soweit aufzuprägen, dass zumindest der Drall aus der stromaufwärtigen Stufe weitestgehend kompensiert ist und andererseits haben die Leitschaufeln die mechanische Aufgabe, den Schaufelboden an dem Zwischenboden derart zu befestigen, dass trotz der dynamischen Belastung ein sicherer Halt gewährleistet ist.

**[0012]** Die sich in der Rückführstufe befindende Leitschaufelstufe umfasst Leitschaufeln, die die Ringform der Rückführstufe in Umfangsrichtung in einzelne Kanäle segmentieren. Grundsätzlich können diese Leitschaufeln auch Unterbrechungen (split) aufweisen, sind aber nach der Erfindung bevorzugt entlang der ersten Strömungsrichtung ununterbrochen ausgebildet. Die Leitschaufeln weisen Profile auf, die sich - entsprechend abgewickelt - auch zweidimensional darstellen lassen. Eine zweidimensionale Darstellung ist beispielsweise möglich, wenn der ringförmige Kanal der Rückführstufe entlang einer sich in Umfangsrichtung erstreckenden mittleren Fläche geschnitten wird. Diese Schnittfläche einer einzelnen Leitschaufel lässt sich in eine Ebene abwickeln, zu einer zweidimensionalen Darstellung. Eine Profilmittellinie der aufeinandergestapelten Profile der Leitschaufeln ist erzeugbar mittels Mittelpunkten eingeschriebener Kreise in dem Profil. Diese Profilmittellinie wird nachfolgend auch als Skelettlinie bezeichnet.

**[0013]** Mit der Profilmittellinie lässt sich eine Profilmittellinienlaufkoordinate oder Skelettlinienlaufkoordinate entlang der ersten Durchströmungsrichtung entlang einer mittleren Höhe der jeweiligen Leitschaufel definieren. Die Länge der Leitschaufel entlang dieser Koordinate ist bevorzugt normiert auf eine Gesamtlänge 1 bzw. 100%.

**[0014]** Die Höhenrichtung der Leitschaufel wird vorliegend als die Richtung definiert, die senkrecht zu der Durchströmungsrichtung - insbesondere zur ersten

Durchströmungsrichtung - und senkrecht zu der Umfangsrichtung orientiert ist. Die Höhe der Schaufel bzw. Höhenrichtung bezeichnet dieses Dokument als Spannweite bzw. Spannweitenrichtung der Schaufel.

**[0015]** Die Profilmittellinie der Leitschaufel unmittelbar angrenzend an der äußeren Grenzkontur des ringförmigen Kanals der Rückführstufe wird hier als äußere Spur der Leitschaufel bezeichnet und die Profilmittellinie des unmittelbar an der inneren Grenzkontur befindlichen Profilquerschnitts der Leitschaufel wird als die innere Spur der Leitschaufel bezeichnet. In diesem Zusammenhang kann die äußere Grenzkontur der Rückführstufe auch als deckscheibenseitige Grenzkontur bezeichnet werden, weil ein mit einer Deckscheibe versehenes Laufrad diese Deckscheibe auf der Seite der äußeren Grenzkontur aufweist. Die nabenseitige Strömungskontur des Laufrades befindet sich dazu gegenüberliegend auf der inneren Grenzkontur der Rückführstufe, so dass die innere Grenzkontur der Rückführstufe auch als nabenseitige Grenzkontur bezeichnet werden kann. Entlang der komplexen Geometrie der Rückführstufe kann die innere Grenzkontur nicht immer als radial weiter innen liegend angesehen werden als die äußere Grenzkontur für gleiche Positionen entlang einer mittleren Strömungslinie durch die Rückführstufe, so dass derartige alternative Bezeichnungen zum besseren Verständnis zweckmäßig sind.

