

(19)



(11)

EP 4 528 080 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.03.2025 Patentblatt 2025/13

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01D 17/16 ^(2006.01) **F01D 11/00** ^(2006.01)
F01D 5/14 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24195647.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01D 17/162; F01D 5/143; F01D 11/001;
F05D 2230/51; F05D 2230/64; F05D 2240/80;
F05D 2260/961

(22) Anmeldetag: **21.08.2024**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

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

(72) Erfinder: **Humhauser, Werner**
80995 München (DE)

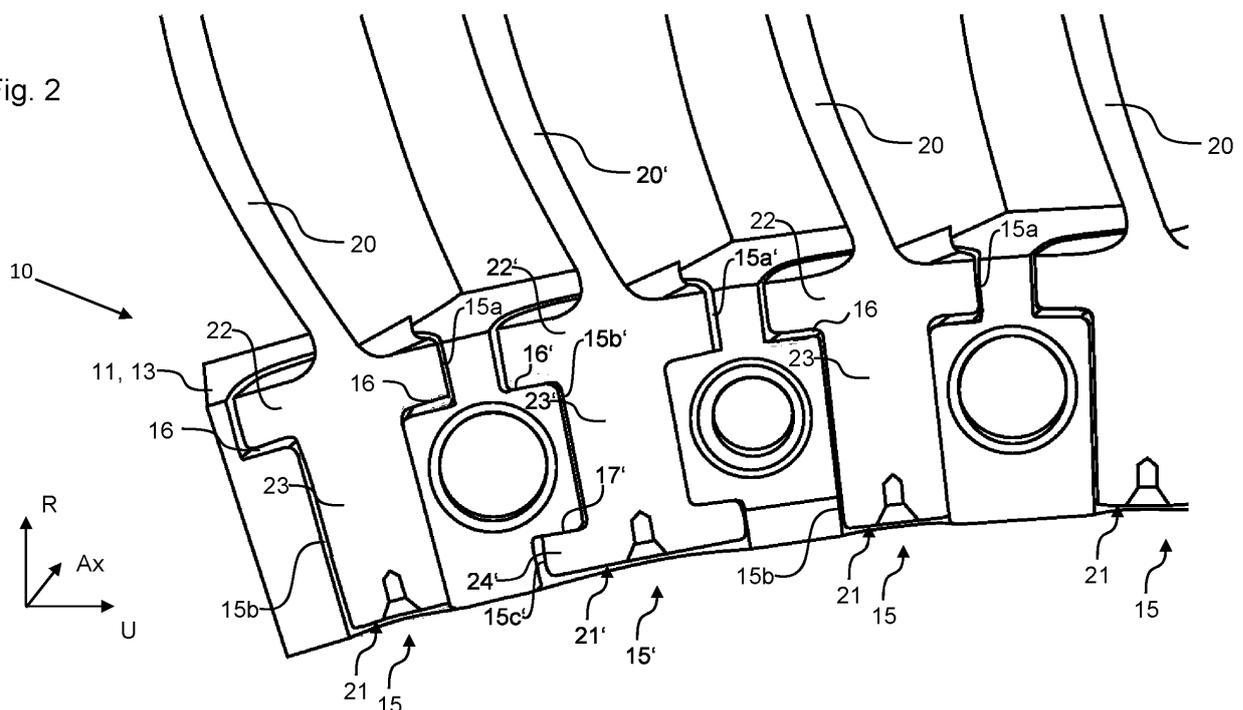
(30) Priorität: **20.09.2023 DE 102023125526**

(54) **AXIAL GETEILTES INNENRINGSEGMENT FÜR EINEN VERSTELLBAREN LEITSCHAUFELKRANZ EINES FLUGTRIEBWERKS, AXIAL GETEILTER INNENRING, VERSTELLBARER LEITSCHAUFELKRANZ FÜR EIN FLUGTRIEBWERK, UND FLUGTRIEBWERK**

(57) Die Erfindung betrifft ein axial geteiltes Innenringsegment (11) für einen verstellbaren Leitschaufelkranz (2a, 4a) eines Flugtriebwerks (1), einen axial geteilten Innenring (10), einen verstellbaren Leitschaufelkranz (2a, 4a) für ein Flugtriebwerk (1), sowie ein Flug-

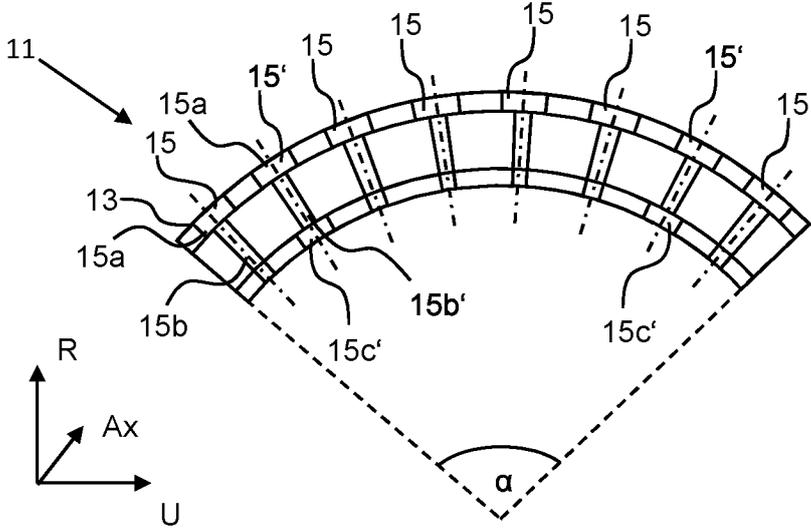
triebwerk. Der Innenring (10) und der Leitschaufelkranz (2a, 4a) verbessern den Wirkungsgrad des Flugtriebwerks (1) durch verschieden ausgebildete Leitschaufelaufnahmen (15, 15') in dem Innenring (10).

Fig. 2



EP 4 528 080 A1

Fig. 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen axial geteilten Innenring für einen verstellbaren Leitschaufelkranz eines Flugtriebwerks, umfassend eine Mehrzahl in axialer Richtung geteilter und in Umfangsrichtung aneinandergereihter Innenringsegmente, wobei in zumindest einem der Innenringsegmente eine Reihe von Leitschaufelaufnahmen ausgebildet ist. Ferner betrifft die Erfindung einen Leitschaufelkranz für ein Flugtriebwerk, umfassend eine Gruppe von verstellbaren Leitschaufeln (engl. "variable vanes") und einen die verstellbaren Leitschaufeln aufnehmenden axial geteilten Innenring, wobei der Innenring aus einer Mehrzahl von Innenringsegmenten gebildet ist, und wobei zumindest eines, insbesondere jedes, der Mehrzahl von Innenringsegmenten eine Reihe von Leitschaufelaufnahmen zur Aufnahme zumindest eines Teils der Gruppe der Leitschaufeln aufweist. Der Innenring nimmt die Leitschaufeln an ihren Schaufelfüßen auf, die zumindest einen Außenteller und einen Schaufelzapfen und in einigen Ausführungsformen einen Innenteller aufweisen.

[0002] Die Komponenten eines Flugtriebwerks sind um oder auf einer Triebwerkswelle angeordnet. Zur Beschreibung der in den Flugtriebwerken vorkommenden Geometrien sind daher drei Hauptachsen definiert. Die erste Hauptachse verläuft in Richtung der Triebwerksdrehachse und wird auch als Längsachse bezeichnet, die in Axialrichtung oder axialer Richtung verläuft. Durch die erste Hauptachse wird ein Vorne und ein Hinten der jeweils betrachteten Geometrie festgelegt, wobei vorne der Eintritt und hinten der Austritt des Strömungsgases erfolgt. Die zweite Achse verläuft entlang einer auf der Triebwerksdrehachse senkrecht stehenden Richtung und wird auch als Radialachse bezeichnet, die in Radialrichtung oder radialer Richtung verläuft. Durch die zweite Hauptachse wird ein Außen und ein Innen des Triebwerks bestimmt, wobei innen die Triebwerksachse liegt und die Radialrichtung von der Triebwerksachse nach außen verläuft. Die dritte Hauptachse verläuft in Umfangsrichtung senkrecht zu den beiden anderen Hauptachsen. Die drei Hauptachsen bestimmen zusammen drei Hauptebenen: Meridianebenen, die auch als Meridianschnitte bezeichnet werden können und die von der Längsachse und jeweils einer Radialachse aufgespannt sind; Umfangsebenen, die auf einer Zylindermantelfläche um die Triebwerksdrehachse liegen; und Querschnittsebenen des Triebwerks, die normal zu der Triebwerksdrehachse angeordnet sind.

