

(19)



(11)

**EP 2 716 874 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**09.04.2014 Patentblatt 2014/15**

(51) Int Cl.:  
**F01D 11/00** (2006.01) **F01D 17/16** (2006.01)  
**F04D 29/56** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12187575.1**

(22) Anmeldetag: **08.10.2012**

(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: **Tomsik, Joseph**  
**80799 München (DE)**

### (54) **Leitschaukelkranz, Montageverfahren und Strömungsmaschine**

(57) Offenbart ist ein Leitschaukelkranz (1) mit verstellbaren Leitschaukeln (2), die jeweils radial innen an einem Zentrierabschnitt eines Formelements (6) geführt sind, das in gegenüberliegenden innenringseitigen Ausnehmungen (40,52) auf einer axialen Trennebene

(T) des Innenrings (4) formschlüssig eingesetzt ist, ein Montageverfahren zum Montieren eines derartigen Leitschaukelkranzes sowie eine Strömungsmaschine mit einem derartigen Leitschaukelkranz.

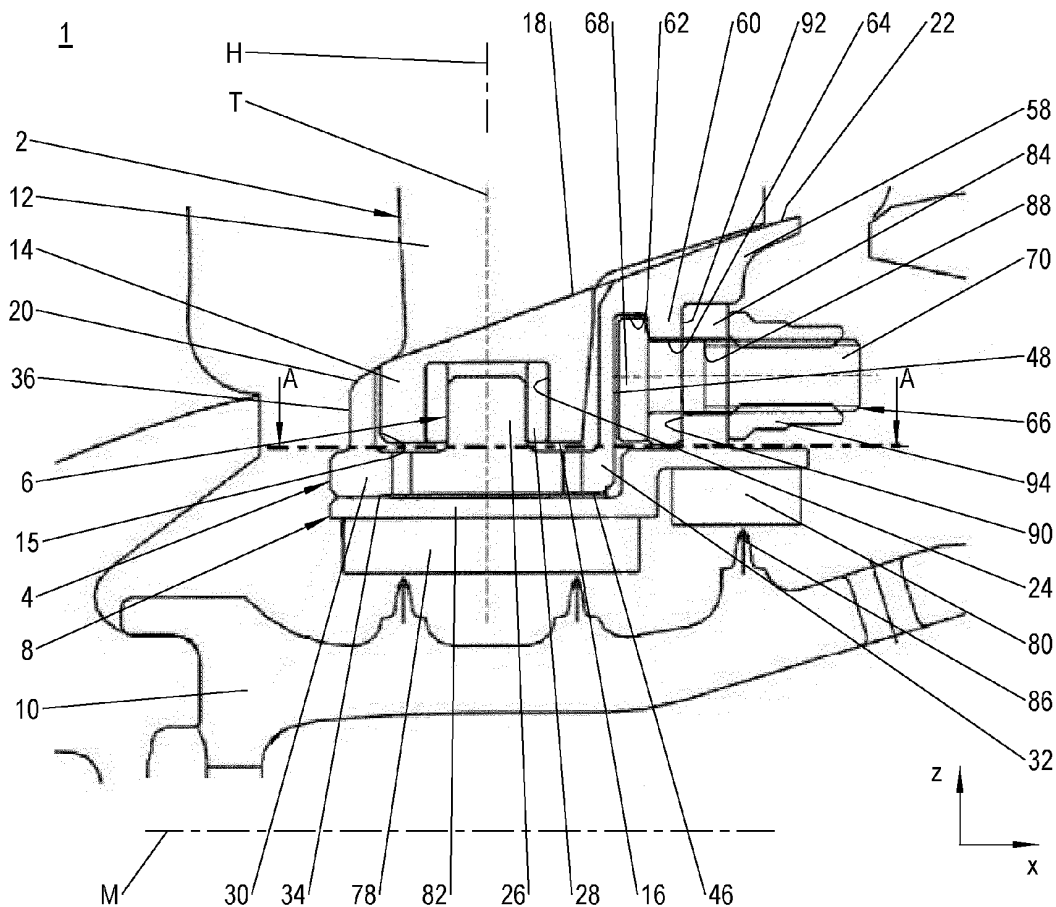


Fig. 1

**EP 2 716 874 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Leitschaukelkranz nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zur Montage eines Leitschaukelkranzes sowie eine Strömungsmaschine.

