

(19)



(11)

EP 2 884 054 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
17.06.2015 Patentblatt 2015/25

(51) Int Cl.:
F01D 17/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13196345.6**

(22) Anmeldetag: **10.12.2013**

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

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Stiehler, Frank**
04924 Bad Liebenwerda (DE)
• **Wulf, Joachim**
80634 München (DE)
• **Halcoussis, Alexander**
85778 Haimhausen (DE)
• **Effner, Birgit**
85221 Dachau (DE)

(54) **Verstellbare Leitschaufel mit Kegelstumpf in einer Lageranordnung**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Leitrads (100) für eine Strömungsmaschine mit um eine radiale Längsachse (14) verstellbaren Leitschaufeln (200), einer Lageranordnung (300), einem radial äußeren Gehäuse-Lager (33) und einem radial inneren Innenring-Lager (31). Mindestens ein Ende der Leitschaufeln (200) weist

einen Leitschaufelkegel (27) auf, oder ist hiermit verbunden. Der Leitschaufelkegel (27) ist in einem Kegelstumpf (29) eines Innenrings (7) des Leitrads (100) oder in einem Kegelstumpf (29) eines Gehäuses (37) der Strömungsmaschine drehbar gelagert angeordnet.

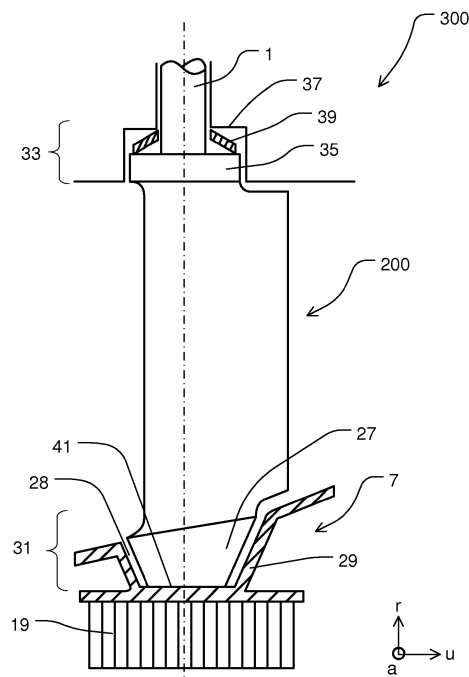


Fig. 3

EP 2 884 054 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lageranordnung mit einer um eine radiale Längsachse verstellbaren Leitschaukel für eine Strömungsmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ferner betrifft die Erfindung eine verstellbare Leitschaukel nach Anspruch 10 und ein Leitrad nach Anspruch 11.

[0002] In Strömungsmaschinen, insbesondere in Verdichtern, sind Leitschaukeln oft verstellbar, um unterschiedliche Lastzustände im Betrieb der Strömungsmaschine abzubilden. Die Leitschaukeln können beispielsweise im Volllastbetrieb in geöffneter Stellung positioniert sein, während im Teillastbetrieb eine weiter geschlossene Position für einen hohen Wirkungsgrad sinnvoll sein kann. Dies kann etwa bei Flugtriebwerken für den Startvorgang des Flugzeugs im Volllastbetrieb und in Reishöhe im Teillastbetrieb zu deutlichen Treibstoffeinsparungen und damit zu Kosteneinsparungen führen. Im Bereich der Lagerungen der verstellbaren Leitschaukeln können jedoch Leckageströmungen auftreten, die unter anderem zu Wirkungsgradverlusten durch eine Bypassströmung und durch eine Störung des Hauptgasstroms durch die Strömungsmaschine führen können.

[0003] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Lageranordnung von verstellbaren Leitschaukeln vorzuschlagen, die Leckageströmungen im Bereich der Lageranordnung zumindest minimiert und dabei die Funktionalität der verstellbaren Leitschaukel möglichst nicht beeinträchtigt. Ferner ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine entsprechende verstellbare Leitschaukel sowie ein Leitrad vorzuschlagen.

[0004] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird durch eine Lageranordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Sie wird ferner durch eine verstellbare Leitschaukel mit den Merkmalen des Anspruchs 10 sowie einem Leitrad mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst.

[0005] Erfindungsgemäß wird somit eine Lageranordnung mit einer um eine radiale Längsachse verstellbaren Leitschaukel für eine Strömungsmaschine, insbesondere für einen Verdichter einer Strömungsmaschine, vorgeschlagen. Die Lageranordnung umfasst ein radiales äußeres Gehäuse-Lager und ein radial inneres Innenring-Lager. Mindestens ein Ende der Leitschaukel weist einen Leitschaukelkegel auf oder ist mit einem Leitschaukelkegel verbunden. Der Leitschaukelkegel ist in einem Kegelstumpf eines Innenrings eines Leittrads oder in einem Kegelstumpf eines Gehäuses der Strömungsmaschine drehbar gelagert angeordnet.

[0006] Bei allen vorstehenden und folgenden Ausführungen ist der Gebrauch des Ausdrucks "kann sein" bzw. "kann haben" usw. synonym zu "ist vorzugsweise" bzw. "hat vorzugsweise" usw. zu verstehen und soll erfindungsgemäße Ausführungsformen erläutern.

[0007] Wann immer hierin Zahlenworte genannt werden, so versteht der Fachmann diese als Angabe einer zahlenmäßig unteren Grenze. Sofern dies zu keinem für

den Fachmann erkennbaren Widerspruch führt, liest der Fachmann daher beispielsweise bei der Angabe "ein" oder "einem" stets "wenigstens ein" oder "wenigstens einem" mit. Dieses Verständnis ist ebenso von der vorliegenden Erfindung mit umfasst wie die Auslegung, dass ein Zahlenwort wie beispielsweise "ein" alternativ als "genau ein" gemeint sein kann, wo immer dies für den Fachmann erkennbar technisch möglich ist. Beides ist von der vorliegenden Erfindung umfasst und gilt für alle hierin verwendeten Zahlenworte.

[0008] Vorteilhafte Weiterentwicklungen der vorliegenden Erfindung sind jeweils Gegenstand von Unteransprüchen und Ausführungsformen.

[0009] Erfindungsgemäße Ausführungsformen können eines oder mehrere der im Folgenden genannten Merkmale aufweisen.

[0010] In bestimmten erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist die Strömungsmaschine eine Gasturbine, insbesondere ein Flugtriebwerk. Im Folgenden wird synonym zu dem Begriff "Strömungsmaschine" der Begriff "Gasturbine" verwendet.

[0011] Die Lageranordnung der verstellbaren Leitschaukel kann als Leitschaukelagervorrichtung oder Leitschaukelagereinrichtung oder Leitschaukelagerung bezeichnet werden.

[0012] In einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist die verstellbare Leitschaukel ein Abschnitt eines Verdichters, beispielsweise eines Hochdruckverdichters oder eines Niederdruckverdichters.

[0013] In gewissen erfindungsgemäßen Ausführungsformen umfasst die verstellbare Leitschaukel wenigstens ein Leitschaukelprofil zur Umströmung eines Arbeitsfluids und einen Außenzapfen zum Drehen und Übertragen einer Drehbewegung der verstellbaren Leitschaukel. Der Außenzapfen kann beispielsweise außerhalb eines Gehäuses der Gasturbine, oder in Verbindung mit dem Gehäuse, mittels eines Elektromotors, eines Getriebes oder einer anderen Ansteuerung gedreht und bewegt werden.

[0014] Eine radiale Längsachse der verstellbaren Leitschaukel ist in manchen erfindungsgemäßen Ausführungsformen eine Längsachse, die sich vom äußeren Gehäuse-Lager durch die verstellbare Leitschaukel bis zum inneren Innenring-Lager hin erstreckt. Insbesondere ist die Längsachse der Leitschaukel auch die Drehachse des äußeren Gehäuse-Lagers als auch die Drehachse des inneren Innenring-Lagers. Beispielsweise ist die verstellbare Leitschaukel um die radiale Längsachse derart drehbar angeordnet, dass die Anströmung der Leitschaukel wenigstens ein Volllastbetrieb und ein Teillastbetrieb der Gasturbine ermöglicht.

[0015] Der Begriff "radial äußeres Gehäuse-Lager" ist in gewissen erfindungsgemäßen Ausführungsformen synonym zu den Begriffen "radial äußere Lagerung", "Lagerung am Endbereich in radial äußerer Richtung" oder "endseitige Lagerung in radial äußerer Richtung" oder ähnlichen Begriffen zu verstehen.