[0003] Der Innenring und der verstellbare Leitschaufelkranz sind in der Regel in einem Kernstromkanal des Flugtriebwerks angeordnet. Der Kernstromkanal wird von einem Außengehäuse und einem Innengehäuse begrenzt, wobei der Innenring gemeinsam mit Außentellern der Leitschaufeln einen Teil des Innengehäuses bildet. Eine gemeinsame Funktion sowohl des Innenrings für den verstellbaren Leitschaufelkranz und des verstellbaren Leitschaufelkranzes ist die Bildung einer

Innenluftdichtung (engl. "inner air seal"), wozu der Innenring einerseits von den Leitschaufeln des Leitschaufelkranzes gehalten und andererseits mit einem Dichtungsring ausgebildet ist. An dem Dichtungsring befinden sich Dichtungsbeläge, die mit entsprechenden Dichtfins an dem Rotor zusammenwirken und zur Abdichtung eines Radialspalts zwischen Rotor und Stator eine Labyrinthdichtung bilden.

[0004] Die Verbindung zwischen dem Innenring und den Schaufelfüßen ist Leckage behaftet. Um diese Leckageströmung möglichst gering zu halten, sind aus dem Stand der Technik für Innenluftdichtungen an verstellbaren Leitschaufeln eines Kernstromkanals zwei prinzipielle Bauweisen bekannt.

[0005] Das erste Prinzip betrifft schwebende, das heißt spielbehaftete Innenluftdichtungen (engl. "floating inner air seals"). Der Innenring kann aus zwei sich über 180° in Umfangsrichtung erstreckende Halbringsegmente bestehen, die speichenzentriert an den Gleitflächen der inneren Schaufelzapfen der verstellbaren Leitschaufeln geführt werden. Der Innenring weist Leitschaufelaufnahmen auf, die in radialer Richtung mit einem Spiel ausgebildet sind, so dass die in den Leitschaufelaufnahmen angeordneten verstellbaren Leitschaufeln sich zumindest in radialer Richtung bewegen können. In axialer Richtung und in Umfangsrichtung ist die Verbindung mit minimalem Spiel oder passgenau ausgebildet, um die Leckage möglichst gering zu halten. Die Halbringsegmente können in vordere und hintere Abschnitte in axialer Richtung geteilt sein und sind dabei meist miteinander verschraubt oder durch Stifte miteinander verbunden. Ein Beispiel für diese Ausführungsform ist aus der EP 2 093 380 A1 bekannt. Die Halbringsegmente können auch einstückig ausgebildet sein und von innen an die Leitschaufeln über eine elastische Verformung montiert werden. Bei diesem Konstruktionsprinzip kann sich der Innenring frei dehnen und radial bewegen und wird durch seine eigenen thermischen Umgebungsbedingungen in der Rotorkavität radial gesteuert.

[0006] Die spielbehafteten Innenluftdichtungen weisen durch die nahezu spielfreie Kinematik eine gute Führung des Innenringes auf, neigen aber zur thermischen Entkrümmung (engl. "cording"), was wiederum zu einem größeren radialen Spalt der Innenluftdichtungen und zu einer Pressung und/oder einem Verkeilen der Stirnseiten der Innenringsegmente führt.

[0007] Das zweite Prinzip betrifft sogenannte Leitschaufelgebundene-Innenluftdichtungen (engl. "vane tied inner air seals"). Die Leitschaufeln werden dabei nicht nur Axialrichtung und in Umfangsrichtung, sondern auch in Radialrichtung geführt. Führung oder führen heißt dabei im Sinne der vorliegenden Beschreibung, dass die Verbindung mit minimalem Spiel oder passgenau ausgeführt ist. Üblicherweise werden Innenringsegmente mit einer Umfangserstreckung von deutlich unter 180° gewählt. Die Innenringsegmente sind axial ungeteilt und weisen in radialer Richtung eine spaltfreie Verbindung mit den Gleitflächen der inneren Schaufelzapfen

der Leitschaufeln auf. Diese Verbindung erfolgt meist durch eine Verbindung über Stifte in einer Nut des sich drehenden Zapfens. Bei diesem Konstruktionsprinzip können sich die Leitschaufeln in den Aufnahmen des Innenrings nicht frei radial bewegen. Die Innenringsegmente werden von dem Außengehäuse des Kernstromkanals über die Leitschaufeln, an deren innerem Zapfen sie verriegelt sind, radial bewegt. Die radiale Steuerung erfolgt über die thermischen Umgebungsbedingungen des Außengehäuses verbunden mit der Längendehnung der Schaufeln.

[0008] Nachteilig ist bei den bekannten Leitschaufelgebundenen-Innenluftdichtungen (engl. "vane tied inner air seals") in einteiliger Ausführung, dass die Segmentgröße durch die radial von innen notwendige Montage an die Zapfen beschränkt ist. Diese Montage erfordert wegen der in Umfangsrichtung angewinkelten Leitschaufeln auch einen ausreichend großen Spalt zwischen den Leitschaufeltellern und den Bohrungen in den Innenringsegmenten, was zu einer erhöhten Leckage an den Tellern führt, die wiederum zu einem aerodynamischen Verlust führen. Die Verriegelung über die Stifte an den drehenden Leitschaufelzapfen kann nicht über Buchsen gelagert werden. Die resultierende Linienberührung ist verschleißbehäftet, welcher direkt auf den Dichtspalt wirkt.

[0009] Es ist demgegenüber die Aufgabe der Erfindung einen Innenring und einen verstellbaren Leitschaufelkranz mit einem Innenring für ein Flugtriebwerk anzugeben, welche den Wirkungsgrad des Flugtriebwerks gegenüber den genannten Ausführungsformen aus dem Stand der Technik verbessern.

[0010] Diese Aufgabe wird durch einen Innenringsegment mit den Merkmalen des Anspruchs 1, einen Innenring nach Anspruch 5 und einen verstellbaren Leitschaufelkranz mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst.

[0011] Ein erfindungsgemäßes axial geteiltes Innenringsegment für einen Leitschaufelkranz eines Flugtriebwerks - wobei der Leitschaufelkranz eine Gruppe von verstellbaren Leitschaufeln aufweist, und wobei die Leitschaufeln jeweils einen Schaufelfuß aufweisen - umfasst zur Aufnahme der Schaufelfüße der Gruppe von verstellbaren Leitschaufeln eine Reihe von Leitschaufelaufnahmen. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Reihe der Leitschaufelaufnahmen zumindest eine Spielaufnahme und zumindest eine, von der zumindest einen Spielaufnahme verschiedene Führungsaufnahme umfasst, und dass die zumindest eine Führungsaufnahme zu der zumindest einen Spielaufnahme hinsichtlich einer Geometrie zur Aufnahme der Schaufelfüße verschieden ausgebildet ist.

[0012] Ein erfindungsgemäßer axial geteilter Innenring für einen Leitschaufelkranz eines Flugtriebwerks - wobei der Leitschaufelkranz eine Gruppe von verstellbaren Leitschaufeln aufweist, und wobei die Leitschaufeln jeweils einen Schaufelfuß aufweisen - umfasst eine Mehrzahl in axialer Richtung geteilter Innenringsegmente, wobei in zumindest einem der Innenringsegmente zur Aufnahme der Schaufelfüße der Gruppe von verstellba-

ren Leitschaufeln eine Reihe von Leitschaufelaufnahmen ausgebildet ist.

[0013] Die Führungsaufnahmen weisen eine Führung, das heißt eine zumindest in einer Richtung engere, mit weniger Spiel behäftete Verbindung zu den in ihnen angeordneten verstellbaren Leitschaufeln auf, als die Spielaufnahmen. Durch die Führungsaufnahmen kann vorteilhaft eine engere Verbindung zwischen den Führungsaufnahmen und den in den Führungsaufnahmen angeordneten Leitschaufeln geschaffen werden, die im Wesentlichen zu einer direkteren Kraftübertragung zwischen den Führungsaufnahmen und den entsprechenden Leitschaufeln, insbesondere Führungsleitschaufeln, führt. Dadurch kann der Innenring mit den Innenringsegmenten durch geschickte Platzierung der Führungsaufnahmen in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen an die herrschenden Temperaturen besser angepasst werden, so dass Temperaturschwankungen, und daraus resultierende Materialdehnungen, geringere Auswirkungen auf die Leckagespalte haben, gleichzeitig aber eine gezielte und verbesserte Führung der Innenringlage stattfindet, was den Wirkungsgrad des Flugtriebwerks insgesamt erhöht. Ferner wird bei einem auf diese Weise besser angepassten Innenring auch die Entkrümmung (engl. "cording") reduziert, wodurch insbesondere der Verschleiß zwischen den Innenringsegmenten reduziert und damit die Lebensdauer positiv beeinflusst wird. Es versteht sich, dass auch die Spielaufnahmen einen so geringen Spalt zu den in ihnen anzuordnenden Leitschaufeln auf, dass die aerodynamischen Verluste möglichst gering sind.