**[0002]** Strömungsmaschinen wie Flugzeugtriebwerke haben zur Einstellung optimaler Betriebsbedingungen regelmäßig zumindest eine verdichterseitige verstellbare Leitschaukelreihe mit einer Vielzahl von um ihre Hochachse verschwenkbaren Leitschaukeln. Die Leitschaukelreihe bildet mit einem einen Rotorabschnitt umgreifenden Innenring einen Leitschaukelkranz. Der Innenring dient zur inneren Stabilisierung und Lagerung der Leitschaukeln und kann, wie beispielsweise in der DE 10 2007 015 669 A1 gezeigt, aus zwei Halbringen zusammengesetzt sein, die wiederum in einer axialen Trennebene in ein vorderes Halbringsegment und in ein hinteres Halbringsegment unterteilt sind. Zum Lagern der Leitschaukeln hat der Innenring eine Vielzahl von Bohrungen, die auf der axialen Trennebene angeordnet sind und in die die Leitschaukeln mit ihren Lagerzapfen eintauchen. Zum axialen Verbinden der Halbringsegmente zu einem Halbring ist eine Vielzahl von axialen Stiften bzw. Schrauben vorgesehen, mittels denen die Halbringsegmente zusammengehalten werden. Die Stifte sind zwischen zwei benachbarten Lagerzapfen angeordnet. Bei entsprechend kleinen Triebwerken oder bei kleiner Leitschaukelteilung steht jedoch kein ausreichender Bauraum für die Stifte zwischen den Lagerzapfen zur Verfügung. Eine alternative Verstiftung bzw. Verschraubung radial innen zu den Lagerzapfen führt zu einem Gewichtsnachteil und zu einer ungünstigen konstruktiven Gestaltung des gegenüberliegenden Rotorabschnittes.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen Leitschaukelkranz für eine Strömungsmaschine zu schaffen, der die vorgenannten Nachteile beseitigt und eine kompakte Bauweise eines Leitschaukelkranzes ermöglicht. Zudem ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Montage eines derartigen Leitschaukelkranzes und eine Strömungsmaschine zu schaffen, die zumindest einen hohen Verdichterwirkungsgrad aufweist.

**[0004]** Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Leitschaukelkranz mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 und durch eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 11.

**[0005]** Ein erfindungsgemäßer Leitschaukelkranz für eine Strömungsmaschine hat eine Vielzahl von verdrehbaren Leitschaukeln, einen Innenring zum radial inneren Stabilisieren der Leitschaukeln, der zwei Halbringe aufweist, die jeweils in einer axialen Trennebene in ein vorderes Halbringsegment und in ein hinteres Halbringsegment getrennt sind. Zudem hat der Leitschaukelkranz einen ringförmigen Dichtungsträger, der zwei Dichtungshalbringe aufweist, die lösbar an jeweils einem der Halbringsegmente befestigt sind und mit jeweils einem Körperabschnitt radial innen zu den Halbringsegmenten an-

geordnet sind. Erfindungsgemäß sind in gegenüberliegenden innenringseitigen Ausnehmungen der Halbringsegmente Formelemente eingesetzt, die mit den Ausnehmungen bildenden Wandabschnitten form-schlüssig und/oder kraftschlüssig zusammenwirken und die einen Zentrierabschnitt haben, auf dem jeweils eine Leitschaukel geführt ist.

**[0006]** Die Formelemente verspannen jeweils die beiden Halbringsegmente axial, radial und umfangsseitig. Gleichzeitig zentrieren sie über ihren Zentrierabschnitt die Leitschaukeln. Durch den radial innenliegenden Körperabschnitt des Dichtungsträgers bzw. deren Dichtungshalbringe werden die Formelemente radial in ihrer jeweiligen in den Ausnehmungen eingesetzten Positionen gegen eine Herausfallen aus den Ausnehmungen gesichert. Da zwischen den Leitschaukeln kein Bauraum für axiale Verbindungselemente zum Verbinden der Halbringsegmente zum jeweiligen Halbring benötigt wird, kann der Innenring und somit der Leitschaukelkranz entsprechend kompakt und gewichtsoptimiert ausgeführt werden. Zudem bzw. alternativ kann die Anzahl der Leitschaukeln vergrößert werden. Durch die größere Variabilität bezüglich der Leitschaukelanzahl kann die Aerodynamik der Strömungsmaschine verbessert werden. Die Herstellung der Ausnehmungen für die Zentrierabschnitte erfolgt vorzugserweise im gepaarten Zustand der Halbringsegmente. Bevorzugterweise erfolgt die Ausbildung der Ausnehmungen mittels elektrochemischen Abtragens (ECM) oder mittels Drahterodierens. Die Zentrierabschnitte selbst werden bevorzugterweise generativ in Abhängigkeit von einer zu erwartenden Belastung, der jeweiligen Bauteilklasse und zulässigen Toleranzen hergestellt.