[0016] Der Begriff "radial inneres Innenring-Lager" ist in gewissen erfindungsgemäßen Ausführungsformen

synonym zu den Begriffen "radial innere Lagerung", "Lagerung am Endbereich in radial innerer Richtung" oder "endseitige Lagerung in radial innerer Richtung" oder ähnlichen Begriffen zu verstehen.

[0017] In bestimmten erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist ein Leitschaukelkegel eine Leitschaukel mit einem Kegelansatz oder einem kegelförmigen Ansatz. Der Kegelansatz kann mit der Leitschaukel verbunden sein, beispielsweise mittels eines Fügeverfahren während oder nach einem Herstellungsprozess der Leitschaukel. Der Leitschaukelkegel kann einstückig mit der Leitschaukel verbunden oder hergestellt sein, beispielsweise mittels eines Gießverfahrens oder mittels eines generativen Herstellungsverfahrens.

[0018] In einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen verjüngt sich der Leitschaukelkegel in radial innerer Richtung bei einem Leitschaukelkegel für eine radial innere Innenring-Lagerung. Insbesondere verjüngt sich der Leitschaukelkegel rotationssymmetrisch zur radialen Längsachse der Leitschaukel. Der Leitschaukelkegel kann in radialer Richtung unterschiedliche Höhen über dem Umfang des Leitschaukelkegels aufweisen.

[0019] In manchen erfindungsgemäßen Ausführungsformen verjüngt sich der Kegelstumpf in radial innerer Richtung bei einem Leitschaukelkegel für eine radial innere Innenring-Lagerung. Insbesondere verjüngt sich der Kegel rotationssymmetrisch zur radialen Längsachse. Der Kegelstumpf kann in radialer Richtung unterschiedliche Höhen über dem Umfang des Kegelstumpfes aufweisen.

[0020] In gewissen erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist die Verjüngung des Leitschaukelkegels einerseits und des Kegelstumpfes andererseits unterschiedlich. Bei einer Innenring-Lagerung des Leitschaukelkegels in dem Kegelstumpf, insbesondere als Gleitlager, kann dies zu unterschiedlichen Spaltweiten zwischen dem inneren Umfang des Leitschaukelkegels einerseits und dem äußeren Umfang des Kegelstumpfes andererseits entlang der Längsachse der Leitschaukel führen. Beispielsweise kann der Leitschaukelkegel am radial inneren Ende der Leitschaukel am Kegelstumpf anliegen und sich nach radial außen aufweiten, insbesondere rotationssymmetrisch und kontinuierlich.

[0021] In bestimmten erfindungsgemäßen Ausführungsformen weist der Kegelstumpf eine radiale Anschlagfläche zur Begrenzung der radialen Verschiebbarkeit der Leitschaukel auf. Die radiale Anschlagfläche kann als radiale Fixierung, als radialer Anschlag oder als Festlegung der Leitschaukel durch die Stirnfläche des Kegelstumpfes bezeichnet werden. Mittels der radialen Anschlagfläche kann die Lagerung der Leitschaukel in diesem Bereich des Kegelstumpfes vorteilhaft einfach und kompakt (z. B. mittels einer niedrigen Bauhöhe) ausgeführt werden. Ein Ausgleich der Leitschaukel in radialer Richtung infolge von beispielsweise thermischer Ausdehnung im Betriebszustand oder aufgrund von Fertigungstoleranzen kann in der radial entgegengesetzten Lagerung, also der radial äußeren Lagerung, ausgegli-

chen oder kompensiert werden. Mittels der radialen Anschlagfläche kann die Toleranzkette der Leitschaukel, über die gesamte radiale Ausdehnung betrachtet, verkürzt werden.

[0022] In einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen weist der Kegelstumpf einen Einsatz oder einen Pfropfen, beispielsweise aus einem gehärteten Material, als radiale Anschlagfläche zur Begrenzung der radialen Verschiebbarkeit der Leitschaukel auf. Der Einsatz kann zumindest aus einem härteren Material als Kegelstumpf hergestellt sein oder ein solches aufweisen.

[0023] In manchen erfindungsgemäßen Ausführungsformen weist das Innenring-Lager oder das Gehäuse-Lager einen Spalt zwischen dem Leitschaukelkegel und dem Kegelstumpf auf. Der Spalt kann in radialer Richtung der Leitschaukel veränderlich sein. Der Spalt kann sich in radialer Richtung der Leitschaukel konisch zuspitzen, so dass an einer Stelle, insbesondere an der radial innersten Position des Kegelstumpfes eines Innenring-Lagers, der Kegelstumpf und der Leitschaukelkegel sich berühren. Diese Berührung kann über dem gesamten Umfang des Kegelstumpfes (oder der Mantelfläche des Kegelstumpfes) und des Leitschaukelkegel an dieser radialen Position erfolgen. Der Spalt mit einem Berühren der Mantelfläche des Kegelstumpfes mit dem Leitschaukelkegel kann als axiale Lagerung der Leitschaukel durch die Mantelfläche des Kegelstumpfes mit einem minimalem Spalt bezeichnet werden.

[0024] In gewissen erfindungsgemäßen Ausführungsformen erweitert sich der Spalt zwischen dem Leitschaukelkegel und dem Kegelstumpf in Radialrichtung, mit zunehmendem Abstand zur Anschlagfläche. Aufgrund dieser Spaltgeometrie, Anliegen oder Berühren des Leitschaukelkegels und des Kegelstumpfes zumindest in einem Bereich der jeweiligen Mantelfläche, und einem sich aufweitenden Spalt kann eine Spaltströmung (oder Leckageströmung) aufgrund einer Druckdifferenz zwischen einer Überdruckseite und einer Unterdruckseite der Leitschaukel minimiert oder abgedichtet werden. Gleichzeitig kann eine axiale Spiellagerung zum Ausgleich von Drehbewegungen der Leitschaukel um seine Längsachse erreicht werden.

[0025] In bestimmten erfindungsgemäßen Ausführungsformen weist das Innenring-Lager und/oder das Gehäuse-Lager, insbesondere das Lager, das dem Lager mit dem Leitschaukelkegel und dem Kegelstumpf radial entgegengesetzt angeordnet ist, ein elastisches Element oder eine elastische Vorrichtung zum Längenausgleich, insbesondere zum thermischen Längenausgleich, der Leitschaukel, insbesondere im Betriebszustand der Gasturbine, in radialer Richtung auf. Das Lager mit dem Leitschaukelkegel und dem Kegelstumpf kann eine radiale Anschlagfläche zur Begrenzung der radialen Verschiebbarkeit der Leitschaukel aufweisen. Bei einer Längenausdehnung der Leitschaukel, insbesondere infolge einer thermischen Längenausdehnung im Betriebszustand der Gasturbine, kann diese Längenausdehnung mittels des elastischen Elements oder der elastischen

Vorrichtung kompensiert werden. Ein elastisches Element kann ein Federelement (z. B. Spiralfeder, Federring etc.), ein Kunststoffelement, ein Gummielement oder ein anderes Element oder eine andere Vorrichtung sein.

[0026] In einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist das elastische Element ein Federring.

[0027] In manchen erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist das Innenring-Lager und/oder das Gehäuse-Lager ein Gleitlager. Das Gleitlager kann eine Linienberührung oder eine flächige Berührung zwischen dem Leitschaukelkegel und dem Kegelstumpf aufweisen. Aufgrund begrenzter relativer Bewegungen möglicher Gleitlagerpaarungen (Leitschaukelkegel, Kegelstumpf) zueinander weist das Gleitlager insbesondere keine weiteren Gleitmittel oder Schmiermittel auf.

[0028] In gewissen erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist die Leitschaukel mit dem Leitschaukelkegel einstückig hergestellt. Eine einstückige Herstellung kann beispielsweise mittels eines Gußverfahrens oder mittels eines generative Herstellungsverfahrens, z. B. mittels eines selektiven Lasersinterverfahren (SLM - Selective Laser Melting) erfolgen.

[0029] In bestimmten erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist die erfindungsgemäße verstellbare Leitschaukel mit einem Leitschaukelkegel am ihrem radial inneren oder radial äußeren Ende zum Einsatz als Gleitlager in einer Lageranordnung vorgesehen.