**[0016]** Nach der Erfindung ist der Umlenkungswinkel in der Mitte der Spannweite jeweils größer als der mittlere Gesamtumlenkungswinkel jeweils bezogen auf die Austrittskanten der Leitschaufeln. Die vorteilhafte Erkenntnis der Erfindung besteht darin, dass diese Formgebung der Leitschaufel einerseits eine für den Wirkungsgrad der Rückführstufe günstige Anströmung des nachfolgenden Laufrades bewirkt und andererseits sowohl hinsichtlich der Fertigung als auch der Montage mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand einhergeht. Dadurch, dass die Eintrittskante bevorzugt erst hinter der 180°-Umlenkung angeordnet ist und die Austrittskante stromaufwärts der 90°-Umlenkung aus der radial nach innen gerichteten Strömung in die axial gerichtete Strömung, befindet sich die Leitbeschaufelung im Wesentlichen in einem radial verlaufenden Strömungskanal ohne zwingende Axialanteile der Strömung. Die erfindungsgemäße Leitschaufelform bereitet die Strömung hinter der 180-Umlenkung und vor der Umleitung in die Axialrichtung so vorteilhaft auf die Einströmung in das Laufrad vor, dass eine Fortsetzung der Leitschaufel in die stromabwärtige Umlenkung in die Axialrichtung nicht erforderlich ist. Herkömmliche Leitschaufelformen in der Rückführstufe nehmen entweder die ungünstige inhomogene Strömungsverteilung in Spannweitenrichtung in Kauf oder sind aufwändig in die Umlenkungen des zweiten Abschnitts und/oder vierten Abschnitts der Rückführstufe fortgesetzt, um eine vorteilhafte Anströmung des nachfolgenden Laufrades zu gewährleisten. Die nahe an das Laufrad herangeführten Austrittskanten sorgen aber für eine ungünstige Anregung des Laufrades aufgrund der sich dadurch erge-

benden Inhomogenitäten in Umfangsrichtung.

**[0017]** Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Austrittskanten jeweils eine Gerade beschreiben. In dieser Gestaltung werden die Unterschiede im Umlenkwinkel bevorzugt mittels unterschiedlicher Krümmungen der Skelettlinien unterschiedlicher Profile der Spannweite realisiert.

**[0018]** Eine andere vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass die Austrittskanten gebogen oder geknickt ausgebildet sind. In dem Fall handelt es sich - in anderen Worten - um nicht gerade Ausführungen der Austrittskanten. Hierbei kann die Biegung der Austrittskanten sowohl in Umfangsrichtung als auch in Radialrichtung ausgebildet sein und außerdem ist auch jede Mischform dieser Versätze denkbar.

**[0019]** Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung in diesem Zusammenhang sieht vor, dass an den beiden Enden der Spannweite zu jeweils mindestens 7% der Spannweite die Skelettlinien der dortigen Profilquerschnitte kürzer als eine mittlere Skelettlinienlänge ausgebildet sind. Eine derartige Ausführung lässt sich erreichen, wenn beispielsweise bei einer zylindrischen Schaufel oder bei einer nicht-zylindrischen Schaufel die Austrittskanten in diesen beiden Endbereichen der Spannweite gekürzt bzw. das Schaufelblatt an dieser Stelle etwas weggeschnitten bzw. abgeschnitten wird. Dadurch wird die erfindungsgemäß grundsätzlich geforderte Minderumlenkung in den Bereichen der Spannweitenenden auf besonders kostengünstige Weise erreicht.

**[0020]** Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen schematisch:

Figur 1 ein axialer Längsschnitt durch den Ausschnitt eines Gehäuses einer Radialturbomaschine mit einer Rückführstufe und Laufrädern,

Figur 2 eine schematische perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Leitschaufel mit unterschiedlichen Gestaltungen der Austrittskante,

Figur 3 eine schematische perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Leitschaufel dargestellt im Zusammenhang mit einer erfindungsgemäßen Rückführstufe,

Figur 4 eine schematische perspektivische Darstellung einer anderen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Leitschaufel mit der dazugehörigen Rückführstufe.

**[0021]** Figur 1 zeigt eine Rückführstufe RCH einer Radialturbomaschine RTM, die als Radialturboverdichter CO ausgebildet ist.

**[0022]** Die hier beispielhaft für einen Radialturboverdichter CO erläuterten Bauteile sind erfindungsgemäß auch umsetzbar als Radialturboexpander, wobei ein Pro-

zessfluid PF diese Bauteile in einem Radialturboverdichter CO in einer ersten Durchströmungsrichtung FD1 und in einem Radialturboexpander in einer entgegengesetzten zweiten Durchströmungsrichtung FD2 durchströmt. Die Schilderungen beziehen sich in diesem Dokument stets auf die erste Durchströmungsrichtung FD1 bzw. einen Radialturboverdichter CO, sofern nicht anders angegeben.