**[0007]** Bevorzugterweise haben die Formelemente jeweils einen quaderartigen Grundkörper, der einen gegenüber einem vorderen Abschnitt und einem hinteren Abschnitt querschnittsreduzierten mittleren Abschnitt hat. Die Ausnehmungen haben dann bevorzugterweise jeweils eine in der Trennebene liegende gegenüber einem Ausnehmungsgrund querschnittsreduzierten Öffnungsabschnitt. Insbesondere sind die Ausnehmungen schwalbenschwanzartig ausgebildet, wobei sie mit ihren querschnittsreduzierten Abschnitten im montierten Zustand gegenüberliegen angeordnet sind. Die schwalbenschwanzartigen Ausnehmungen mit den entsprechenden Formelementen ermöglichen eine großflächige Krafteinleitung sowie einen sicheren Formschluss.

**[0008]** Die Zentrierabschnitte erstrecken sich jeweils bevorzugterweise zapfenartig von dem mittleren Abschnitt quer zur Querschnittsverjüngung und sind so auf der axialen Trennebene positioniert. Die Leitschaukeln haben jeweils bevorzugterweise eine Lagerbohrung zur inneren Führung auf dem jeweiligen Zentrierabschnitt. Eine derartige Zentrierung lässt sich platzsparend ausbilden, da die Zentrierabschnitte in die Leitschaukeln eintauchen. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Zentrierabschnitte becherartig auszuführen und die Leitschaukeln mit einem Lagerzapfen in die Zentrierbecher

eintauchen zu lassen, so dass die Leitschaufeln außen geführt werden.

**[0009]** Zur Verbesserung der Führung der Leitschaufeln auf den Zentrierabschnitten und zur Verschleißreduzierung können in die Lagerbohrungen Lagerbuchsen eingesetzt sein, in denen die Zentrierabschnitte eintauchen.

**[0010]** Alternativ ist eine Beschichtung der Zentrierabschnitte und/oder der Lagerbohrungen möglich. Hierdurch kann auf die Lagerbuchsen verzichtet werden.

**[0011]** Zur Bildung einer stufenlosen bzw. nahezu stufenfreien inneren Ringraumwandung im Bereich des Leitschaufelkranzes kann der Innenring Schaufeltellerbohrungen haben, die auf der axialen Trennebene liegen und in die die Leitschaufeln mit ihren radial inneren Schaufeltellern eintauchen können.

**[0012]** Bei einer bevorzugten Anbindung des Dichtungsträgers an dem Innenring haben jeweils die hinteren Halbringsegmente einen radial nach innen weisenden Radialflansch und die Dichtungsträgerhalbringe jeweils einen radial nach außen weisenden Radialsteg, die sich im montierten Zustand flächig in Anlage befinden. Die stromabwärtige Befestigung des Dichtungsträgers an dem Innenring hat den Vorteil, dass in diesem Bereich ausreichend Bauraum vorhanden ist. Gleichzeitig wird durch den sich mit dem Radialsteg in Überlappung befindenden Radialflansch eine axiale Dichtfläche geschaffen, mittels der Leckagepfade zwischen dem Innenring und dem Dichtungsträger wirkungsvoll abgedichtet werden.

**[0013]** Bevorzugterweise ist zwischen dem Radialflansch und einer stromaufwärtigen Rückwandung der hinteren Halbringsegmente jeweils ein Axialspalt gebildet und axiale Anbindungselemente zum Verbinden der jeweiligen Halbringsegmente zu einem Halbring sind mit ihren Schäften in jeweils einer radial nach innen geöffneten Nut der Radialflansche und in einer Axialbohrung der Radialstege eingesetzt. Bevorzugterweise sind die Anbindungselemente Schrauben, was eine einfache Montage und Demontage ermöglicht. Durch die Nuten in den Radialflanschen können dabei Montage- und Bauteiltoleranzen des Innenrings und des Dichtungsträgers ausgeglichen werden.

**[0014]** Die Montage des Dichtungsträgers an dem Innenring lässt sich weiter vereinfachen, wenn die Anbindungselemente mit ihren Köpfen dreh sicher in dem Axialspalt gehalten sind. Hierdurch ist beim Aufschrauben eines Verriegelungselementes wie eine Mutter kein Gegenhalter notwendig, um ein Mitdrehen der Anbindungselemente zu verhindern.

**[0015]** Bei einem bevorzugten Verfahren zur Montage eines erfindungsgemäßen Leitschaufelkranzes werden die Leitschaufeln mit den in den Lagerbohrungen eingesetzten Lagerbuchsen gehäuseseitig gelagert. Dann werden die vorderen und hinteren Halbringsegmente axial um die inneren Schaufelteller angeordnet. Danach werden die Formelemente mit ihren Zentrierabschnitten radial von innen in die inneren Schaufelteller eingeführt

und in die jeweils gegenüberliegenden Ausnehmungen eingesetzt. Anschließend werden die Schrauben radial von innen in die Schlitze des Radialsteiges eingeführt, wobei sie mit ihren Köpfen in dem Axialspalt angeordnet werden. Anschließend werden die Dichtungsträgerhalbringe mit ihren Axialbohrungen axial von hinten auf die Schraubenschäfte aufgeschoben. Abschließend werden die Muttern auf die Schrauben axial von hinten aufgeschraubt und mit einem Soll-Drehmoment angezogen.