[0030] In einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen umfasst das erfindungsgemäße Leitrad, mit in Umfangsrichtung des Leitrads nebeneinander angeordneten verstellbaren Leitschaukeln, erfindungsgemäße Lageranordnungen und einen Innenring mit einer Dichtungsvorrichtung zum Abdichten von Leckageströmungen. Mittels des Innenrings und der erfindungsgemäßen Lageranordnungen können Dichtungen, insbesondere Einlaufdichtungen, direkt mit dem Innenring verbunden werden. Damit ist es vorteilhaft möglich, keinen zusätzlichen Dichtungsträger einzusetzen und zu verwenden. Insbesondere die radiale Bauhöhe kann damit auf die Bauhöhe des Innenrings beschränkt werden, ohne zusätzlichem Dichtungsträger. Der Innenring kann als integraler Innenring, mit der zusätzlichen Funktion eines Dichtungsträgers, bezeichnet werden.

[0031] Manche oder alle erfindungsgemäßen Ausführungsformen können einen, mehrere oder alle der oben und/oder im Folgenden genannten Vorteile aufweisen.

[0032] Mit der erfindungsgemäßen Lageranordnung kann vorteilhaft eine Abdichtung, oder zumindest eine Reduzierung, einer Spaltströmung oder Leckageströmung durch einen Spalt zwischen dem Leitschaukelkegel und dem Kegelstumpf erreicht werden. Mittels der erfindungsgemäßen Lageranordnung kann somit vorteilhaft eine optimale Abdichtung des Spalts, der als sogenannter "Pennyspalt" bezeichnet werden kann, auf der gesamten Lagerfläche erreicht werden.

[0033] Mit der erfindungsgemäßen Lageranordnung kann weiterhin vorteilhaft eine Verkürzung der Toleranzkette (z. B. Dehnungstoleranzen infolge thermischer

Ausdehnungen im Betriebszustand, Fertigungstoleranzen etc.) über die gesamte radiale Länge der Leitschaukel mittels der erfindungsgemäßen Lageranordnung erreicht werden. Die radiale Anschlagfläche am Spalt (der Spalt kann als Fahnenspalt bezeichnet werden) kann als Glied in der Toleranzkette entfallen.

[0034] Mittels der erfindungsgemäßen Lageranordnung mit einem Leitschaukelkegel und einem Kegelstumpf als Innenring-Lageranordnung kann die radialen Bauhöhe des Innenrings gegenüber einer Lagerung beispielsweise mittels eines Zapfens am radial inneren Ende einer verstellbaren Leitschaukel reduziert werden. Eine Zapfenanordnung, insbesondere mit einer zusätzlichen Buchse als Zapfenlagerung, weist in der Regel eine größere radiale Ausdehnung oder Länge auf als dies mit der erfindungsgemäßen Lageranordnung ausführbar ist. Die Kavität, in der der Leitschaukelkegel als Gleitlagerelement geführt wird, ist kleiner gegenüber einer Kavität mit einer Zapfenanordnung. Dadurch kann beispielsweise der Rotordurchmesser der Gasturbine vergrößert werden und/oder das Gewicht des Innenrings und damit der Gasturbine insgesamt reduziert werden. Dies kann weitere Vorteile ermöglichen, beispielsweise Materialkosten bei der Fertigung, reduzierte Treibstoffkosten bei einem Einsatz der Gasturbine in einem Flugzeug etc.

[0035] Mit der erfindungsgemäßen Lageranordnung kann vorteilhaft die Anzahl der Einzelteile einer Leitradanordnung reduziert werden. Beispielsweise können Dichtungsträger und/oder Buchsen (bzw. Lagerbuchsen) für eine alternative Stift- oder Zapfenlagerung der verstellbaren Leitschaukel entfallen.

[0036] Mit der erfindungsgemäßen Lageranordnung kann weiterhin vorteilhaft der Spalt zwischen dem Leitschaukelkegel und dem Kegelstumpf der verstellbaren Leitschaukel in dem Innenring, insbesondere während eines vorgesehenen Einsatzes als Gasturbine während des Flugbetriebs, stabilisiert werden. Dieses Stabilisieren kann als "Reduzieren des Chordings" bezeichnet werden. Der Begriff "Chording" ist als Ovalisierung des Spaltes infolge von radialen Bewegungen des Innenrings auf den Verbindungsabschnitten der verstellbaren Leitschaukeln zu verstehen. Beispielsweise können die verstellbaren Leitschaukeln mittels Zapfen oder Stiften, und zusätzlich durch Buchsen, nach dem Stand der Technik mit dem Innenring verbunden sein. Diese Verbindungen können nach dem Stand der Technik im vorgesehenen Betrieb Relativbewegungen zueinander ausführen, die zu dem genannten Chording führen können. Mittels der erfindungsgemäßen Lageranordnung kann dagegen ein radiales Ende der verstellbaren Schaufel mittels eines Leitschaukelkegels in einem Kegelstumpf geführt und gelagert sein, und weiterhin in Radialrichtung mittels einer radialen Anschlagfläche in dem Kegelstumpf begrenzt oder fixiert sein. Auf der radial entgegengesetzten Seite kann die verstellbare Leitschaukel mittels einer Lagerung und eines elastischen Elements fixiert sein. Diese Lageranordnung kann vorteilhaft eine Relativbewegung zwischen einer Leitschaukelverbindung mit dem Innenring

verhindern oder zumindest reduzieren, so dass der Chordingeffect zumindest reduziert wird. Anders ausgedrückt wird der Chordingeffect mittels der erfindungsgemäßen Lageranordnung durch ein radiales Kräftegleichgewicht zwischen dem Innenring und einem elastischen Element (dies kann auch als "Anfederung bezeichnet werden) zumindest reduziert.

[0037] Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Lagerung sind eine mögliche Kostenreduzierung aufgrund der bereits genannten Vorteile, ein robustes und kompaktes Design und damit einer Reduzierung der Komplexität gegenüber alternativen Lageranordnungen mit Zapfen und Buchsen, weiterhin eine mögliche Erhöhung der Standzeit des Leittrads mit den verstellbaren Leitschaukeln und den erfindungsgemäßen Lageranordnungen bei einem Entfallen von Buchsen (bei einer Lagerung mit Zapfen), sowie eine vereinfachte Montage und dadurch eine mögliche Vermeidung von Beschädigungen.

[0038] Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen, in welcher identische Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Bauteile bezeichnen, exemplarisch erläutert. In den jeweils schematisch vereinfachten Figuren gilt:

- Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines Leittrads gemäß dem Stand der Technik;
- Fig. 2 zeigt einen Leakagestrom zwischen einer Leittradschaukelplattform und einem Innenring gemäß dem Stand der Technik;
- Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Lageranordnung einer verstellbaren Leitschaukel mit einem Leitschaukelkegel und einem Kegelstumpf;
- Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemäße Lageranordnung einer verstellbaren Leitschaukel mit einem Leitschaukelkegel, einem Kegelstumpf und einem Einsatz in dem Kegelstumpf;
- Fig. 5 zeigt eine verstellbare Leitschaukel in einer Aufsicht von radial außen nach radial innen;
- Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt einer verstellbaren Leitschaukel in einer Seitenansicht;
- Fig. 7 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Lageranordnung mit einer verstellbaren Leitschaukel und einem Innenring;
- Fig. 8 zeigt eine Schnittdarstellung der Ansicht aus Fig. 7 mit einer verstellbaren Leitschaukel und einem Innenring;
- Fig. 9 zeigt eine perspektivische Ansicht einer radial inneren Innenring-Lagerung mit einer verstellbaren Leitschaukel und einem Innenring in ei-

nem geschlossenen Zustand der Leitschaukel;