[0014] Der Innenring kann insbesondere für eine Statorstufe eines Verdichters ausgebildet sein. Es ist aber auch denkbar, dass der Innenring für eine Statorstufe einer Turbine ausgebildet ist. Der Innenring dient - wie bereits im Einführungsteil beschrieben - der Herstellung einer inneren Luftdichtung (engl. "inner air seal") und bildet einen Teil eines Innengehäuses eines Kernstromkanals des Flugtriebwerks. Die Anzahl der Leitschaufelaufnahmen kann in allen Innenringsegmenten gleich ausgebildet sein. Die Leitschaufelaufnahmen sind im Wesentlichen komplementär zu den entsprechenden, in ihnen aufzunehmenden Schaufelfüßen ausgebildet und können bevorzugt in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung passgenau ausgebildet sein. Die Schaufelfüße der Leitschaufeln des Leitschaufelkranzes können zumindest einen ersten, dem Kernstromkanal zugewandten Außenteller und einen daran radial innen angeordnet anschließenden Schaufelzapfen aufweisen. Entsprechend komplementär dazu können die Leitschaufelaufnahmen mit einem entsprechenden Außentellersitz und Zapfensitz ausgebildet sein. Eine der verstellbaren Leitschaufeln und eine diese Leitschaufel aufnehmende Leitschaufelaufnahme bilden eine Gleitpaarung und sind Gleitpartner. Eine solche als Gleitpaarung ausgebildete Verbindung aus den Leitschaufeln und den Leitschaufelaufnahmen kann eine Gleitvorrichtung, insbesondere eine Gleitbuchse und/oder Gleitbeschichtung

umfassen. Dabei kann die Gleitvorrichtung Teil eines oder beider Gleitpartner sein. Es können zumindest entweder die Leitschaufeln oder zumindest die Leitschaufelaufnahmen oder beide Gleitpartner die Gleitvorrichtung ganz oder zumindest teilweise umfassen. Das Innenringsegment kann aus zumindest zwei in axialer Richtung aneinander anliegender Innenringsegmentabschnitte (engl. "inner ring segment sections") gebildet sein. Sowohl der Wortlaut "axial geteilter Innenring" als auch der Wortlaut "axial geteiltes Innenringsegment" umfassen auch solche Ausführungsformen, die aufgrund der Teilung des Innenrings beziehungsweise des Innenringsegments Anlageflächen aufweisen, die sich nicht in radialer Richtung oder nur anteilig in radialer Richtung erstrecken. Bevorzugt kann die Reihe der Leitschaufelaufnahmen entlang einer Umfangserstreckung des Innenringsegments zwischen einem ersten Ende und einem zweiten Ende des Innenringsegments gleichmäßig verteilt angeordnet sein. Insbesondere können alle Leitschaufelaufnahmen des Innenrings in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt angeordnet sein.

[0015] Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie den abhängigen Ansprüchen.

[0016] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst die Reihe der Leitschaufelaufnahmen genau zwei Führungsaufnahmen. Der Leitschaufelkranz bildet ein Aufhängungssystem, wobei der Innenring an den Leitschaufeln aufgehängt ist. Durch Anordnung von genau zwei Führungsaufnahmen ist das System der Leitschaufelaufhängung vollständig bestimmt, was eine Entkrümmung vorteilhaft noch stärker reduziert. Alternativ oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass ein den Innenring aufweisender Leitschaufelkranz genau zwei Führungsleitschaufeln aufweist, die passgenau in den für sie vorgesehenen Leitschaufelaufnahmen angeordnet sind.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die zumindest eine Führungsaufnahme in der Reihe benachbart zu zwei Spieldaufnahmen angeordnet ist. Diese Anordnung erlaubt die noch gezieltere Führung des Innenrings an den Leitschaufeln, wobei gleichzeitig ein Spiel vorgesehen ist, welches die Materialdehnungen in vorbestimmter und damit vorteilhaft weitestgehend unschädlicher Weise zulässt.

[0018] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass an einer zweiten Stelle in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen und/oder an einer vorletzten Stelle in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen eine Führungsaufnahme angeordnet ist. Dadurch, dass zumindest eine Spieldaufnahme in Umfangsrichtung außen in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen angeordnet ist, wird eine Entkrümmung vorteilhaft optimal reduziert.

[0019] Ferner kann in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, dass nur Führungsaufnahmen in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen einen Innentellersitz für einen Innenteller der

Führungsleitschaufeln aufweisen. Diese Konfiguration setzt voraus, dass die Gruppe der Leitschaufeln zumindest eine Spielleitschaufel und zumindest eine, von der zumindest einen Spielleitschaufel verschiedene Führungsleitschaufel umfasst, und dass die zumindest eine Führungsleitschaufel zu der zumindest einen Spielleitschaufel hinsichtlich einer Geometrie der Schaufelfüße verschieden ausgebildet ist, dass zumindest ein Schaufelfuß der zumindest einen Führungsleitschaufel einen Innenteller aufweist. Durch diese Ausgestaltung können die Leitschaufeln vorteilhaft enger zueinander angeordnet werden, da die Leitschaufeln zueinander in Umfangsrichtung angewinkelt ein Leitgitter bilden und der radial innen genutzte Raum der Leitschaufeln in dem Innenring den diesbezüglichen limitierenden Faktor darstellt. Dadurch können vorteilhaft verbesserte Leitschaufelkranzgeometrien geschaffen werden. Die hierin beschriebenen Innenteller, Schaufelzapfen und Außenteller können sind im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet, wobei der Schaufelzapfen insbesondere einen geringeren Zylinderdurchmesser als die Schaufelteller, das heißt der entsprechende Innenteller und Außenteller, aufweisen kann.

[0020] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung setzt voraus, dass die in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen angeordneten Schaufelfüße zumindest einen ersten, einem Kernstromkanal des Flugtriebwerks zugewandten Außenteller und einen daran radial innen gelegenen Schaufelzapfen aufweisen, und dass die Schaufelfüße jeweils mit einem, an dem Schaufelzapfen radial innen angeordneten, dem Außenteller gegenüberliegenden Innenteller ausgebildet sind. In der vorteilhaften Ausführungsform kann dann die zumindest eine Führungsaufnahme von der zumindest einen Spieldaufnahme hinsichtlich radialer Spalte zwischen den Außentellern und/oder den Innentellern der aufzunehmenden Schaufelfüße einerseits und den Leitschaufelaufnahmen andererseits, verschieden ausgebildet sein. Durch die verschieden ausgebildeten radialen Spalte lassen sich die entlang der Umfangserstreckung des Innenrings beziehungsweise des Innenringsegments auftretenden thermischen Verschiebungen noch besser ausgleichen, da die Geometrien der unterschiedlichen Leitschaufelaufnahmen an die herrschenden Temperaturen oder an in den Bauteilen auftretenden thermischen Spannungen angepasst werden können.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die radialen Spalte in den Führungsaufnahmen in Bezug auf eine radiale Größe und auf Fertigungstoleranzen minimal ausgebildet, so dass die Führungsaufnahme und eine in ihr anzuordnende Führungsleitschaufel in radialer Richtung passgenau zueinander ausgebildet sind. Dadurch wird vorteilhaft ein in radialer Richtung passgenauer Lagersitz der verstellbaren Führungsschaufeln an dem Innenring geschaffen, so dass eine Verschiebung des Innenring über die Führungsschaufeln radial unmittelbar und direkt geführt ist. Dadurch wird das Entkrümmen (engl. "cording") stark

reduziert. Die übrigen Leitschaufeln sind in den Spieldaufnahmen in radialer Richtung vorteilhaft schwebend gelagert, so dass hierüber keine Radialkräfte übertragen werden. Hierdurch lässt sich eine thermische Verformung des Innenrings weitestgehend kompensieren.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Innenring in Umfangsrichtung aus zumindest drei Innenringsegmenten, insbesondere aus zumindest vier Innenringsegmenten, besonders bevorzugt aus zumindest fünf oder mehr Innenringsegmenten gebildet. Die Innenringsegmente werden in Umfangsrichtung aneinandergereiht. Durch die Teilung des Innenrings in Umfangsrichtung wird eine Verbiegung des Innenrings vorteilhaft verhindert. Eine Entkrümmung und/oder anders geartete Verbiegung wird vorteilhaft besser reduziert.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass jedes Innenringsegment in der jeweiligen Reihe der Leitschaufelaufnahmen zwischen fünf und zwölf Leitschaufelaufnahmen aufweist. Durch die geringe Anzahl an Leitschaufeln lassen sich die Innenringsegmente leicht an den Leitschaufeln oder umgekehrt montieren. Es sind auch mehr oder weniger Leitschaufelaufnahmen in einem Innenringsegment denkbar. Die Innenringsegmente können auch unterschiedliche Anzahlen an Leitschaufelaufnahmen aufweisen. Bevorzugt sind in jedem Innenringsegment zwischen sechs und elf Leitschaufelaufnahmen vorgesehen. Besonders bevorzugt sind in jedem Innenringsegment zwischen acht und zehn Leitschaufelaufnahmen vorgesehen.

[0024] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist der Innenring so weitergebildet, dass der Innenring ferner einen aus mehreren Dichtungsträgersegmenten bestehenden Dichtungsträger umfasst, dass der Dichtungsträger einen radial innen liegenden Anschlag an einer oder mehrerer der Leitschaufelaufnahmen aus der Reihe der Leitschaufelaufnahmen für die Schaufelfüße der Leitschaufeln bildet, und/oder dass jeweils umfangsseitige Stirnseiten der Innenringsegmente und umfangsseitige Stirnseiten der Dichtungsträgersegmente versetzt zueinander angeordnet sind. Dadurch werden unvorteilhafte Krümmungen weiter reduziert und Dichtungsträger sowie Innenringsegment stützen sich vorteilhaft gegenseitig gegen Verbiegung ab.