**[0016]** Das Verfahren ist einfach und schnell durchzuführen. Aufgrund der axialen Montage kann ein radiales Montagespiel zwischen dem Innenring und dem Dichtungsträger reduziert werden.

**[0017]** Eine erfindungsgemäße Strömungsmaschine weist zumindest einen erfindungsgemäßen Leitschaufelkranz auf. Aufgrund der axialen Montage des Innenrings und des Dichtungsträgers wird eine radiale Spaltreduzierung zwischen dem Innenring und dem Dichtungsträger erreicht. Damit ergibt sich in Summe ein geringeres radiales Spiel. Gleichzeitig kann ein Spalt zwischen rotorseitigen Dichtspitzen bzw. Dichtfins und leitschaufelkranzseitigen Dichtelementen reduziert werden. Zudem werden Leckagepfade zwischen dem Innenring und dem Dichtungsträger abgedichtet. Hierdurch ergibt sich somit eine verbesserte Aerodynamik des Verdichters und somit ein höherer Verdichterwirkungsgrad im Vergleich zu einer Strömungsmaschine mit einem herkömmlichen Leitschaufelkranz. Zudem ergibt sich durch die Minimierung des Innenringbauraums eine Gewichtersparnis und eine optimierte Rotorkonstruktion hinsichtlich Struktur und Schwingungsverhalten.

**[0018]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand stark vereinfachter schematischer Darstellungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Axialschnitt durch einen erfindungsgemäßen Leitschaufelkranz, und

Figur 2 einen Schnitt durch den Leitschaufelkranz entlang der Linie AA aus Figur 1.

**[0019]** Gemäß Figur 1 hat ein erfindungsgemäßer Leitschaufelkranz 1 einer Strömungsmaschine wie ein Flugzeugtriebwerk eine Vielzahl von Leitschaufeln 2, einen Innenring 4, Formelemente 6 und einen Dichtungsträger 8. Der Leitschaufelkranz 1 ist statorseitig im Verdichter angeordnet und umgreift eine Rotortrommel 10 eines Rotors, der um eine sich in Strömungsrichtung x eines Hauptstroms erstreckende Maschinenachse M rotiert.

**[0020]** Die Leitschaufeln 2 sind um ihre sich in Radialrichtung z erstreckende Schaufelachse bzw. Hauptachse H verstellbar und haben jeweils ein Schaufelblatt 12 und einen inneren Schaufelteller 14. Zudem haben die Leitschaufeln 2 jeweils einen nicht gezeigten radial äußeren Schaufelteller sowie einen sich von dem äußeren Schaufelteller radial nach außen erstreckenden Verstellzapfen, mittels dem sie jeweils mit einer gehäuseseitigen

Verstelleinrichtung zum Verschwenken um ihre Hauptachse H zusammenwirken.

**[0021]** Die inneren Schaufelteller 14 sind jeweils in einer radialen äußeren sacklochartigen Radialbohrungen bzw. einer Schaufeltellerbohrung 15 des Innenrings 4 angeordnet. Sie haben eine radial innere und sich parallel zur Maschinenachse M erstreckende Unterseite 16 und eine zur Unterseite 16 entgegengesetzte Oberseite 18. Die Oberseite 18 ist schräg zur Maschinenachse M angeordnet, wobei sie sich in Strömungsrichtung x radial von innen nach außen erstreckt. Sie bildet mit einer stromaufwärtigen bzw. vorderen Ringraumfläche 20 des Innenrings 4, mit einer stromabwärtigen bzw. hinteren Ringraumfläche 22 des Innenrings 4 und mit sich zwischen den Radialbohrungen 15 erstreckenden und die beiden Ringraumflächen 20, 22 abschnittsweise miteinander verbindenden nicht gezeigten Innenringoberflächen einen radial inneren Seitenwandabschnitt eines von dem Hauptstrom durchströmten Ringraums.

**[0022]** Die Leitschaufeln 2 weisen in ihrem inneren Schaufelteller 14 jeweils eine als Sacklochbohrung ausgebildete Lagerbohrung 24 auf, die zur Unterseite 16 geöffnet ist und coaxial zur Hauptachse H orientiert ist. Die Lagerbohrungen 24 dienen zur Zentrierung der Leitschaufeln 2 um ihre Hauptachse H und sind jeweils zur Aufnahme eines Zentrierabschnittes 26 der Formelemente 6 mit einer vorzugsweise eingepressten Lagerbuchse 28 versehen. Alternativ zur Lagerbuchse 28 sind die Lagerbohrung und/oder der Zentrierabschnitt 26 beschichtet, wodurch die Lagerbuchse 28 entfallen kann.