- Fig. 10 zeigt eine perspektivische Ansicht einer radial inneren Innenring-Lagerung mit einer verstellbaren Leitschaukel gemäß dem Stand der Technik und einem Innenring;
- Fig. 11 zeigt eine weitere perspektivische Ansicht einer radial inneren Innenring-Lagerung mit einer verstellbaren Leitschaukel gemäß dem Stand der Technik und einem Innenring;
- Fig. 12 zeigt einen Leitschaukelkegel einer erfindungsgemäßen Leitschaukel im Vergleich mit einem Lagerzapfen einer Leitschaukel gemäß dem Stand der Technik;
- Fig. 13 zeigt eine weitere Ansicht der Anordnung aus Fig. 12; und
- Fig. 14 zeigt eine Aufsicht der Anordnungen aus den Fig. 12 und Fig. 13.
- [0039]** Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines Leittrads 110 in perspektivischer Ansicht gemäß dem Stand der Technik. Das Leitrad 110 kann alternativ als Leitradkranz 110 bezeichnet wird.
- [0040]** Das Leitrad 110 wird im vorgesehenen Einsatz in Axialrichtung a in einer Strömungsmaschine, insbesondere in einer Gasturbine, angeströmt.
- [0041]** Das Leitrad 110 weist mehrere, in Umfangsrichtung u nebeneinander angeordnete verstellbare Leitschaukeln 210 gemäß dem Stand der Technik auf. Die Leitschaukeln 210 weisen jeweils Außenzapfen 1 auf, die am radial äußeren Ende (in Radialrichtung r) mit einem Gehäuse einer Strömungsmaschine (in Fig. 1 nicht dargestellt), insbesondere einer Gasturbine, verbunden sind oder über das Gehäuse hinaus nach außen hinausragen, insbesondere zur Ansteuerung und zum Drehen des Außenzapfen und damit des Leitschaukelprofils. Das radial innere Ende der Außenzapfen 1 ist mit Leitschaukelprofilen 3 verbunden.
- [0042]** Die radial inneren Enden der Leitschaukelprofile 3 sind mittels Stiften 5 (oder Innenzapfen 5) mit einem Innenring 8 gemäß dem Stand der Technik des Leittrads 110 verbunden (siehe Fig. 2). Der Innenring 7 ist mit einem ringförmigen Dichtungsträger 9 verbunden.
- [0043]** Der Dichtungsträger 9 kann mit Einlaufdichtungen 19 (oder Einlaufdichtsegmenten 19) verbunden sein (siehe Fig. 2).
- [0044]** Fig. 2 zeigt einen Detailausschnitt aus Fig. 1 in einer Schnittdarstellung mit einer Leittradschaukelplattform 11 und dem Innenring 8 nach dem Stand der Technik.
- [0045]** Die Leitschaukel 210 ist mit dem Innenring 8 mittels des Stiftes 5 und einer Buchse 13 verbunden. Zur Fixierung des Stiftes 5 in dem Innenring 8 und/oder als

Lagerbuchse der verstellbaren Leitschaukel 210 (zur Drehung um eine Längsachse 14) ist die Buchse 13 in eine Bohrung 15 des Innenrings 8 eingefügt.

[0046] Der Dichtungsträger 9 und der Innenring 8 können in Umfangsrichtung u ineinander geschoben sein. Die Segmente sind mittels eines Sicherungsstiftes 17 im Einbauzustand gegen ein Verschieben des Dichtungsträgers 9 und des Innenrings 8 (relativ zueinander) gesichert.

[0047] Mit dem Dichtungsträger 9 sind Einlaufdichtungen 19 verbunden, die zur Ausbildung eines Dichtspalts zwischen Dichtspitzen 21, beispielsweise einer rotierenden Welle 23, vorgesehen sind.

[0048] Nach dem Stand der Technik kann sich ein Leckagestrom 25, insbesondere zwischen der Leitschaukelplattform 11 und dem Innenring 8, ausbilden. Der Leckagestrom 25 strömt infolge des Druckgefälles von der Druckseite des Schaufelprofils 3 zur Saugseite.

[0049] Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Lageranordnung 300 einer verstellbaren Leitschaukel 200 mit einem Leitschaukelkegel 27 und einem Kegelstumpf 29.

[0050] Ein radial inneres Innenring-Lager 31 umfasst den Leitschaukelkegel 27 der verstellbaren Leitschaukel 200 und den Kegelstumpf 29 eines Innenrings 7.

[0051] Zwischen dem Leitschaukelkegel 27 und dem Kegelstumpf 29 ist ein Spalt 28 ausgebildet, der die axiale Lagerung der Leitschaukel in dem Innenring 7 unterstützt.

[0052] Ein radial äußeres Gehäuse-Lager 33 umfasst einen Leitschaukelabsatz 35, den Außenzapfen 1, ein Gehäuse 37 (oder Gehäuseabschnitt) und wenigstens einen Federring 39 als elastisches Element.

[0053] Der Kegelstumpf 29 weist eine radiale Anschlagfläche 41 zur Begrenzung der radialen Verschiebbarkeit der verstellbaren Leitschaukel 200 auf. Aufgrund dieser Anschlagfläche 41 erfolgt ein thermischer Längenausgleich und/oder ein Toleranzausgleich in radialer Richtung r mittels des Federrings 39 zum Gehäuse 37 hin.

[0054] Der Innenring 7 ist mit einer Einlaufdichtung 19 verbunden. Aufgrund dieser direkten Verbindung der Einlaufdichtung 19 mit dem Innenring 7 gegenüber einer Anordnung nach dem Stand der Technik, in dem die Einlaufdichtung 19 zunächst mit einem Dichtungsträger 9 verbunden ist, der wiederum mit dem Innenring 8 (gemäß dem Stand der Technik) verbunden ist (siehe Fig. 2), kann die radiale Bauhöhe der erfindungsgemäßen Lageranordnung 300, insbesondere im Bereich des radial inneren Innenring-Lagers 31, wesentlich reduziert werden.

[0055] Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemäße Lageranordnung 300 einer verstellbaren Leitschaukel 200 mit einem Leitschaukelkegel 27, einem Kegelstumpf 29 und einem Einsatz 43 in dem Kegelstumpf 29 als radial inneres Innenring-Lager 31.

[0056] Der Einsatz 43 weist eine, gegenüber der Ausführung in Fig. 3, alternative radiale Anschlagfläche zur Begrenzung der radialen Verschiebbarkeit der verstellbaren Leitschaukel 200 auf. Der Einsatz 43 kann ein anderes, beispielsweise härteres und/oder für die Gleitpaarung

besser geeignetes Material (beispielsweise mit besseren Gleiteigenschaften) als der Kegelstumpf 29 aufweisen. Weiterhin kann der Einsatz 43 bei Verschleiß einfacher ausgetauscht werden, oder in der radialen Höhe besser angepasst werden.

[0057] Fig. 5 zeigt eine verstellbare Leitschaukel 200 in einer Aufsicht von radial außen nach radial innen betrachtet.

[0058] In Fig. 5 wird zusätzlich ein Durchmesser 45 der Leitradschaukelplattform 11 der verstellbaren Leitschaukel 210 nach dem Stand der Technik (siehe Fig. 1 und Fig. 2) dargestellt (strichpunktiert).

[0059] Rein exemplarisch wird in diesem Ausführungsbeispiel der Durchmesser 45 mit ca. 13 mm angegeben. Weiterhin wird ein Rückschnitt 47 (der Rückschnitt kann als Versatz oder Versatzmaß bezeichnet werden) zwischen der Leitradschaukelplattform 11 nach dem Stand der Technik und der verstellbaren Leitschaukel 200 für die erfindungsgemäße Lageranordnung 300 angegeben, der in diesem rein exemplarischen Ausführungsbeispiel ca. 0,6 mm beträgt.

[0060] Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt einer verstellbaren Leitschaukel 200 in einer Seitenansicht. Rein exemplarisch wird in diesem Ausführungsbeispiel der Winkel zwischen der Mantelfläche des Leitschaukelkegel 27 und der radialen Längsachse der Leitschaukel 200 mit ca. 20° angegeben.

[0061] Fig. 7 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Lageranordnung 300 mit einer verstellbaren Leitschaukel 200 und einem Innenring 7. Diese Anordnung entspricht einem radial inneren Innenring-Lager 31. Rechts neben dem Innenring-Lager 31 (oder an der über dem Umfang des Innenrings benachbarten Position) ist ein Kegelstumpf 29 dargestellt, in dem noch keine Leitschaukel 200 mit einem Leitschaukelkegel 27 eingefügt ist. Am Boden des Kegelstumpfes 29 ist die Anschlagfläche 41 zur Begrenzung der radialen Verschiebbarkeit der verstellbaren Leitschaukel 200 sichtbar.

[0062] Unterhalb des Innenring 7 (in Fig. 7 nicht sichtbar) kann der Innenring 7 mit einer Einlaufdichtung 19 verbunden sein, insbesondere ohne zusätzlichem Dichtungsträger 9 (siehe Fig. 1 und Fig. 2).

[0063] Fig. 8 zeigt die Anordnung aus Fig. 7 in einer Schnittdarstellung mit einem radial inneren Innenring-Lager 31, einer verstellbaren Leitschaukel 200 und einem Innenring 7. Das Innenring-Lager 31 weist einen Leitschaukelkegel 27 und einen Kegelstumpf 29 mit einer Anschlagfläche 41 auf.