[0025] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft einen verstellbare Leitschaufelkranz für ein Flugtriebwerk, umfassend zumindest eine Gruppe von verstellbaren Leitschaufeln mit Schaufelfüßen und einen die Schaufelfüße der verstellbaren Leitschaufeln aufnehmenden axial geteilten Innenring, insbesondere einen der weiter oben beschriebenen axial geteilten Innenringe, wobei der Innenring aus einer Mehrzahl von Innenringsegmenten gebildet ist, und wobei zumindest eines, insbesondere jedes, der Mehrzahl von Innenringsegmenten eine Reihe von Leitschaufelaufnahmen zur Aufnahme der Schaufelfüße der zumindest einen Gruppe der Leitschaufeln aufweist. Die Leitgitterstufe löst die Aufgabe dadurch,

dass die zumindest eine Gruppe der Leitschaufeln zumindest eine Führungsleitschaufel umfasst, die zu den übrigen Leitschaufeln, insbesondere den Spieldaufnahmen, in der Gruppe der Leitschaufeln hinsichtlich einer Verbindung zwischen den Leitschaufelaufnahmen und den Schaufelfüßen bildenden Geometrie verschieden ausgebildet ist, und/oder dass die Reihe der Leitschaufelaufnahmen zumindest eine Führungsaufnahme umfasst, die zu den übrigen Leitschaufelaufnahmen, insbesondere den Spieldaufnahmen, der Reihe der Leitschaufelaufnahmen hinsichtlich der die Verbindung zwischen den Leitschaufelaufnahmen und den Schaufelfüßen bildenden Geometrie verschieden ausgebildet ist.

[0026] Durch die unterschiedlichen Verbindungen der Leitschaufeln und Leitschaufelaufnahmen kann der verstellbare Leitschaufelkranz auf die thermischen Bedingungen sehr gut reagieren, verringert gegenüber einem aus der Stand der Technik bekannten Leitschaufelkranz die Leckagen und verbessert so den Wirkungsgrad des Flugtriebwerks.

[0027] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des verstellbaren Leitschaufelkranzes ist vorgesehen, dass jeweils eine der Leitschaufelaufnahmen und einer der Schaufelfüße als Gleitpartner eine Gleitverbindung bilden und dass zumindest einer der Gleitpartner eine Gleitvorrichtung, insbesondere eine Buchse oder eine Beschichtung, aufweist. Eine Gleitvorrichtung, insbesondere eine Buchse oder Beschichtung, verbessert die Gleiteigenschaften der Gleitpartner weiter und verringert so einerseits die Abnutzung, so dass die Lebensdauer steigt, und verringert andererseits die Leckage, da geringere Toleranzen eingehalten werden können. Buchsen können in geteilter Ausführung vorgesehen sein. Die Buchsen können axial geteilt sein und bei der Montage zusammen mit den Innenringsegmentabschnitten an den Schaufelfüßen angeordnet werden. Sie können auch gemeinsamen mit den Leitschaufeln vorgesehen sein, wobei dann die Innenringsegmentabschnitte um die Buchsen angeordnet werden.

[0028] In dem Sinne der vorliegenden Erfindung wird die Gleitvorrichtung als Teil der Leitschaufel oder der Leitschaufelaufnahme angesehen, und kann dementsprechend auch einen Teil des Passsitzes oder den gesamten Passsitz der Führungsleitschaufel in der Führungsaufnahme oder einen Teil des Passsitzes oder den gesamten Passsitz der Führungsaufnahme um oder in der Führungsleitschaufel bilden.

[0029] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Leitschaufelkranzes weisen die Führungsaufnahmen jeweils einen nach innen ragenden Kragflansch auf, der zwischen einem Innenteller und einem Außenteller der in der jeweiligen Führungsaufnahme angeordneten Führungsleitschaufel in radialer Richtung angeordnet ist und ein minimales Spiel und/oder minimale radiale Spalte zwischen dem Kragflansch einerseits und dem Innenteller und dem Außenteller andererseits, insbesondere passgenau, ausgebildet ist. Es kann vorgesehen sein, dass nur die Führungsaufnahmen einen

passgenauen Kragflansch zwischen dem Innenteller und dem Außenteller aufweisen. Es kann vorgesehen sein, dass auch die Spielleitschaufeln einen Kragflansch aufweisen, der zwischen einem Innenteller und einem Außenteller der in der jeweiligen Spielaufnahme angeordneten Spielleitschaufel in radialer Richtung angeordnet ist, wobei ein Spiel und/oder Spalte zwischen dem Kragflansch der Spielaufnahme einerseits und dem Innenteller und dem Außenteller der entsprechenden Spielleitschaufel andererseits ausgebildet ist.

[0030] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Leitschaufelkranzes ist vorgesehen, dass die zumindest eine Gruppe der Leitschaufeln zumindest zwei Führungsleitschaufeln umfasst, und/oder dass in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen zumindest zwei Spielleitschaufeln benachbart zu der zumindest einen Führungsleitschaufel angeordnet sind und/oder dass an einer zweiten Stelle in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen und/oder an einer vorletzten Stelle in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen eine Führungsleitschaufel angeordnet ist. Durch die spezifische Ausgestaltung der hier vorgeschlagenen Kombinationen aus Leitschaufeln und Leitschaufelaufnahmen können die thermischen Dehnungen des Leitschaufelkranzes vorteilhaft verringert und/oder kompensiert werden. Ferner kann der Innenring besser an den Leitschaufeln in radialer Richtung geführt werden, so dass eine Entkrümmung der Innenringsegmente vorteilhaft verringert wird.

[0031] Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Flugtriebwerk mit einem verstellbaren Leitschaufelkranz, insbesondere mit einem wie oben beschriebenen verstellbaren Leitschaufelkranz, und/oder mit einem wie oben beschriebenen, axial geteilten Innenring.

[0032] Die Erfindung wird bezüglich der nachfolgenden Zeichnungen anhand einiger bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

- Fig. 1 zeigt einen Meridianschnitt eines Flugtriebwerks mit einem ersten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Leitschaufelkranzes mit einem erfindungsgemäßen Innenring
- Fig. 2 zeigt einen Querschnitt eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Leitschaufelkranzes mit einem erfindungsgemäßen Innenring
- Fig. 3 zeigt einen Querschnitt des zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Innenrings
- Fig. 4a zeigt einen Meridianschnitt einer Führungsverbindung eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Leitschaufelkranzes mit einem erfindungsgemäßen Innenring
- Fig. 4b zeigt einen Meridianschnitt einer Spielverbindung des vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Leitschaufelkranzes mit einem erfindungsgemäßen Innenring

[0033] In Fig. 1 ist ein Flugtriebwerk 1 in einem Meridianschnitt schematisch dargestellt. Das Flugtriebwerk 1 weist einen Triebwerkseinlauf 1a auf, aus dem herausstromabwärts ein Nebenstromkanal 1b und einen Kernstromkanal 1c angeströmt werden. Der Nebenstromkanal 1b dient der Schuberzeugung, der Kernstromkanal 1c dient hauptsächlich der Energieerzeugung für die Komponenten des Flugtriebwerks 1 und von Kabinensystemen eines Flugzeugs. In dem Kernstromkanal 1c sind der Reihe nach die Hauptkomponenten des Flugtriebwerks 1 angeordnet, nämlich ein Verdichter 2, eine Brennkammer 3 und eine Turbine 4. Das Flugtriebwerk 1 weist ein den Triebwerkseinlauf 1a sowie den Nebenstromkanal 1b umgebendes Außengehäuse 6 und ein den Nebenstromkanal 1b und den Kernstromkanal 1c separierendes Zwischengehäuse 7 auf. In dem Triebwerkseinlass 1a ist ein Fan 5 zum Ansaugen und ersten Verdichten von Luft vorgesehen. Der Fan 5, der Verdichter 2 sowie die Turbine 4 sind mittels zumindest einer um eine Triebwerksdrehachse 8a drehende Welle 8 mechanisch gekoppelt, wobei der Fan 5 und gegebenenfalls auch (nicht dargestellte) vordere Niederdruckverdichterstufen von der schneller laufenden Turbine 4 durch ein Getriebe 9 entkoppelt sein können. Ein Teil der von dem Fan angesaugten und verdichteten Luft strömt in den Kernstromkanal 1c, wo sie von dem Verdichter 2 stark verdichtet wird, um in der Brennkammer 3 mit Brennstoff vermischt und gezündet zu werden und schließlich in der Turbine 4 zum Antrieb der zumindest einen Welle 8 zu expandieren.

[0034] Das Flugtriebwerk 1 und dessen Komponenten werden in einem wellenfesten Zylinderkoordinatensystem umfassend eine Axialrichtung Ax, eine Radialrichtung R, und eine Umfangsrichtung U beschrieben.