**[0023]** Der Innenring 4 dient zur radial inneren Stabilisierung der Leitschaufeln 2 und ist über einen Radialspalt von der Rotortrommel 10 beabstandet. Er besteht aus zwei in einer horizontalen Gehäusetrennebene getrennten Halbringen, die wiederum in einer axialen Trennebene T in ein vorderes Halbringsegment 30 und ein hinteres Halbringsegment 32 unterteilt sind. Jedes Halbringsegment 30, 32 bildet somit eine Hälfte der Radialbohrungen 15 zur Aufnahme der inneren Schaufelteller 14 aus.

**[0024]** Die vorderen Halbringsegmente 30 haben jeweils eine Bodenfläche 34 und eine orthogonal zu dieser angeordnete Stirnfläche 36. Die Bodenfläche 34 erstreckt sich in Richtung der Maschinenachse M und ist radial innen zur Stirnfläche 36 angeordnet. Die Bodenfläche 34 ist stromabwärts von einer in der axialen Trennebene T liegenden Hinterkante 38 (s. Figur 2) des vorderen Halbringsegments 30 begrenzt und von einer Vielzahl von Ausnehmungen 40 zur Aufnahme jeweils einer Hälfte der Formelemente 6 durchsetzt. Die Ausnehmungen 40 durchsetzen die Bodenfläche 34 im Bereich der Radialbohrungen 15 und sind zur Hinterkante 38 geöffnet. Wie in Figur 2 gezeigt sind sie bevorzugterweise schwalbenschwanzartig ausgebildet mit einem Grund 42, der gegenüber einer in die Hinterkante 38 übergehenden Mündung 44 querschnittserweitert ist.

**[0025]** Die Stirnfläche 36 erstreckt sich stromaufwärts der Bodenfläche 34 radial nach außen und geht in die

vordere Ringraumfläche 20 über. Sie hat eine derartige radiale Erstreckung, dass in der gezeigten Grundstellung der Leitschaufeln 2 die Oberseite 18 der inneren Schaufelteller 14 stufenlos bzw. nahezu stufenlos und somit bündig mit der vorderen Ringraumfläche 20 abschließt.

**[0026]** Die hinteren Halbringsegmente 32 haben jeweils eine Bodenfläche 46 sowie eine sich orthogonal zur Bodenfläche 46 erstreckende Rückfläche 48. Die Bodenfläche 46 erstreckt sich in Richtung der Maschinenachse M und ist radial innen zur Rückfläche 48 angeordnet. Sie erstreckt sich stromabwärts von einer in der axialen Trennebene T liegenden Vorderkante 50 (s. Figur 2) des hinteren Halbringsegments 32 und ist von einer Vielzahl von Ausnehmungen 52 zur Aufnahme jeweils einer Hälfte der Formelemente 6 durchsetzt. Die Ausnehmungen 52 durchsetzen die Bodenfläche 46 im Bereich der Radialbohrungen 15 und sind zur Vorderkante 50 geöffnet. Wie in Figur 2 gezeigt sind bevorzugterweise schwalbenschwanzartig ausgebildet mit einem Grund 54, der gegenüber einer in die Vorderkante 50 übergehenden Mündung 56 querschnittserweitert ist.

**[0027]** Die Rückfläche 48 erstreckt sich in einem hinteren Bereich von der Bodenfläche 46 radial nach außen. Sie geht in einen Axialvorsprung 58 über, dessen von der Rückfläche 48 abgewandte Fläche die hintere Ringraumfläche 22 darstellt. Die radiale Position des Axialvorsprungs 58 ist derart, dass in der gezeigten Grundstellung der Leitschaufeln 2 die Oberseite 18 der inneren Schaufelteller 14 stufenlos bzw. nahezu stufenlos und somit bündig mit der hinteren Ringraumfläche 22 abschließt. Aufgrund der vorbeschriebenen Schrägstellung der Oberseite 18 ist die Rückfläche 48 höher als die Stirnfläche 36 ausgebildet.

**[0028]** Zudem haben die hinteren Halbringsegmente 32 jeweils einen Radialflansch 60, der sich von dem Axialvorsprung 58 radial nach innen erstreckt. Der Radialflansch 60 ist über einen Axialspalt 62 von der Rückfläche 48 beabstandet und weist eine Vielzahl von den Radialflansch 60 in axialer Richtung durchsetzenden und radial nach innen geöffneten Nuten 64 auf. Der Axialspalt 62 hat eine derartige Erstreckung in axialer Richtung, dass in ihm Anbindungselemente 66 zum Anbinden des Dichtungsträgers 8 an dem Innenring 4 bzw. dessen hinteren Halbringsegmenten 32 mit ihren Köpfen 68 aufgenommen werden können. Dabei wird es bevorzugt, wenn die Köpfe 68 jeweils formschlüssig mit dem Axialvorsprung 58 oder mit einem Abschnitt des Dichtungsträgers 8 zusammenwirken. Die Nuten 64 haben eine Erstreckung in Umfangsrichtung, dass die Anbindungselemente 66 mit ihren Schäften 70 durch diese hindurchgeführt werden können. Vorzugsweise sind die Anbindungselemente 66 T-Schrauben bzw. Schrauben mit einem flachen Kopf.