[0064] Fig. 9 zeigt eine perspektivische Ansicht einer radial inneren Innenring-Lagerung 31 mit einer verstellbaren Leitschaukel 200 und einem Innenring 7 in einem geschlossenen Zustand der Leitschaukel 200. Der geschlossene Zustand der Leitschaukel 200 ist dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaukeln 200 aus einer offenen Position für den Vollastbetrieb, also einer direkten Anströmung der Leitschaukelvorderkante 49 und einer möglichst optimalen Strömungsumlenkung zur Anströmung der nachfolgenden Laufschaufeln in eine ge-

schlossene Position verstellt werden. Die Verstellung entspricht einer Verdrehung der Leitschaukeln 200 um ihre radiale Längsachse 14 derart, dass die Durchströmung für einen Teillastbetrieb möglichst optimal ist. Der tatsächliche Verstellwinkel hängt von mehreren Faktoren ab, beispielsweise den maximal und konstruktiv möglichen Verstellwinkeln, den Anforderungen an einen Teillastbetrieb etc.

[0065] In dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt der maximal mögliche Verstellwinkel der Leitschaukel 200 im geschlossenen Zustand ca. -34°. Bezugswinkel ist der Winkel in der Ausgangsstellung der Leitschaukeln 200 für den Volllastbetrieb.

[0066] Fig. 10 zeigt eine perspektivische Ansicht einer radial inneren Innenring-Lagerung 31 mit einer gemäß dem Stand der Technik verstellbaren Leitschaukel 210 und einem Innenring 7.

[0067] Die verstellbare Leitschaukel 210 ist in der maximal verschlossenen Position (insbesondere für den Teillastbetrieb) positioniert.

[0068] Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass die Leitschaukel 210 (gemäß dem Stand der Technik) für einen Innenring 7, der für die erfindungsgemäße Lageranordnung 300 vorgesehen und geeignet ist, modifiziert werden muss. Wie bereits in der Beschreibung der Fig. 5 und deren vergleichende Darstellung einer Leitschaukel 200 mit einem Durchmesser 45 gezeigt wurde, sind die geometrischen Verhältnisse anzupassen.

[0069] Fig. 11 zeigt eine weitere perspektivische Ansicht einer radial inneren Innenring-Lagerung 31 mit einer verstellbaren Leitschaukel 210 (gemäß dem Stand der Technik) und einem Innenring 7. Wie bereits in Fig. 10 beschrieben wurde, muss die Leitschaukel 210 für einen Einbau in einen Innenring der erfindungsgemäßen Lagerung 300 angepasst werden.

[0070] Die verstellbare Leitschaukel 210 ist in der maximal verschlossenen Position (insbesondere für den Teillastbetrieb) positioniert.

[0071] Fig. 12 zeigt einen Leitschaukelkegel 27 einer erfindungsgemäßen verstellbaren Leitschaukel 200 im Vergleich mit einem Stift 5 (oder Lagerzapfen) einer Leitschaukel 210 gemäß dem Stand der Technik.

[0072] Fig. 13 zeigt eine weitere Ansicht der Anordnung aus Fig. 12.

[0073] Fig. 14 zeigt eine Aufsicht der Anordnungen aus den Fig. 12 und Fig. 13.

Bezugszeichenliste

[0074]

100	Leitrad; Leitradkranz
110	Leitrad; Leitradkranz gemäß dem Stand der Technik
200	verstellbare Leitschaukel
210	verstellbare Leitschaukel gemäß dem Stand der Technik
300	Lageranordnung

a	axial; Axialrichtung
r	radial; Radialrichtung
u	Umfangsrichtung
1	Außenzapfen
5	3 Leitschaukelprofil
5	Stift; Innenzapfen
7	Innenring
8	Innenring gemäß dem Stand der Technik
9	Dichtungsträger
10	11 Leitradschaukelplattform
13	Buchse
14	radiale Längsachse der Leitschaukel
15	Bohrung
17	Sicherungsstift
15	19 Einlaufdichtung; Einlaufdichtsegment
21	Dichtspitzen
23	Welle
25	Leckagestrom
27	Leitschaukelkegel
20	28 Spalt
29	Kegelstumpf
31	radial inneres Innenring-Lager
33	radial äußeres Gehäuse-Lager
35	Leitschaukelabsatz
25	37 Gehäuse; Gehäuseabschnitt
39	Federring
41	Anschlagfläche
43	Einsatz
45	Durchmesser der Leitschaukelplattform
30	47 Rückschnitt der Leitschaukelplattform
49	Leitschaukelvorderkante

Patentansprüche

- 35 1. Lageranordnung (300) mit einer um eine radiale Längsachse (14) verstellbaren Leitschaukel (200) für eine Strömungsmaschine, einem radial äußeren Gehäuse-Lager (33) und einem radial inneren Innenring-Lager (31),

dadurch gekennzeichnet, dass

mindestens ein Ende der Leitschaukel (200) einen Leitschaukelkegel (27) aufweist oder hiermit verbunden ist, welcher in einem Kegelstumpf (29) eines Innenrings (7) eines Leitrads (100) oder in einem Kegelstumpf (29) eines Gehäuses (37) der Strömungsmaschine drehbar gelagert angeordnet ist.

- 50 2. Lageranordnung (300) nach Anspruch 1, wobei der Kegelstumpf (29) eine radiale Anschlagfläche (41) zur Begrenzung der radialen Verschiebbarkeit der Leitschaukel (200) aufweist.

- 55 3. Lageranordnung (300) nach Anspruch 1, wobei der Kegelstumpf (29) einen Einsatz (43) als radiale Anschlagfläche (41) zur Begrenzung der radialen Verschiebbarkeit der Leitschaukel (200) aufweist.

4. Lageranordnung (300) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Innenring-Lager (31) oder das Gehäuse-Lager (33) einen Spalt (28) zwischen dem Leitschaukelkegel (27) und dem Kegelstumpf (29) aufweist. 5
5. Lageranordnung (300) nach Anspruch 4, wobei sich der Spalt (28) zwischen dem Leitschaukelkegel (27) und dem Kegelstumpf (29) in Radialrichtung, mit zunehmendem Abstand zur Anschlagfläche (41), erweitert. 10
6. Lageranordnung (300) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Innenring-Lager (31) und/oder das Gehäuse-Lager (33) ein elastisches Element zum Längenausgleich der Leitschaukel (200) in radialer Richtung aufweist. 15
7. Lageranordnung (300) nach Anspruch 6, wobei das elastische Element ein Federring (39) ist oder aufweist. 20
8. Lageranordnung (300) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Innenring-Lager (31) und/oder das Gehäuse-Lager (33) ein Gleitlager ist. 25
9. Lageranordnung (300) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Leitschaukel (200) mit dem Leitschaukelkegel (27) einstückig hergestellt ist.
10. Verstellbare Leitschaukel (200) mit einem Leitschaukelkegel (27) am radial inneren Ende oder am radial äußeren Ende der Leitschaukel (200) als Teil eines Gleitlagers in einer Lageranordnung (300) nach einem der vorangegangenen Ansprüche. 30
35
11. Leitrad (100) mit in Umfangsrichtung des Leitrads (100) nebeneinander angeordneten verstellbaren Leitschaukeln (200) nach Anspruch 10, mit Lageranordnungen (300) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und einem Innenring (7) mit einer Dichtungsvorrichtung zum Abdichten von Leckageströmungen (25). 40
12. Leitrad (100) nach Anspruch 11, wobei die Dichtungsvorrichtung eine Einlaufdichtung (19) ist. 45