[0035] In Fig. 1 sind zwei Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Leitschaufelkranzes 2a, 4a mit jeweils einer Gruppe von Leitschaufeln 20, 20' und einem erfindungsgemäßen Innenring 10 dargestellt. Ein erstes Ausführungsbeispiel ist als Verdichterleitkranz 2a in dem Verdichter 2, ein zweites Ausführungsbeispiel als ein Turbinenleitkranz 4a in der Turbine 4 ausgebildet. Es versteht sich, dass sich die Gruppe von Leitschaufeln 20, 20' und die Innenringe 10 des Verdichterleitkranzes 2a und des Turbinenleitkranzes 4a voneinander unterscheiden. In der folgenden Beschreibung wird die Erfindung anhand eines als Verdichterleitkranz 2a ausgebildeten Leitschaufelkranzes 2a, 4a näher beschrieben.

[0036] In Fig. 2 und Fig. 3 ist das erste Ausführungsbeispiel eines Leitschaufelkranzes 2a in einem Querschnitt durch den Leitschaufelkranz 2a schematisch dargestellt und wird anhand der folgenden Beschreibung näher erläutert. Der Leitschaufelkranz 2a umfasst einen Innenring 10 und eine Gruppe von Leitschaufeln 20, 20'. In Fig. 2 ist lediglich ein hinterer Innenringsegmentabschnitt 13 eines einzelnen Innenringsegments 11 des Innenrings 10 gezeigt ist. Der Innenring 10 besteht aus einer Mehrzahl an Innenringsegmenten 11, die in Umfangsrichtung U aneinandergereiht sind. Das dargestell-

te Innenringsegment 11 weist eine Reihe von Leitschau-
felaufnahmen 15, 15' auf, in der die Gruppe der Leit-
schaufeln 20, 20' mit ihren Schaufelfüßen 21, 21' aufge-
nommen sind und jeweils eine Gleitverbindung einge-
hen, wobei die Leitschaufeln 20, 20' in den Leitschau-
felaufnahmen 15, 15' schwenkbar und damit verstellbar
angeordnet sind.

[0037] Die Schaufelfüße 20, 20' sämtlicher Leitschau-
feln der Gruppe der Leitschaufeln 20, 20' sind mit einem
Außenteller 22, 22' ausgebildet, der zusammen mit einer
Außenfläche des Innenringsegments 11 einen Teil eines
Innengehäuses des Kernstromkanals 1c bildet. Um die
Außenteller 22, 22' aufnehmen zu können weisen die
Leitschau-
felaufnahmen 15, 15' jeweils einen Außentel-
lersitz 15a, 15a' auf, der komplementär zu dem Außentel-
ler 22, 22' ausgebildet ist. An dem jeweiligen Außentel-
ler 22, 22' ist ein Schaufelzapfen 23, 23' radial innen
liegend angeordnet, wobei der Schaufelzapfen 23, 23'
einen geringeren Durchmesser aufweist als der jeweilige
Außenteller 22, 22'. Die Leitschau-
felaufnahmen 15, 15' weisen entsprechende Außentellersitze 15a, 15a' und
Zapfensitze 15b, 15b' auf, die mit den Schaufelfüßen 21,
21', insbesondere den Außentellern 22, 22' und den
Schaufelzapfen 23, 23' als Gleitpartner eine Gleitverbin-
dung bilden. Die möglichen Verbindungsflächen der
Gleitpartner sind mit einer Gleitbeschichtung als Gleit-
vorrichtung ausgebildet, um die Reib- und Gleiteigen-
schaften der Gleitpartner zu verbessern.

[0038] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind
zwei Arten Leitschaufeln und zwei Arten Leitschau-
felaufnahmen gezeigt, nämlich Spielleitschaufeln 20 und Füh-
rungsleitschaufeln 20' sowie dazu entsprechende Spiel-
aufnahmen 15 und Führungsaufnahmen 15' in dem In-
nenring 10. Die Spielleitschaufeln 20 sind in den Spiel-
aufnahmen 15 schwebend gelagert, das heißt eine ge-
ringe radiale Bewegung der Spielleitschaufeln 20 ist
möglich. Dadurch kann der Innenring 10 Dehnungen
und Verschiebungen aufgrund hoher Temperaturen in
einem Betriebszustand des Flugtriebwerks 1 sehr gut
ausgleichen. Im Unterschied zu den Spielleitschaufeln
20 weisen die Führungsleitschaufeln 20' in dem vorlie-
genden Ausführungsbeispiel an ihren Schaufelfüßen 21'
zusätzlich radial innen einen Innenteller 24' auf, der in
einem komplementär ausgebildeten Innentellersitz 15c'
der Führungsaufnahme 15' angeordnet ist. Das heißt,
dass nur Führungsaufnahmen 15' einen Innentellersitz
15c' für einen Innenteller 24' der Führungsleitschaufeln
20' aufweisen. Diese Konstruktionsweise hat zusätzlich
den Vorteil, dass die Innenringsegmente 11 im inneren
radialen Bereich stabiler ausgebildet sind und die Leit-
schaufeln innen näher aneinander angeordnet werden
können. Der Außentellersitz 15a' und der Innentellersitz
15c' begrenzen einen zwischen den Tellersitzen ange-
ordneten Zapfensitz 15b', der als Innenflansch zwischen
den Tellern vorragt und mit den Tellern 22', 24' der
Führungsleitschaufel 20' radiale Spalte 16', 17' bildet,
die in Bezug auf ihre radiale Größe und Toleranzen
minimal ausgebildet ist, so dass eine radiale Bewegung

der Führungsschaufel 20' in der Führungsaufnahme 15'
im Gegensatz zu den schwebend aufgenommenen
Spielleitschaufeln 20 in den Spielaufnahmen 15 kaum
möglich ist. Bei einer radialen Längenänderung der Leit-
schaufeln, insbesondere der Führungsleitschaufeln,
oder bei Dehnungen in dem als Außengehäuse des
Kernstromkanals 1c dienenden Zwischengehäuses 7,
führen die Führungsleitschaufeln 20' den Innenring 10
in Wirkverbindung mit den Führungsaufnahmen 15' un-
mittelbar. Das Innenringsegment 11 weist somit in radia-
ler Richtung einen festen Sitz auf und wird in radialer
Richtung an den Führungsleitschaufeln 20' geführt.

[0039] Wie in Fig. 3 gezeigt, sind in der Reihe der
Leitschau-
felaufnahmen 15, 15' genau zwei Führungs-
aufnahmen 15', nämlich an zweiter Stelle und (nicht ge-
zeigt) an vorletzter Stelle der Reihe angeordnet. Benach-
bart zu den beiden Führungsaufnahmen 15' sind in der
Reihe der Leitschau-
felaufnahmen 15, 15' jeweils Spiel-
aufnahmen 15 angeordnet. Dies führt dazu, dass die
Verbindung des Innenrings zu einem Außengehäuse,
das heißt dem Zwischengehäuse 7 des Kernstromkanals
1c, statisch bestimmt ist. Dadurch wird eine unbestimm-
te, insbesondere überbestimmte Führung des Innenring-
segments 11 an den Leitschaufeln 20, 20' vorteilhaft
vermieden.

[0040] Das Innenringsegment 11 erstreckt sich über
einen Winkel α , der in dem vorliegenden Ausführungs-
beispiel 90° beträgt, so dass sich der Innenring 10 aus
vier Innenringsegmenten 11 zusammensetzt. Es kann
vorgesehen sein, dass sich die Innenringsegmente 11
über einen anderen Winkel erstrecken, beispielsweise
über 120° oder 60° . Entsprechend kann die Anzahl der
Innenringsegmente variiert werden. Die Innenringseg-
mente 11 weisen jeweils eine Reihe von acht Leitschau-
felaufnahmen 15, 15' auf. Dementsprechend umfasst die
Gruppe der Leitschaufeln 20, 20' ebenfalls acht Leit-
schaufeln 20, 20'.

[0041] Fig. 4a und Fig. 4b zeigen ein drittes Ausfüh-
rungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Leitschau-
felkranzes 2a. Dabei ist in Fig. 4a ein erster Meridianschnitt
durch eine Führungsleitschaufel 20' und Führungsauf-
nahme 15' und in Fig. 4b ein zweiter Meridianschnitt
durch eine Spielleitschaufel 20 und eine Spielaufnahme
15 in schematischer Darstellung gezeigt. Der Innenring
10 wird aus einer Mehrzahl von Innenringsegmenten 11
gebildet, die aus einem in axialer Richtung Ax vorderen
Innenringsegmentabschnitt 12 und einem hinteren Seg-
mentabschnitt 13 gebildet sind. Die Segmentabschnitte
12, 13 liegen in axialer Richtung Ax aneinander an und
werden über Schrauben oder Bolzen aneinander befestigt.

[0042] Im Unterschied zu dem zweiten Ausführungs-
beispiel weisen auch die Spielleitschaufeln 20 einen
Innenteller 24 auf. Dies hat den Vorteil, dass auch die
radiale Bewegung der Spielleitschaufeln 20 in den Spiel-
aufnahmen 15 begrenzt ist.