**[0023]** Figur 1 zeigt Teile zweier aufeinanderfolgend durchströmter Stufen, einer ersten Stufe ST1 und einer zweiten Stufe ST2 einer ausschnittsweise dargestellten Radialturbomaschine RTM bzw. eines Radialturboverdichters CO, wobei eine Rückführstufe RCH zwischen den beiden Stufen ST1, ST2 hierbei vollständig schematisch dargestellt ist. Die beiden Stufen ST1, ST2 sind hier mit um die Rotationsachse X drehbar angeordneten Laufrädern, einem ersten Laufrad IP1 und einem zweiten Laufrad IP2 dargestellt.

**[0024]** Ein Prozessfluid PF durchströmt in der Darstellung der Figur 1 zunächst das erste Laufrad IP1 axial einströmend und radial ausströmend entlang einer ersten Durchströmungsrichtung FD1. Nur beispielhaft ist auch eine entgegengesetzt ausgerichtete zweite Durchströmungsrichtung FD2 angegeben, wie diese vorläge bei einem Radialexpander. Stromabwärts anschließend an das erste Laufrad IP1 erreicht das Prozessfluid PF radial nach außen strömend einen radial nach außen gerichteten ersten Abschnitt SG1 und wird dort verzögert, gelangt stromabwärts in eine ca. 180°-Umlenkung eines zweiten Abschnitts SG2 und anschließend in eine radial nach innen gerichtete Rückführung eines dritten Abschnitts SG3 der Rückführstufe RCH. Stromabwärts des dritten Abschnitts SG3 gelangt das Prozessfluid PF in einem vierten Abschnitt SG4 von radial nach innen strömend nach axial strömend umgelenkt in das zweite Laufrad IP2, um dort wieder radial nach außen beschleunigt zu werden.

**[0025]** Die Rückführstufe RCH umfasst einen Schaufelboden RR, Leitschaufeln VNS und einen Zwischenboden DGP. Der Zwischenboden DGP ist mittels mindestens eines Auflagers SUP in einer Auflagervorrichtung - hier in einem Gehäuse CAS - abgestützt und dort positioniert. Das Auflager SUP und der abstützende Abschnitt des Gehäuses CAS sind hierbei als Nut-Feder-Verbindung formschlüssig ausgebildet.

**[0026]** In nicht näher dargestellter Weise weist die Rückführstufe RCH bzw. weisen der Schaufelboden RR und der Zwischenboden DGP eine Teilfuge auf, die in einer gemeinsamen Ebene im Wesentlichen entlang der Achse X verläuft. Zweckmäßig für die Montage ist diese Teilfuge in der identischen Teilfugenebene gelegen, wie eine nicht dargestellte Teilfuge des Gehäuses CAS.

**[0027]** Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass der Rotor zwischen zwei Laufrädern teilbar ausgebildet ist oder die Laufräder axial zueinander zum Zwecke der Montage verschieblich ausgebildet sind, so dass die Rückführstufen RTC ungeteilt ausgebildet sein können und schrittweise mit den Laufrädern IP1, IP2 des Rotors zusammen-

montiert werden, bevor ein Zusammenführung mit einem umgebenden Gehäuse stattfindet. Das Gehäuse CAS kann jedenfalls horizontal oder vertikal geteilt ausgebildet sein.

**[0028]** Die herkömmliche Ausbildung der Rückführstufe RCH, die in der Figur 1 gezeigt ist, sieht vor, dass der Schaufelboden RR, die Leitschaufeln VNS und der Zwischenboden DGP aneinander befestigt sind. Vorliegend ist dies mittels Schrauben SCR gemacht, die mittels strichpunktierter Linien vereinfacht dargestellt sind. Damit die Schrauben SCR einerseits den Schaufelboden RR an dem Zwischenboden DGP hinreichend befestigen und damit eine Mindeststärke aufweisen müssen, muss andererseits in den Leitschaufeln VNS eine hinreichend große Durchgangsbohrung vorgesehen werden, so dass das Profil der Leitschaufeln VNS hinreichend stark ausgebildet sein muss.