**[0029]** Die Formelemente 6 haben, wie in Figur 2 gezeigt, jeweils einen mittig verjüngten quaderförmigen Grundkörper, von dem sich der Zentrierabschnitt 26 erstreckt. Der Grundkörper hat zwei voneinander entfernt liegende Endabschnitte 72, 74, die über einen gegenüber

den Endabschnitten 72, 74 querschnittsreduzierten mittleren Abschnitt 76 miteinander verbunden sind. Die Querschnittsverjüngung ist derart, dass die Formelemente 6 formschlüssig mit den schwalbenschwanzartigen Ausnehmungen 40, 52 bzw. mit deren Wandungsabschnitten zusammenwirken. Die Endabschnitte 72, 74 sind somit für sich in etwa dreieckförmig, wobei sie im Bereich ihrer Schenkelspitzen zusammengeführt sind.

**[0030]** Die Zentrierabschnitte 26 erstrecken sich jeweils orthogonal radial nach außen von den querschnittsreduzierten mittleren Abschnitten 76. Sie erstrecken sich mittig von dem quaderförmigen Körper und haben zum Eintauchen in die inneren Schaufelteller 14 eine zapfenartige bzw. zylinderförmige Gestalt.

**[0031]** Der Dichtungsträger 8 dient zum radialen Sichern der Formelemente 6 in den Ausnehmungen 40, 52, zum Tragen von Einlaufbelägen 78, 80 zum Abdichten des Radialspaltes und zum Abdichten von Leckagepfaden innerhalb des Innenrings 4. Er ist entlang der horizontalen Gehäusetrennebene in zwei Dichtungsträgerhalbringe geteilt, die jeweils eine Umfangswandung 82 sowie einen sich von der Umfangswandung 82 orthogonal radial nach außen erstreckenden Radialsteg 84 aufweisen.

**[0032]** Die Umfangswandung 82 verläuft in Richtung der Maschinenachse M und ist stromabwärts radial zurückgestuft. Die Umfangswandung 82 ist jeweils radial innenliegend zu den Bodenflächen 34, 46 der Halbringsegmente 30, 32 angeordnet. Hierdurch erstreckt sie sich über die Ausnehmungen 40, 52 der Halbringsegmente 30, 32 und ein versehentliches Herausfallen der Formelemente 6 aus den Ausnehmungen 40, 52 wird verhindert. Die Einlaufbeläge 78, 80 sind innenumfangsseitig an der Umfangswandung 82 angebunden. Sie sind beispielsweise plattenförmige Honigwabendichtungen und mit der Umfangswandung 82 insbesondere stoffschlüssig verbunden, beispielsweise verlötet oder verschweißt. Alternativ sind die Einlaufbeläge 78, 80 mit der Umfangswandung 82 verstiftet bzw. vernietet oder verklebt. Die Einlaufbeläge 78, 80 sind in radialer Richtung z derart von der Rotortrommel 10 beabstandet, dass rotorseitige Dichtstege bzw. Dichtfins 86 in sie einlaufen können, so dass der Leckagepfad zwischen dem Innenring 4 und der Rotortrommel 10 abdichtet ist.

**[0033]** Der Radialsteg 84 erstreckt sich rückwärtig von den Einlaufbelägen 78, 80 und weist eine Vielzahl von Axialbohrungen 88 zum Durchführen der Anbindungselemente 66 auf. Zum Abdichten der Leckagepfade zwischen dem Innenring 4 und dem Dichtungsträger 8 hat der Radialsteg 84 eine stirnseitige Anlagefläche 90, die dichtend mit einer rückwärtigen Anlagefläche 92 des jeweiligen Radialflansches 60 der hinteren Halbringsegmente 32 in Anlage bringbar ist.

**[0034]** Im Folgenden wird ein bevorzugtes Verfahren zur Montage des Leitschaukelkranzes 1 erläutert: Der Leitschaukelkranz 1 wird dabei für jede Gehäusehälfte einzeln montiert und erst durch das Zusammensetzen der beiden Gehäusehälften zu einem Ring geschlossen.

Zuerst werden die Lagerbuchsen 28 in die Lagerbohrungen 24 der Leitschaukeln 2 eingesetzt, insbesondere eingepresst. Dann werden die Leitschaukeln 2 mit ihren Verstellzapfen in gehäuseseitige Lagerungen eingesetzt.