[0043] Zur Ausbildung der Gleitverbindung umfassen
die Schaufelfüße 21, 21' jeweils als Buchsen 30, 30'

ausgebildete Gleitvorrichtungen 30, 30', die zwischen den Schaufelfüßen 21, 21' und den Leitschaufelauflahmen 15, 15' angeordnet sind. An den Schaufelfüßen 21' der Führungsleitschaufel 20' weisen die Buchsen 30' Führungsflansche 31' auf, die in radialer Richtung R zwischen den Außentellern 22' und dem Innenflansch 15d' sowie dem Innenflansch 15d' und dem Innenteller 24' passgenau angeordnet sind. Dadurch kann die Führungsleitschaufel 20' gut in der Führungsaufnahme 15' verschwenken, da aufgrund der Buchse 30' geringere Reibung auftritt, gleichzeitig ist aber auch eine radiale relative Bewegung zwischen der Führungsaufnahme 15' und der Führungsleitschaufel 20' weitestgehend verhindert, so dass der Innenring 10 in radialer Richtung R von den Führungsleitschaufel 20' unmittelbar bewegt werden kann.

[0044] Die Buchsen 30 zwischen den Spielaufnahmen 15 und den Spielleitschaufel 20 weisen hingegen keine Führungsflansche auf und sind in radialer Richtung R etwas kürzer ausgebildet, so dass geringe Spalte 16, 17 zwischen der Buchse 30 und den Schaufeltellern 22, 24 der Spielleitschaufel 20 ausgebildet sind. Die Spalte 16, 17 dienen als Radialspiel zwischen den Schaufeltellern 22, 24 und einem inneren Kragflansch 15d, so dass sich die Spielleitschaufel 20 trotz der Schaufelteller 22, 24 radial in der Spielaufnahme 15 bewegen können.

[0045] Ferner ist in dem dritten Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass der Innenring 10 einen aus mehreren Dichtungsträgersegmenten 14a bestehenden Dichtungsträger 14 aufweist, der radial innen und axial zwischen den beiden Innenringsegmentabschnitten 12, 13 eingeschoben ist, und der einen radial innen liegenden Anschlag 14b an den Leitschaufelauflahmen 15, 15' für die Schaufelfüße 21, 21' der Leitschaufel 20, 20' bildet. An dem Dichtungsträger 14 sind radial innen Einlaufbeläge 14c zur Bildung einer Dichtung mit einem oder mehreren in die Einlaufbeläge 14c einlaufenden Dichtfins (nicht gezeigt) eines radial innen rotierenden Rotors (nicht gezeigt) ausgebildet oder befestigt.

[0046] In Umfangsrichtung weisen die Dichtungsträger eine annähernd gleiche Umfangserstreckung auf wie die Innenringsegmente, sind allerdings in Umfangsrichtung versetzt zu diesen angeordnet, so dass jeweils umfangsseitige Stirnseiten der Innenringsegmente 11 und umfangsseitige Stirnseiten der Dichtungsträgersegmente 14a versetzt zueinander angeordnet sind.

Bezugszeichenliste

[0047]

- 1 Flugtriebwerk
- 1a Triebwerkseinlauf
- 1b Nebenstromkanal
- 1c Kernstromkanal
- 2 Verdichter
- 2a Leitschaufelkranz des Verdichters, Verdichterleitkranz

- 3 Brennkammer
- 4 Turbine
- 4a Leitschaufelkranz der Turbine, Turbinenleitkranz
- 5 Fan
- 5 6 Triebwerksaußengehäuse
- 7 Zwischengehäuse
- 8 Welle(n)
- 8a Triebwerksdrehachse
- 9 Getriebe
- 10 Innenring
- 11 Innenringsegment
- 12 Vorderer Innenringsegmentabschnitt
- 13 Hinterer Innenringsegmentabschnitt
- 15 14 Dichtungsträger
- 14a Dichtungsträgersegmente
- 14b Einlaufdichtung
- 14c Anschlag
- 15 Leitschaufelauflahme
- 20 15' Führungsaufnahme
- 15a, 15a' Außentellersitz
- 15b, 15b' Zapfensitz
- 15c, 15c' Innentellersitz
- 15d, 15d' Kragflansch
- 25 16 radialer Spalt
- 16' radialer Spalt (passgenau)
- 17 radialer Spalt
- 17' radialer Spalt (passgenau)
- 18' Kragflansch (passgenau)
- 30 20 Leitschaufel, insbesondere Verdichterleitschaufel
- 20' Führungsleitschaufel
- 21, 21' Schaufelfuß
- 22, 22' Außenteller
- 35 23, 23' Schaufelzapfen
- 24, 24' Innenteller
- 30, 30' Buchse/Beschichtung
- 31' Führungsflansch
- 40 Innere Luftdichtung
- Ax Axialrichtung
- R Radialrichtung
- 45 U Umfangsrichtung
- α Winkel

Patentansprüche

50

1. Axial geteiltes Innenringsegment (11) für einen verstellbaren Leitschaufelkranz (2a, 4a) eines Flugtriebwerks (1), wobei der Leitschaufelkranz (2a, 4a) eine Gruppe von verstellbaren Leitschaufel (20, 20') aufweist, und wobei die Leitschaufel (20, 20') jeweils einen Schaufelfuß (21, 21') aufweisen,