**[0029]** Figur 2 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung einer Leitschaufel VNS einer erfindungsgemäßen Rückführstufe RCH. Die Leitschaufel VNS ist im Zusammenhang mit der Achse X und einer dazu senkrechten Radialrichtung R dargestellt. In der Figur 2 ist eine Referenzebene PRF, die durch die Achse X und die radiale Richtung R aufgespannt wird, an unterschiedlichen Stellen angedeutet, um geometrische Zusammenhänge zu illustrieren.

**[0030]** Die Leitschaufel VNS umfasst ein sich entlang einer Spannweite SPW erstreckendes Schaufelblatt VAF, dessen umströmten Oberflächen SFT sich von der stromaufwärts befindlichen Eintrittskante LDE als eine Druckseite PRS und als eine Saugseite PCS entlang einer Skelettlinie SCL voneinander um Profilquerschnitte PRC beabstandet bis zu einer Austrittskante TLE erstrecken. An dem Ende der Spannweite sind zwei Tangenten TGT an der Skelettlinie SCL eingezeichnet und auch auf der Hälfte der Spannweite  $\frac{1}{2}SPW$  verdeutlicht eine Tangente TGT an der Skelettlinie SCL, dass zu jedem Profilquerschnitt PRC ein Schaufelkonstruktionswinkel VCR zu der radial-axialen Referenzebene PRF für jeden Punkt der Skelettlinie SCL definiert ist. Eine Differenz zwischen dem Schaufelkonstruktionswinkel VCA an der Eintrittskante LDE und einem Schaufelkonstruktionswinkel VCA an einer stromabwärtigen Position definiert hier einen Umlenkungswinkel RDA ( $RDA(SPW, SCL) = VCA(SPW, SCL = LDE) - VCA(SPW, SCL)$ ) für jeden Punkt der Skelettlinie SCL. Hieraus lässt sich ein mittlerer Gesamtumlenkungswinkel RAM als über die Spannweite SPW übermittelter Umlenkungswinkel RDA an der Austrittskante TLE bestimmen.

**[0031]** Die Figur 2 zeigt neben einer gebogenen Austrittskante TLE auch eine gerade Austrittskante TLE' und eine mit zwei Knicken versehene geknickte Austrittskante TLE", die durch das Fortschneiden bzw. Fortlassen von Anteilen des ursprünglichen Schaufelblatts VAF in den beiden Endbereichen der Spannweite SPW entstanden ist.

**[0032]** Figur 3 zeigt eine eingebaute Leitschaufel VNS einer erfindungsgemäßen Rückführstufe RCH. Der Be-

reich, in dem die Leitschaufel VNS in der Rückführstufe RCH vorgesehen ist, erstreckt sich im Wesentlichen von radial außen nach radial innen entlang der ersten Durchströmungsrichtung FD1 des Prozessfluids PF. Zur Befestigung der Anordnung erstreckt sich durch das Schaufelblatt VAF eine Schraube SCR in Spannweitenrichtung.

**[0033]** Die Figur 4 zeigt die gleiche Situation, wie die Figur 3 mit einer anders ausgebildeten Leitschaufel VNS. Die Leitschaufel VNS der Figur 4 ist zylindrisch ausgebildet und weist an beiden Enden der Spannweite SPW zurückgeschnittene Bereiche der Austrittskante TLE" auf. Diese Ausführung entspricht der Darstellung einer (TLE" der drei Alternativen in der Figur 2.