Die Leitschaukeln 2 sind nun speichenartig zueinander in den Gehäusehälften positioniert. Danach werden die vorderen und hinteren Halbringsegmente 30, 32 axial um die inneren Schaufelteller 14 positioniert, wobei sie mit ihren Körperkanten 38, 50 in Anlage gebracht werden und ihre gegenüberliegenden Ausnehmungen 40, 52 fluchtend zueinander angeordnet werden. Dann werden die Formelemente 6 mit ihren Zentrierabschnitten 26 radial von innen in die inneren Schaufelteller 14 eingeführt und in die gegenüberliegenden Ausnehmungen 40, 52 eingepresst. Anschließend werden die Anbindungselemente 66 radial von innen in die Nuten 64 eingeführt, wobei sie mit ihren Köpfen 68 in den Axialspalten 62 angeordnet werden. Dann werden die Dichtungsträgerhalbringe 8 mit ihren Axialbohrungen 88 axial von hinten nach vorne auf die Schäfte 70 der Sicherungselemente 66 aufgeschoben. Abschließend werden Schließelemente 94, beispielsweise Muttern, auf die Schäfte 70 axial von hinten aufgeschraubt und mit einem Soll-Drehmoment angezogen. Die Leitschaukeln 2 sind nun jeweils auf einem Zentrierabschnitt 26 lagezentriert und die Halbringsegmente 30, 32 sind axial, radial und umfangsseitig miteinander verbunden. Die Formelemente 6 sind durch das Einpressen in die Ausnehmungen 40, 52 formschlüssig in diesen angeordnet sowie zusätzlich durch die Umfangswandung 82 der Dichtungsträgerhalbringe gegen ein versehentliches radiales Herausfallen gesichert. Gleichzeitig werden Leckagepfade zwischen dem Innenring 4 und dem Dichtungsträger 8 durch die dichtende Anlage bzw. das Verspannen der stirnseitigen Anlagefläche 90 der Dichtungsträgerhalbringe mit der jeweiligen rückseitigen Anlagefläche 92 der hinteren Halbringsegmente 32 geschlossen.

**[0035]** Offenbart ist ein Leitschaukelkranz mit verstellbaren Leitschaukeln, die jeweils radial innen an einem Zentrierabschnitt eines Formelements geführt sind, das in gegenüberliegenden innenringseitigen Ausnehmungen auf einer axialen Trennebene des Innenrings formschlüssig eingesetzt ist, ein Montageverfahren zum Montieren eines derartigen Leitschaukelkranzes sowie eine Strömungsmaschine mit einem derartigen Leitschaukelkranz.

#### Bezugszeichenliste

**[0036]**

- |    |                   |
|----|-------------------|
| 1  | Leitschaukelkranz |
| 2  | Leitschaukeln     |
| 4  | Innenring         |
| 6  | Formelemente      |
| 8  | Dichtungsträger   |
| 10 | Rotortrommel      |
| 12 | Schaukelblatt     |

|    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 14 | innere Schaufelteller           |
| 15 | Radialbohrung                   |
| 16 | Unterseite                      |
| 18 | Oberseite                       |
| 20 | vordere Ringraumfläche          |
| 22 | hintere Ringraumfläche          |
| 24 | Lagerbohrung                    |
| 26 | Zentrierabschnitt               |
| 28 | Lagerbuchse                     |
| 30 | vorderes Halbringsegment        |
| 32 | hinteres Halbringsegment        |
| 34 | Bodenfläche                     |
| 36 | Stirnfläche                     |
| 38 | Hinterkante                     |
| 40 | Ausnehmung                      |
| 42 | Grund                           |
| 44 | Mündung                         |
| 46 | Bodenfläche                     |
| 48 | Rückfläche                      |
| 50 | Vorderkante                     |
| 52 | Ausnehmung                      |
| 54 | Grund                           |
| 56 | Mündung                         |
| 58 | Axialvorsprung                  |
| 60 | Radialflansch                   |
| 62 | Axialspalt                      |
| 64 | Nut                             |
| 66 | Anbindungselemente              |
| 68 | Kopf                            |
| 70 | Schaft                          |
| 72 | Endabschnitt                    |
| 74 | Endabschnitt                    |
| 76 | mittlerer Abschnitt             |
| 78 | Einlaufbelag                    |
| 80 | Einlaufbelag                    |
| 82 | Umfangswandung                  |
| 84 | Radialsteg                      |
| 86 | Dichtstege                      |
| 88 | Axialbohrung                    |
| 90 | stirnseitige Anlagefläche       |
| 92 | rückseitige Anlagefläche        |
| 94 | Schließelement                  |
| H  | Hauptachse/Schaufelachse        |
| M  | Maschinenachse                  |
| T  | axiale Trennebene               |
| x  | Strömungsrichtung/Axialrichtung |
| z  | Radialrichtung                  |