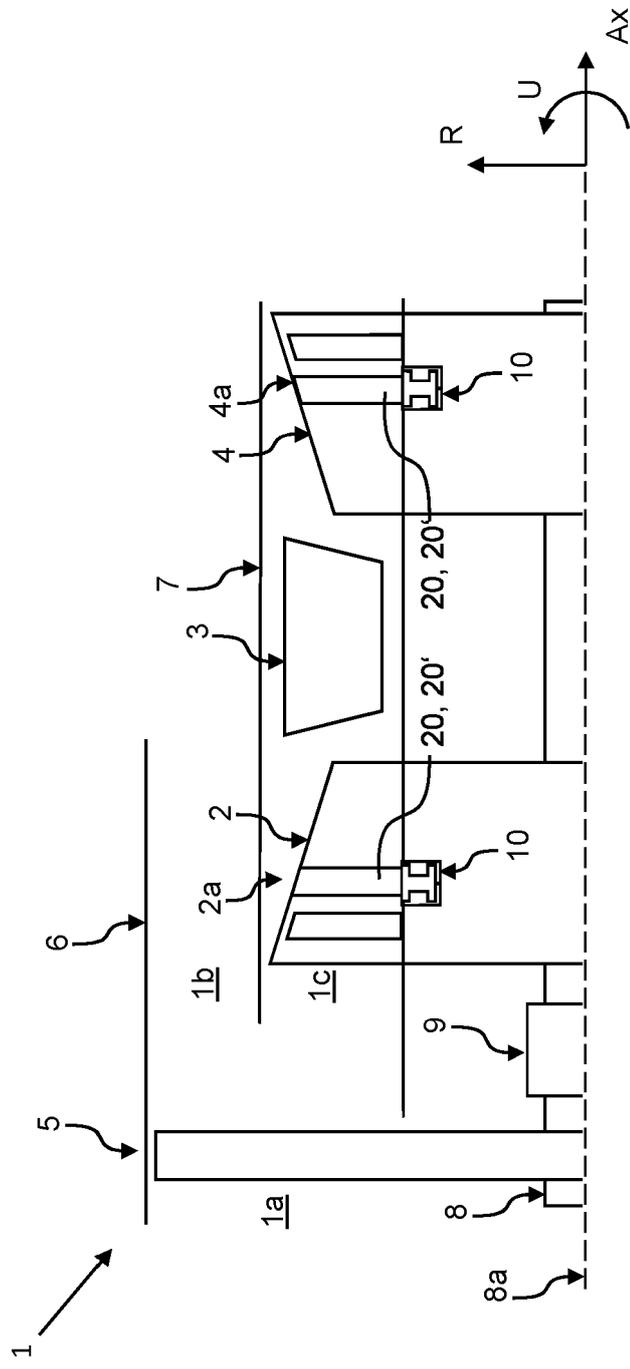
55

- wobei das Innenringsegment (11) zur Aufnahme der Schaufelfüße (21, 21') der Gruppe von verstellbaren Leitschaufeln (20, 20') eine Reihe von Leitschaufelaufnahmen (15, 15') aufweist, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') zumindest eine Spielaufnahme (15) und zumindest eine, von der zumindest einen Spielaufnahme (15) verschiedene Führungsaufnahme (15') umfasst, und
- dass** die zumindest eine Führungsaufnahme (15') zu der zumindest einen Spielaufnahme (15) hinsichtlich einer Geometrie zur Aufnahme der Schaufelfüße (21, 21') verschieden ausgebildet ist.
2. Innenringsegment (11) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') genau zwei Führungsaufnahmen (15') umfasst.
3. Innenringsegment (11) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die zumindest eine Führungsaufnahme (15') in der Reihe benachbart zu zwei Spielaufnahmen (15) angeordnet ist.
4. Innenringsegment (11) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** an einer zweiten Stelle in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') und/oder an einer vorletzten Stelle in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') eine Führungsaufnahme (15') angeordnet ist.
5. Axial geteilter Innenring umfassend eine Mehrzahl in Axialrichtung geteilter und in Umfangsrichtung aneinandergereihter Innenringsegmente nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** der Innenring (10) in Umfangsrichtung (U) aus zumindest drei Innenringsegmenten (11), insbesondere aus zumindest vier Innenringsegmenten (11), besonders bevorzugt aus zumindest fünf oder mehr Innenringsegmenten (11) gebildet ist.
6. Axial geteilter Innenring nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** jedes Innenringsegment (11) in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') zwischen fünf und zwölf Leitschaufelaufnahmen (15, 15') aufweist.
7. Axial geteilter Innenring nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** der Innenring (10) ferner einen aus mehreren Dichtungsträgersegmenten (14a) bestehenden Dichtungsträger (14) umfasst,
- dass** der Dichtungsträger (14) einen radial innen liegenden Anschlag an einer oder mehrerer der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') aus der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') für die Schaufelfüße (21, 21') der Leitschaufeln (20, 20') bildet, und/oder
- dass** jeweils umfangsseitige Stirnseiten der Innenringsegmente (11) und umfangsseitige Stirnseiten der Dichtungsträgersegmente (14a) versetzt zueinander angeordnet sind.
8. Verstellbarer Leitschaufelkranz (2a, 4a) für ein Flugtriebwerk (1), umfassend zumindest eine Gruppe von verstellbaren Leitschaufeln (20, 20') mit Schaufelfüßen (21, 21') und einen die Schaufelfüße (21, 21') der zumindest einen Gruppe der verstellbaren Leitschaufeln (20, 20') aufnehmenden axial geteilten Innenring (10), insbesondere einen axial geteilten Innenring (10) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei der Innenring (10) aus einer Mehrzahl von Innenringsegmenten (11) gebildet ist, wobei zumindest eines, insbesondere jedes, der Mehrzahl von Innenringsegmenten (11) eine Reihe von Leitschaufelaufnahmen (15, 15') zur Aufnahme der Schaufelfüße (21, 21') der zumindest einen Gruppe der Leitschaufeln (20, 20') aufweist, wobei die Gruppe der Leitschaufeln (20, 20') zumindest eine Spielleitschaufel (20) und zumindest eine, von der zumindest einen Spielleitschaufel (20) verschiedene Führungslitschaufel (20') umfasst, wobei die zumindest eine Führungslitschaufel (20') zu der zumindest einen Spielleitschaufel (20) hinsichtlich einer Geometrie der Schaufelfüße (21, 21') verschieden ausgebildet ist, und wobei der Schaufelfuß (21') der zumindest einen Führungslitschaufel (20') einen Innenteller (24') aufweist, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** nur Führungsaufnahmen (15') in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') einen Innentellersitz (15c') für einen Innenteller (24') der Führungslitschaufeln (20') aufweisen.
9. Verstellbarer Leitschaufelkranz (2a, 4a) nach Anspruch 8, wobei die in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') angeordneten Schaufelfüße (21, 21') zumindest einen ersten, einem Kernstromkanal (1b) des Flugtriebwerks (1) zugewandten Außenteller (22, 22') und einen daran radial innen gelegenen Schaufelzapfen (23, 23') aufweisen, und wobei die Schaufelfüße (21, 21') jeweils mit einem, an dem Schaufelzapfen (23, 23') radial innen angeordneten, dem Außenteller (22, 22') gegenüberliegenden Innenteller (24, 24') ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die zumindest eine Führungsaufnahme (15') zu der zumindest einen Spielaufnahme (15) hinsichtlich radialer Spalte (16, 17, 16', 17') zwischen dem Außentellern (22, 22') und/oder den Innentellern (24, 24') der aufzunehmenden Schaufelfüße

(21') einerseits und den Leitschaufelaufnahmen (15, 15') andererseits, verschieden ausgebildet ist.

10. Verstellbarer Leitschaufelkranz (2a, 4a) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, 5
dass die radialen Spalte (16', 17') in der zumindest einen Führungsaufnahme (15') in Bezug auf eine radiale Erstreckung und in Bezug auf Fertigungstoleranzen minimal ausgebildet sind, so dass die zumindest eine Führungsaufnahme (15') und eine in ihr anzuordnende Führungsleitschaufel (20') in radialer Richtung passgenau zueinander ausgebildet sind. 10
11. Verstellbarer Leitschaufelkranz (2a, 4a) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, 15
dass jeweils eine der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') und einer der Schauelfüße (21, 21') als Gleitpartner eine Gleitverbindung bilden und dass zumindest einer der Gleitpartner eine Gleitvorrichtung (30, 30'), insbesondere eine Buchse oder eine Beschichtung, aufweist. 20
12. Verstellbarer Leitschaufelkranz (2a, 4a) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, 25
dass die Führungsaufnahmen (15') jeweils einen nach innen ragenden Kragflansch (15d') aufweisen, der zwischen einem Innenteller (22') und einem Außenteller (24') der in der jeweiligen Führungsaufnahme (15') angeordneten Führungsleitschaufel (20') in radialer Richtung (R), insbesondere passgenau, ausgebildet ist und dass ein minimales Spiel und/oder minimale Spalte (16', 17') zwischen dem Kragflansch (15d') einerseits und dem Außenteller (22') und dem Innenteller (24') andererseits ausgebildet ist. 30 35
13. Verstellbarer Leitschaufelkranz (2a, 4a) nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, 40
dass die Gruppe der Leitschaufeln (20, 20') zumindest zwei Führungsleitschaufeln (20') umfasst, und/oder in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') zumindest zwei Spielleitschaufeln (20) benachbart zu der zumindest einen Führungsleitschaufel (20') angeordnet sind und/oder dass an einer zweiten Stelle in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') und/oder an einer vorletzten Stelle in der Reihe der Leitschaufelaufnahmen (15, 15') eine Führungsleitschaufel (20') angeordnet ist. 45 50
14. Flugtriebwerk (1) mit einem Leitschaufelkranz (2a, 4a) nach den Ansprüchen 8 bis 13, einem Innenring nach einem der Ansprüche 5 bis 7 und/oder mit einem Innenringsegment (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4. 55