## Patentansprüche

1. Rückführstufe (RCH) einer Radialturbomaschine (RTM) mit mindestens einer Leitschaufelstufe (VST), wobei die Rückführstufe (RCH) sich ringförmig um eine Achse (X) erstreckt, wobei die Rückführstufe (RCH) nach radial innen von einer inneren Grenzkontur (IDC) und nach radial außen von einer äußeren Grenzkontur (ODC) definiert ist, wobei entlang einer ersten Durchströmungsrichtung (FD1) die Rückführstufe (RCH) sich in einem ersten Abschnitt (SG1) nach radial außen erstreckt, wobei die Rückführstufe (RCH) sich in einem zweiten Abschnitt (SG2) entlang der ersten Durchströmungsrichtung (FD1) eine bogenförmige Umlenkung beschreibend von radial außen nach radial innen erstreckt, wobei die Rückführstufe (RCH) sich entlang der ersten Durchströmungsrichtung (FD1) in einem dritten Abschnitt (SG3) von radial außen nach radial innen erstreckt, wobei die Rückführstufe (RCH) sich entlang der ersten Durchströmungsrichtung (FD1) in einem vierten Abschnitt (SG4) eine bogenförmige Umlenkung beschreibend von radial innen nach axial erstreckt, wobei die Rückführstufe (RCH) Leitschaufeln (VNS) umfasst, wobei die Leitschaufeln (VNS) jeweils ein sich entlang einer Spannweite (SPW) erstreckendes Schaufelblatt (VAF) umfassen, dessen umströmten Oberflächen (SFC) sich von einer stromaufwärts befindlichen Eintrittskante (LDE) als eine Druckseite (PRS) und als eine Saugseite (PCS) entlang einer Skelettlinie (SCL) voneinander beabstandet um Profilquerschnitte (PRC) bis zu einer Austrittskante (TLE) erstrecken, wobei eine Tangente an der Skelettlinie (SCL) eines jeden Profilquerschnitts (PRC) zu einer radial-axialen Referenzebene (PRF) einen Schaufelkonstruktionswinkel (VCA) für jeden Punkt der Skelettlinie (SCL) einschließt, wobei eine Differenz zwischen einem Schaufelkonstruktionswinkel (VCA) an der Eintrittskante (LDE)

- und einem Schaufelkonstruktionswinkel (VCA) an einer stromabwärtigen Position einen Umlenkungswinkel (RDA) für jeden Punkt der Skelettlinie (SCL) eines jeden Profilquerschnitts (PRC) definiert, wobei ein mittlerer Gesamtumlenkungswinkel (RAM) ein über die Spannweite (SPW) gemittelter Umlenkungswinkel (RDA) an der Austrittskante (TLE) ist, wobei die Leitschaufeln (VNS) sich zumindest entlang eines Teils des dritten Abschnitts (SG3) erstrecken und die Rückführstufe (RCH) in Umfangsrichtung in Strömungskanäle segmentiert, wobei die Austrittskanten (TLE) im dritten Abschnitt (SG3) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Austrittskanten (TLE) in der Mitte der Spannweite (SPW) der Umlenkungswinkel (RDA) jeweils größer ist als der mittlere Gesamtumlenkungswinkel (RAM), wobei an den beiden Enden der Spannweite (SPW) zu jeweils mindestens 10% der Spannweite jeweils der Umlenkungswinkel (RDA) kleiner ist als der mittlere Gesamtumlenkungswinkel (RAM).
2. Rückführstufe (RCH) nach Anspruch 1, wobei die Eintrittskanten (LDE) jeweils im dritten Abschnitt (SG3) angeordnet sind.
  3. Rückführstufe (RCH) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Austrittskanten (TLE) jeweils eine Gerade beschreiben.
  4. Rückführstufe (RCH) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Austrittskanten (TLE) gebogen oder geknickt ausgebildet sind.
  5. Rückführstufe (RCH) nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, wobei an den beiden Enden der Spannweite (SPW) zu jeweils mindestens 7% der Spannweite die Skelettlinien (SCL) der dortigen Profilquerschnitte (PRC) kürzer als eine mittlere Skelettlinienlänge (SLL) ausgebildet sind.
  6. Rückführstufe (RCH) nach den Ansprüchen 1, 2, 4 und 5, wobei die Leitschaufeln (VNS) eine gerade Eintrittskante aufweisen und im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet sind, bis auf den Bereich an den beiden Enden der Spannweite (SPW), wobei an den Austrittskanten (TLE) zu jeweils mindestens 7% der Spannweite die Skelettlinien (SCL) der dortigen Profilquerschnitte (PRC) kürzer ausgebildet sind als eine mittlere Skelettlinienlänge (SLL).