50

55

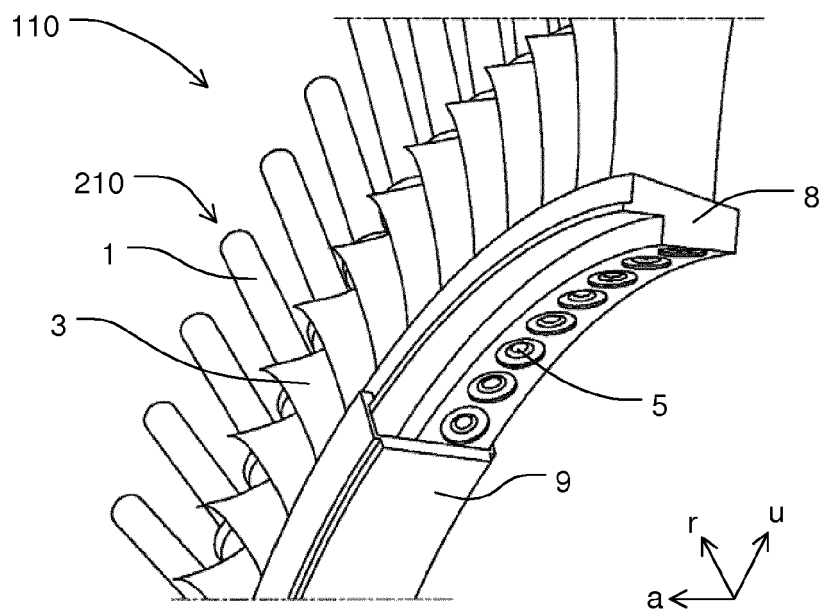


Fig. 1

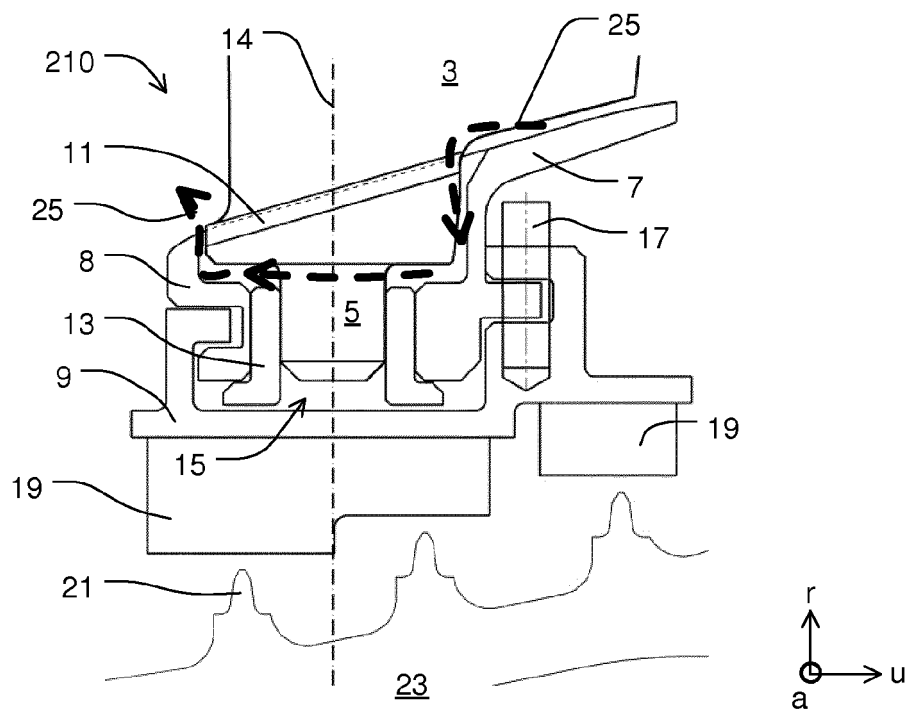


Fig. 2

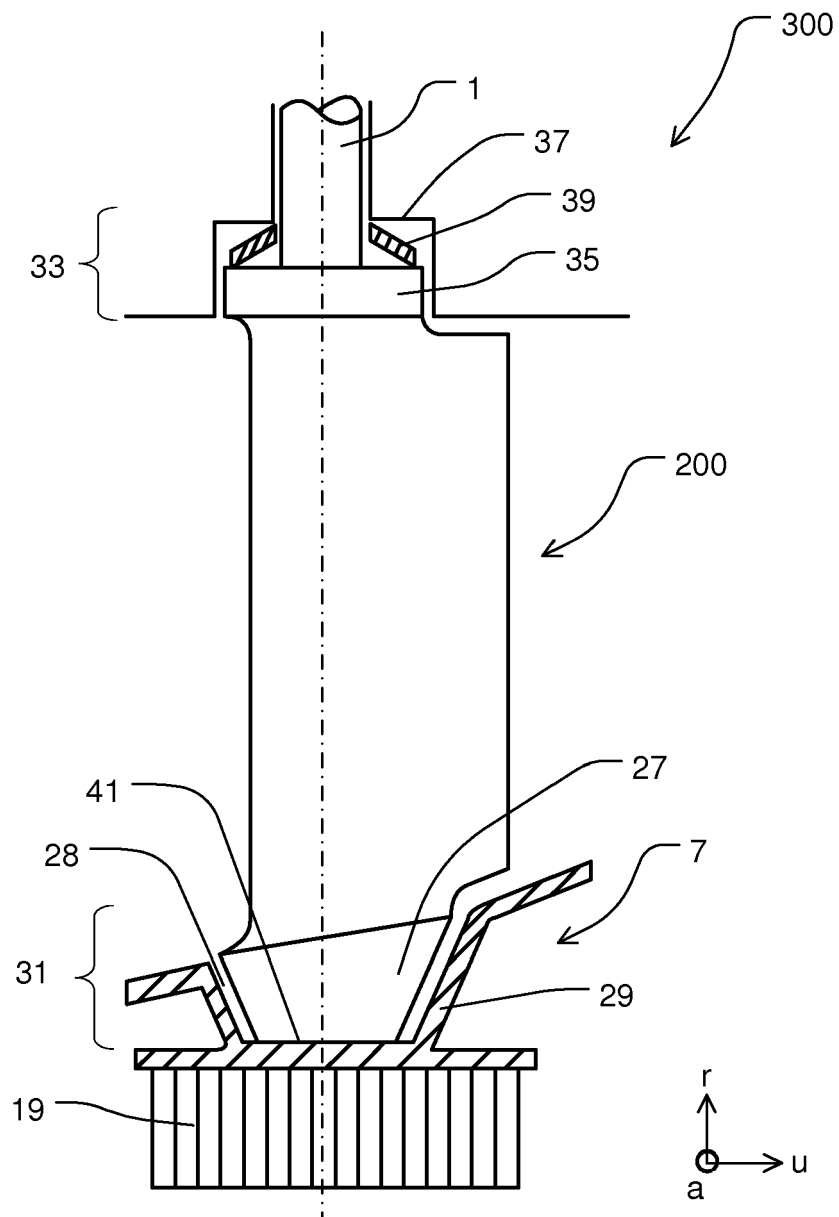


Fig. 3

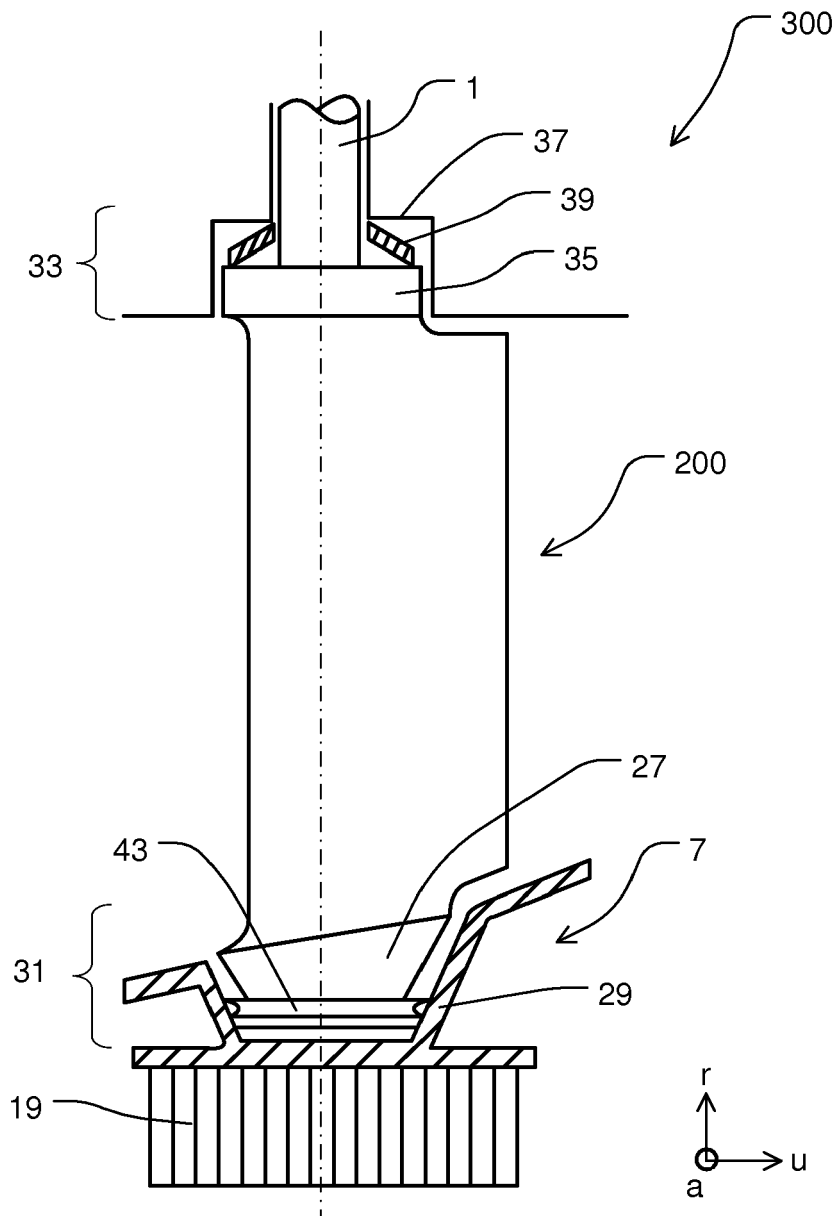


Fig. 4

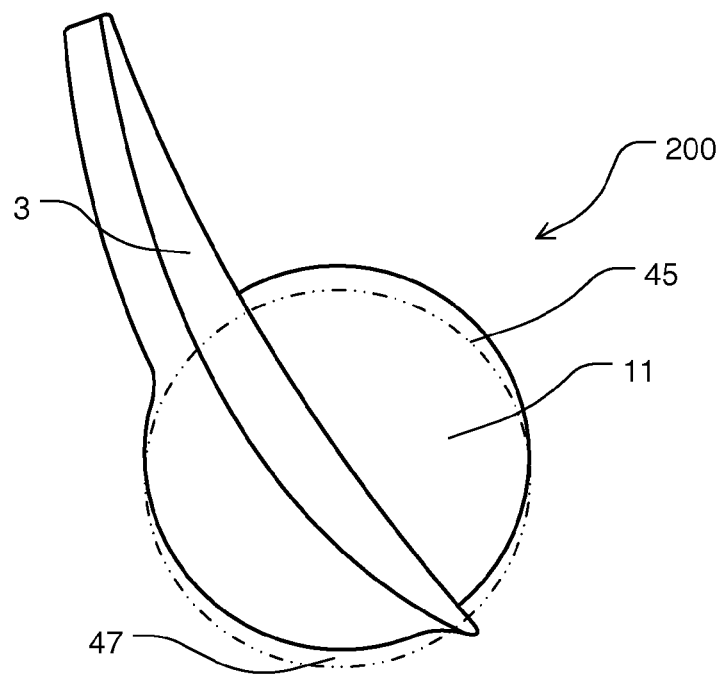


Fig. 5

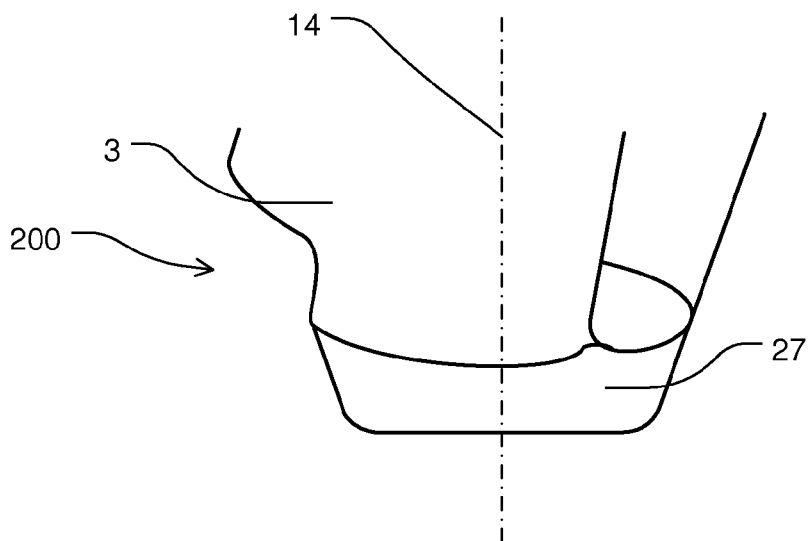


Fig. 6

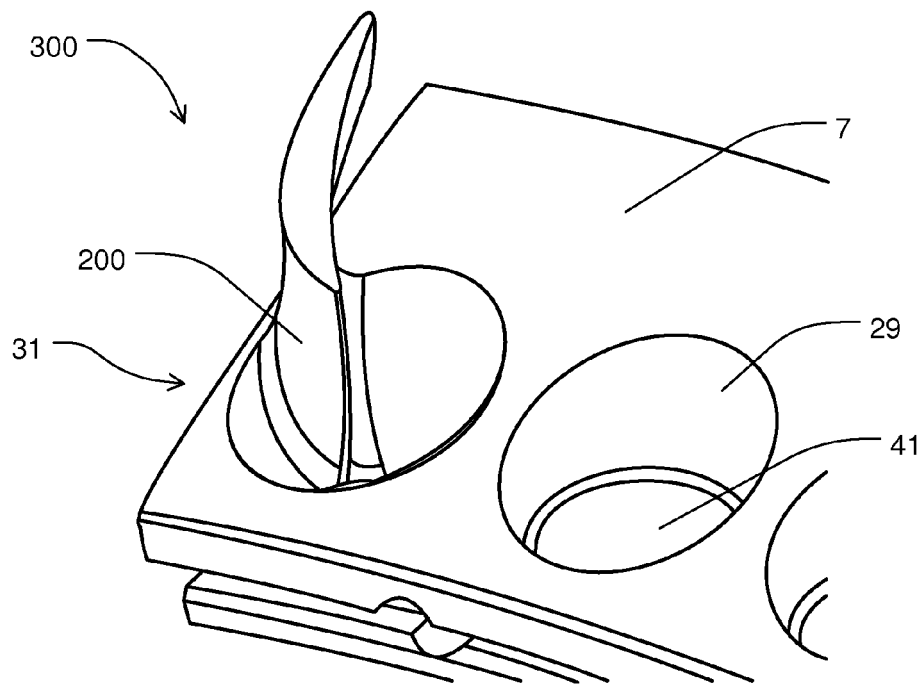


Fig. 7

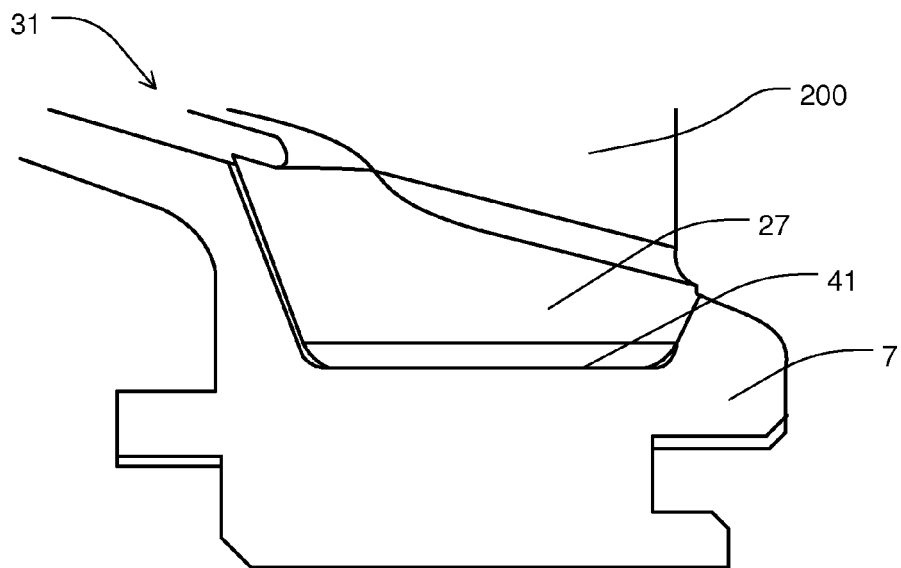


Fig. 8

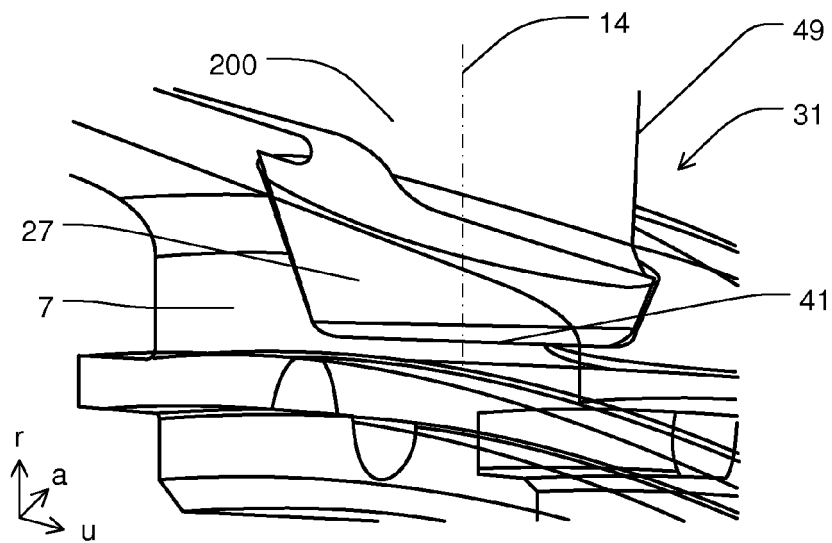


Fig. 9

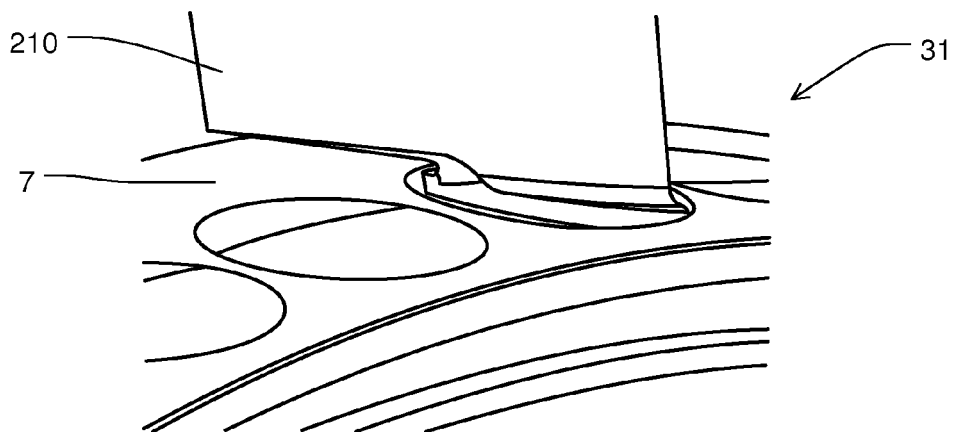


Fig. 10

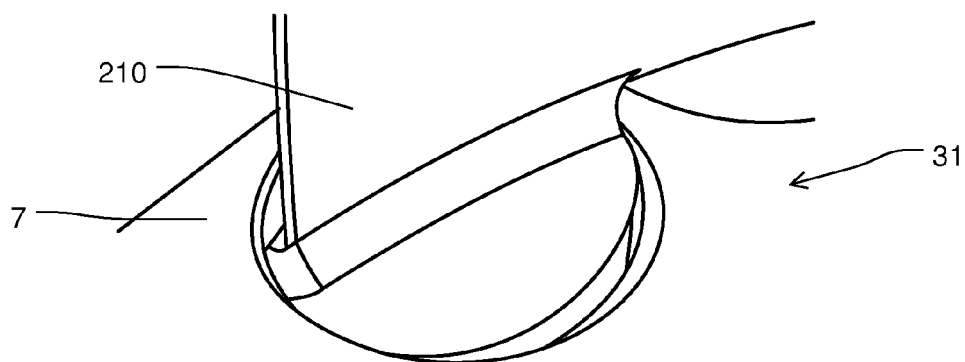


Fig. 11

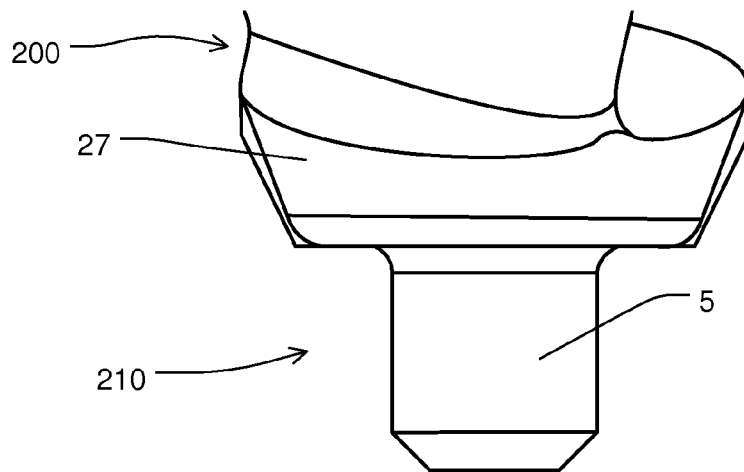


Fig. 12

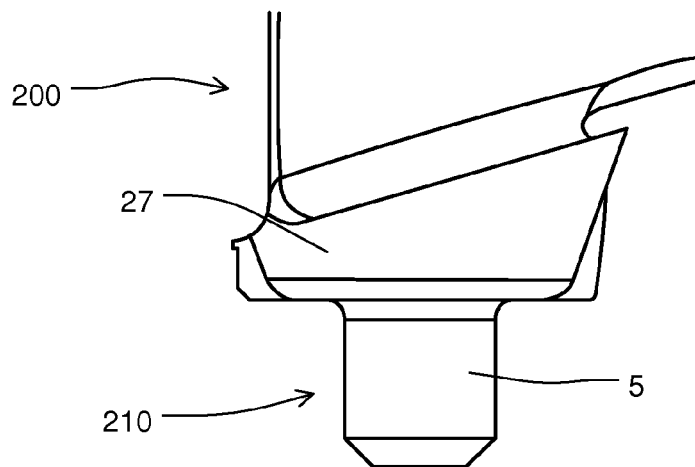


Fig. 13

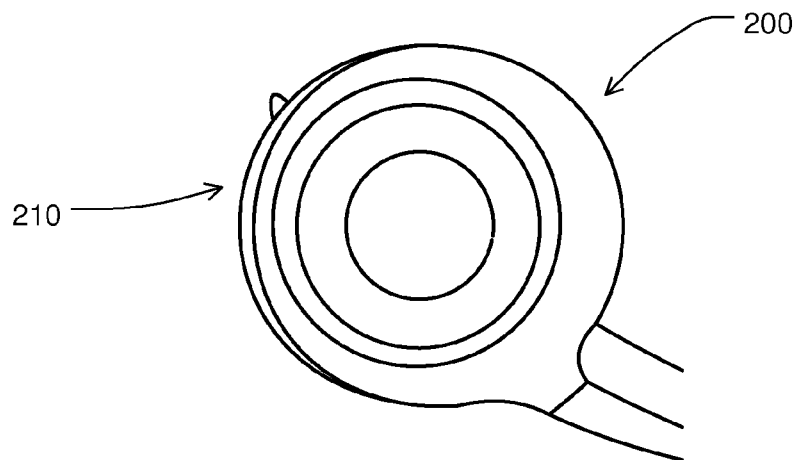


Fig. 14



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 19 6345