Fig. 1



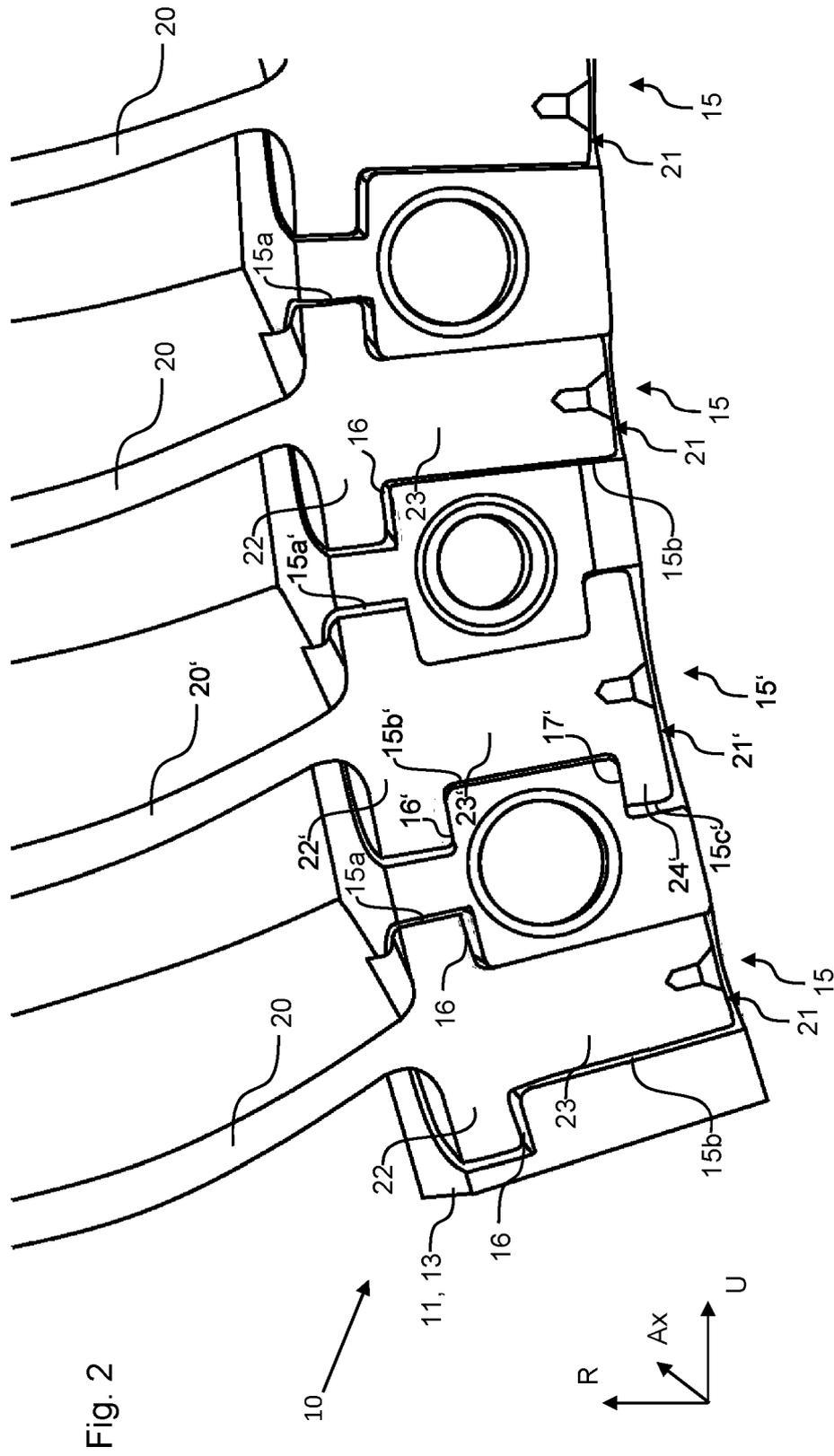
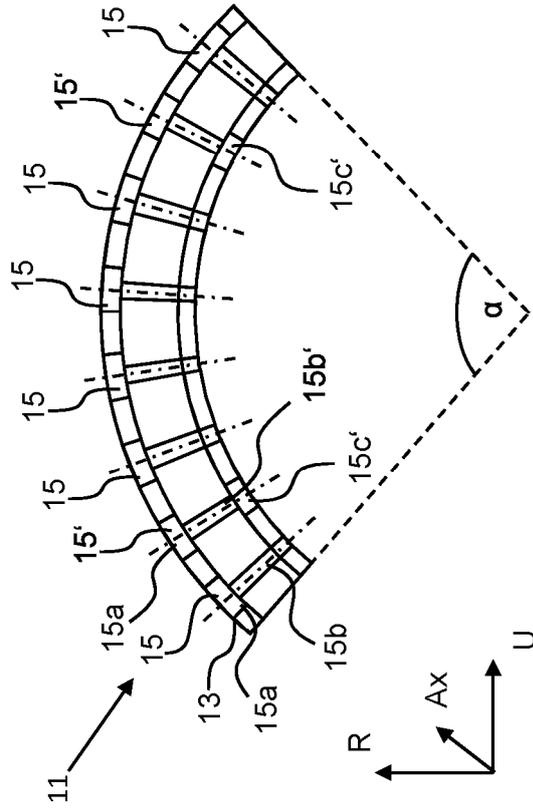
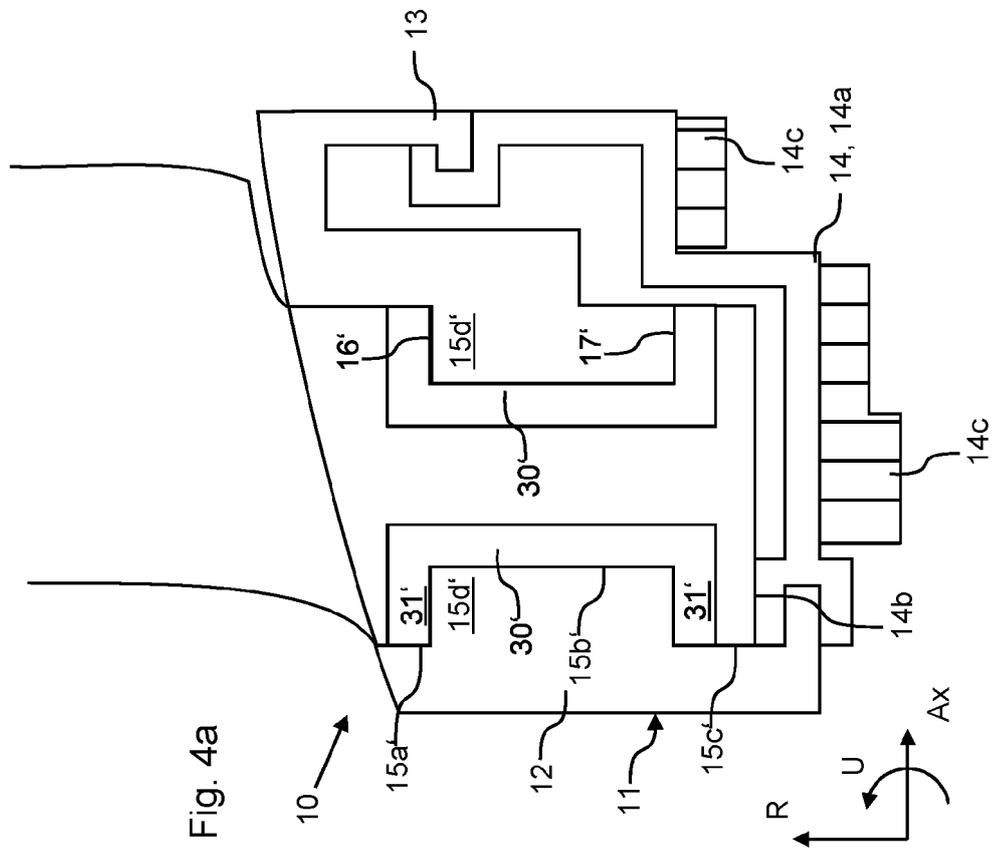
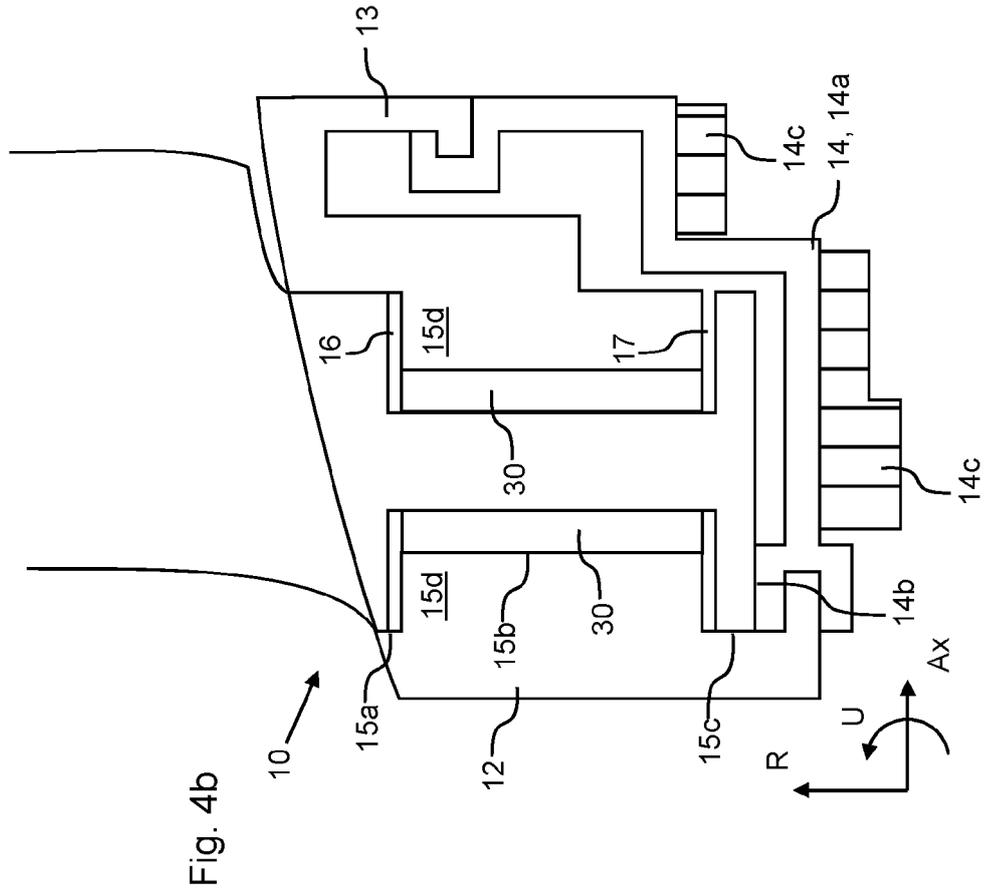


Fig. 3







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 19 5647

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.92 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 38 74 439 T2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 4. Februar 1993 (1993-02-04)	1-7	INV. F01D17/16
A	* Abbildungen *	8-14	
A	US 2021/222575 A1 (BREEZE-STRINGFELLOW ANDREW [US] ET AL) 22. Juli 2021 (2021-07-22) * Abbildung 7 *	8-14	ADD. F01D11/00 F01D5/14
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. November 2024	Prüfer Raspo, Fabrice
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	

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

EP 24 19 5647

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.

22 - 11 - 2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3874439 T2	04 - 02 - 1993	DE 3874439 T2	04 - 02 - 1993
		EP 0298894 A1	11 - 01 - 1989
		JP 2825818 B2	18 - 11 - 1998
		JP H01159499 A	22 - 06 - 1989
		US 4792277 A	20 - 12 - 1988

US 2021222575 A1	22 - 07 - 2021	CN 112664280 A	16 - 04 - 2021
		US 2021222575 A1	22 - 07 - 2021

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2093380 A1 [0005]