55

FIG 1

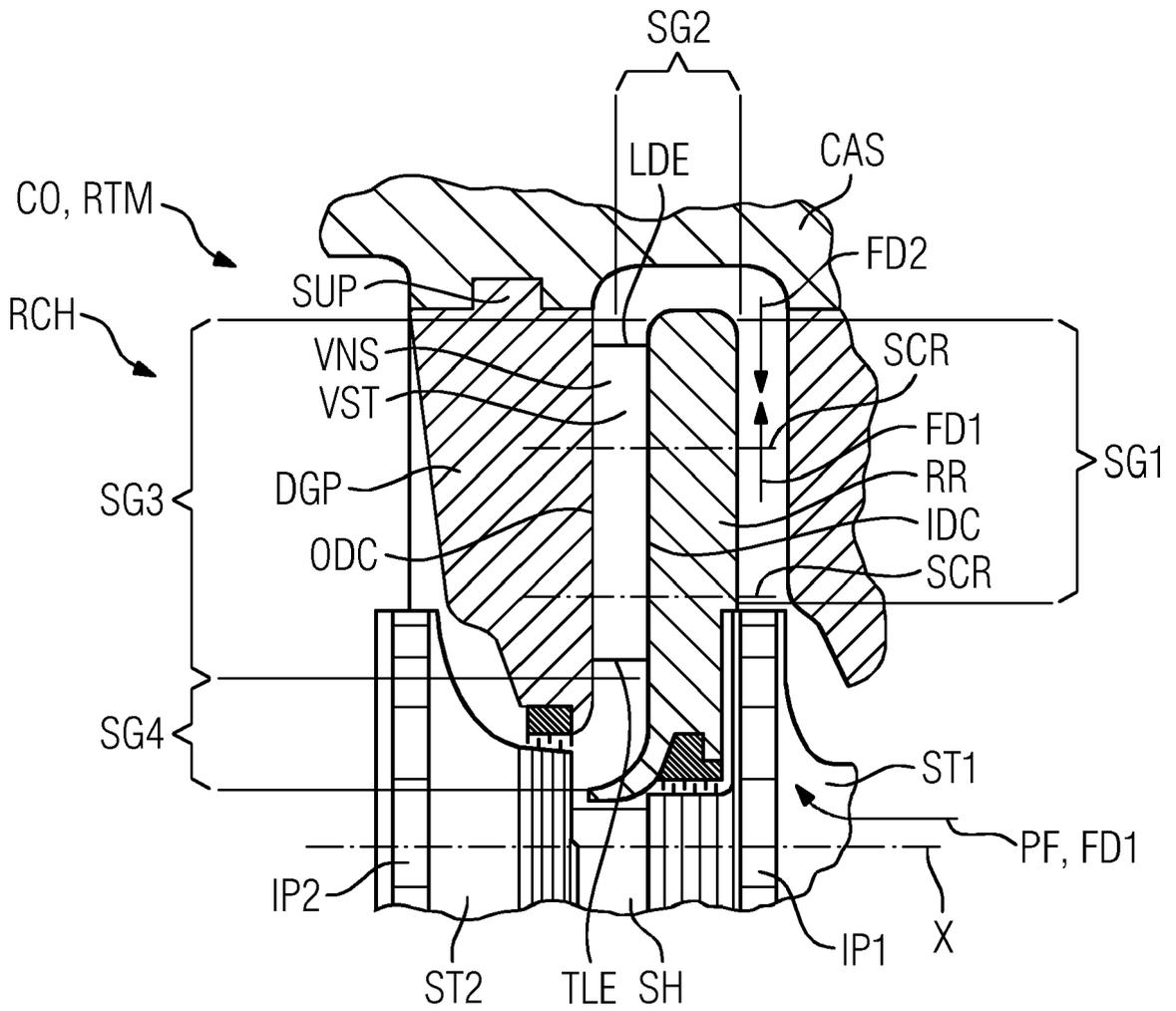


FIG 2

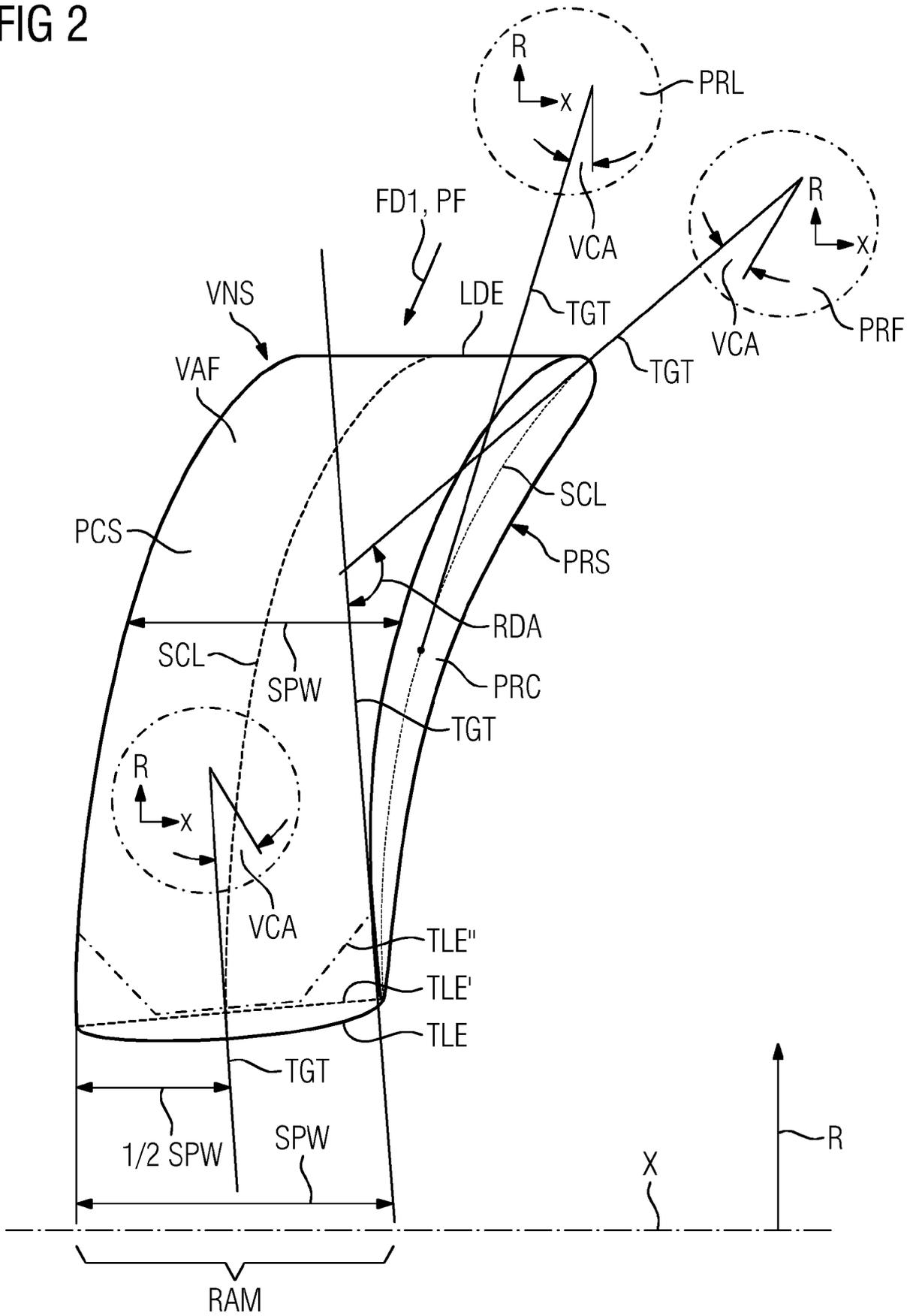


FIG 3

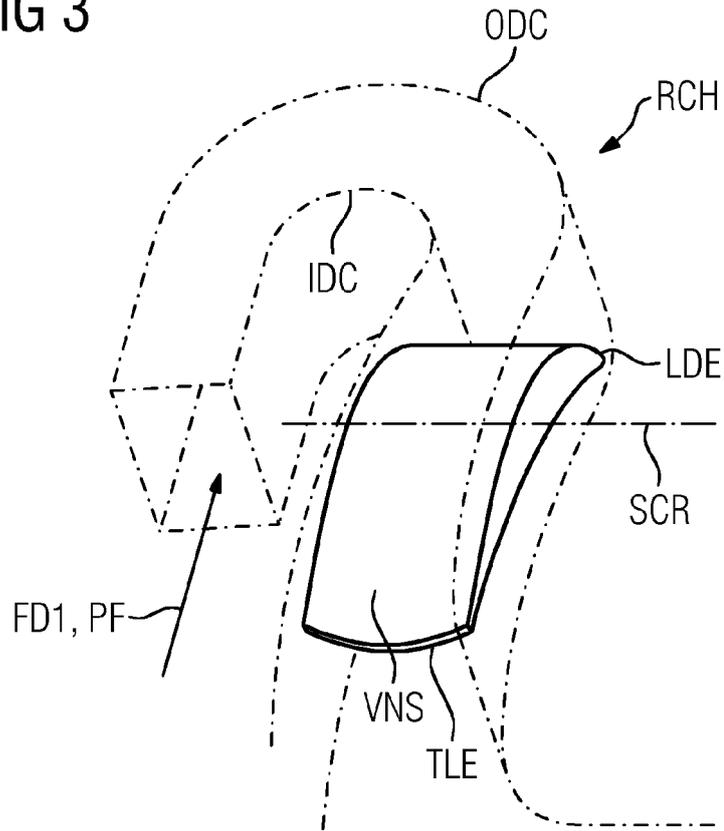
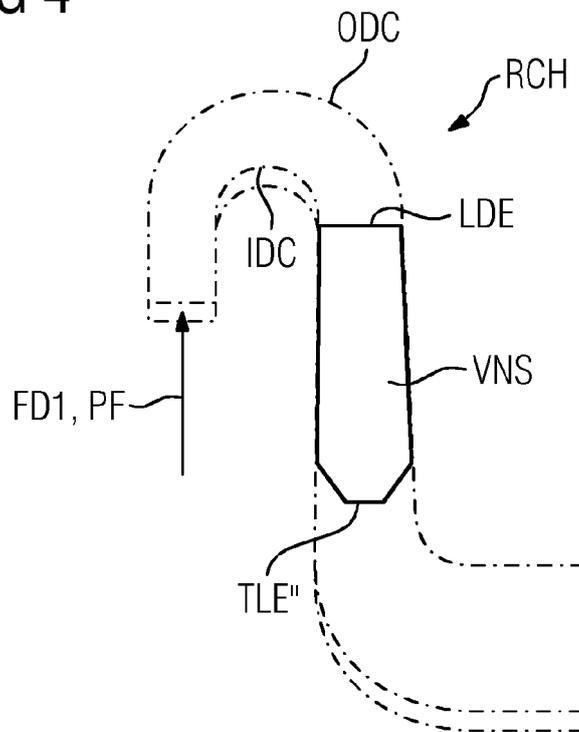


FIG 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 17 15 7126

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 2016/047256 A1 (HITACHI LTD [JP]) 31. März 2016 (2016-03-31)	1-4	INV. F04D17/12 F04D29/44
A	* Zusammenfassung; Abbildungen 2,5 *	5,6	
A,D	US 2010/272564 A1 (RICHTER FRANZ-ARNO [DE] ET AL) 28. Oktober 2010 (2010-10-28) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 *	1	
A	DE 10 2014 223833 A1 (SIEMENS AG [DE]) 25. Mai 2016 (2016-05-25) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	1	
A	JP H11 173299 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 29. Juni 1999 (1999-06-29) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>1. August 2017</b>	Prüfer <b>de Martino, Marcello</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 : 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 17 15 7126

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.

01-08-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	WO 2016047256 A1	31-03-2016	JP 2016065528 A WO 2016047256 A1	28-04-2016 31-03-2016
15	US 2010272564 A1	28-10-2010	DE 102009019061 A1 IT 1398373 B1 JP 5185303 B2 JP 2010255619 A US 2010272564 A1	28-10-2010 22-02-2013 17-04-2013 11-11-2010 28-10-2010
20	DE 102014223833 A1	25-05-2016	DE 102014223833 A1 EP 3194792 A1 WO 2016079222 A1	25-05-2016 26-07-2017 26-05-2016
25	JP H11173299 A	29-06-1999	KEINE	
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102014203251 A1 **[0004]**
- DE 3430307 A1 **[0004]**
- EP 592803 B1 **[0004]**
- US 20100272564 A1 **[0004]**
- WO 2014072288 A1 **[0004]**