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 0 965 727 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 22. Dezember 1999 (1999-12-22)	1,2,4, 8-11	INV. F01D17/16
Y	* Absatz [0011] - Absatz [0014]; Abbildungen 1-4 *	12	

X	US 2 930 579 A (BOYD LAWRENCE M ET AL) 29. März 1960 (1960-03-29)	1-11	
	* Spalte 3, Zeile 7 - Zeile 14; Anspruch 1 *		

X	GB 757 230 A (HAVILLAND ENGINE CO LTD) 19. September 1956 (1956-09-19)	1,2,4-6, 9,11	
	* Abbildungen 1,2 *		

X	US 5 211 537 A (LANGSTON TODD A [US] ET AL) 18. Mai 1993 (1993-05-18)	1,2,4-12	
	* Abbildung 1 *		

X	DE 10 03 512 B (POWER JETS RES & DEV LTD) 28. Februar 1957 (1957-02-28)	1-6,8, 10,11	
	* Ansprüche 1-9; Abbildungen 1-5 *		

Y	EP 2 520 769 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 7. November 2012 (2012-11-07)	12	
A	* Absatz [0031]; Abbildung 7 *	1,4,8, 10,11	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
München		6. Mai 2014	
Prüfer		Koch, Rafael	
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 13 19 6345

5

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

06-05-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0965727	A2	22-12-1999	DE	69916367 D1	19-05-2004
			DE	69916367 T2	17-03-2005
			EP	0965727 A2	22-12-1999
			GB	2339244 A	19-01-2000
			US	6179559 B1	30-01-2001

US 2930579	A	29-03-1960	KEINE		

GB 757230	A	19-09-1956	CH	334421 A	30-11-1958
			FR	1114241 A	10-04-1956
			GB	757230 A	19-09-1956

US 5211537	A	18-05-1993	KEINE		

DE 1003512	B	28-02-1957	CH	326300 A	15-12-1957
			DE	1003512 B	28-02-1957
			FR	1114461 A	12-04-1956
			GB	755527 A	22-08-1956
			US	2950084 A	23-08-1960

EP 2520769	A1	07-11-2012	CA	2775521 A1	02-11-2012
			EP	2520769 A1	07-11-2012
			US	2012282088 A1	08-11-2012

EPO FORM P0481

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