## Patentansprüche

1. Leitschaufelkranz (1) für eine Strömungsmaschine, mit einer Vielzahl von verdrehbaren Leitschaufeln (2), mit einem Innenring (4) zum radial inneren Stabilisieren der Leitschaufeln (2), der zwei Halbringe aufweist, die jeweils in einer axialen Trennebene (T) in ein vorderes Halbringsegment (30) und in ein hin-

teres Halbringsegment (32) getrennt sind, und mit einem ringförmigen Dichtungsträger (8), der zwei Dichtungshalbringe hat, die lösbar an jeweils einem der Halbringsegmente (30, 32) befestigt sind und mit jeweils einem Körperabschnitt (82) radial innen zu den Halbringsegmenten (30, 32) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** Formelemente (6) in gegenüberliegenden Ausnehmungen (40, 52) der Halbringsegmente (30, 32) eingesetzt sind, die mit Wandungsabschnitten der Ausnehmungen (40, 52) formschlüssig und/oder kraftschlüssig zusammenwirken und die einen Zentrierabschnitt (26) haben, auf dem jeweils eine Leitschaufel (2) geführt ist.

2. Leitschaufelkranz nach Anspruch 1, wobei die Formelemente (6) jeweils einen quaderartigen Grundkörper haben, der einen gegenüber einem vorderen Abschnitt (72) und einem hinteren Abschnitt (74) querschnittsreduzierten mittleren Abschnitt (76) hat, und die Ausnehmungen (40, 52) jeweils einen in der Trennebene (T) liegenden gegenüber einem Ausnehmungsgrund (42, 54) querschnittsreduzierten Öffnungsabschnitt (44, 56) haben.

3. Leitschaufelkranz nach Anspruch 2, wobei sich die Zentrierabschnitte (26) jeweils zapfenartig von dem mittleren Abschnitt (76) quer zur Querschnittsverjüngung erstrecken und die Leitschaufeln (2) jeweils eine Lagerbohrung (24) zur Führung auf dem Zentrierabschnitt (26) haben.

4. Leitschaufelkranz nach Anspruch 3, wobei die Leitschaufeln (2) über Lagerbuchsen (28) auf den Zentrierabschnitten (26) geführt sind.

5. Leitschaufelkranz nach Anspruch 3, wobei die Lagerbohrungen (24) und/oder die Zentrierabschnitte (26) beschichtet sind.

6. Leitschaufelkranz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Innenring (4) Schaufeltellerbohrungen (15) hat, die auf der Trennebene (T) liegen und in die die Leitschaufeln (2) mit radial inneren Schaufeltellern (14) eintauchen.

7. Leitschaufelkranz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die hinteren Halbringsegmente (32) jeweils einen radial nach innen weisenden Radialflansch (60) und die Dichtungsträgerhalbringe jeweils einen radial nach außen weisenden Radialsteg (84) haben, die sich im montierten Zustand in Anlage befinden.

8. Leitschaufelkranz nach Anspruch 7, wobei zwischen dem Radialflansch (60) und einer stromaufwärtigen Fläche (48) der hinteren Halbringsegmente (32) ein Axialspalt (62) gebildet ist und Anbindungselemente (66) zum Anbinden der Dichtungsträgerhalbringe mit

ihren Schäften (70) in jeweils eine radial nach innen geöffnete Nut (64) der Radialflansche (60) und Axialbohrungen (88) der Radialstege (84) eingesetzt sind.

5

9. Leitschaufelkranz nach Anspruch 8, wobei Köpfe (68) der Anbindungselemente (66) drehsicher in dem Axialspalt (62) angeordnet sind.

10. Verfahren zur Montage eines Leitschaufelkranzes (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den Schritten:

10

- Einsetzen der Leitschaufeln (2) mit den in den Lagerbohrungen (24) eingesetzten Lagerbuchsen (28) in eine Gehäuselagerung, 15
- Zusammensetzen der vorderen und hinteren Halbringsegmente (30, 32) axial um die inneren Schaufelteller (14),
- Einführen der Zentrierabschnitte (26) in die inneren Schaufelteller (14) und Einsetzen der Formelemente (6) radial von innen in die jeweils gegenüberliegenden Ausnehmungen (40, 52), 20
- Einsetzen der Schrauben (66) radial von innen in die Nuten (64), wobei sie mit ihren Köpfen (68) in dem Axialspalt (62) angeordnet werden, 25
- Aufschieben der Dichtungsträgerhalbringe axial von hinten auf die Schraubenschäfte (70), und
- Aufschrauben der Muttern (94) auf die Schrauben (66) axial von hinten bis diese mit einem Soll-Drehmoment angezogen sind. 30

11. Strömungsmaschine mit einem Leitschaufelkranz (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

35

40

45

50

55

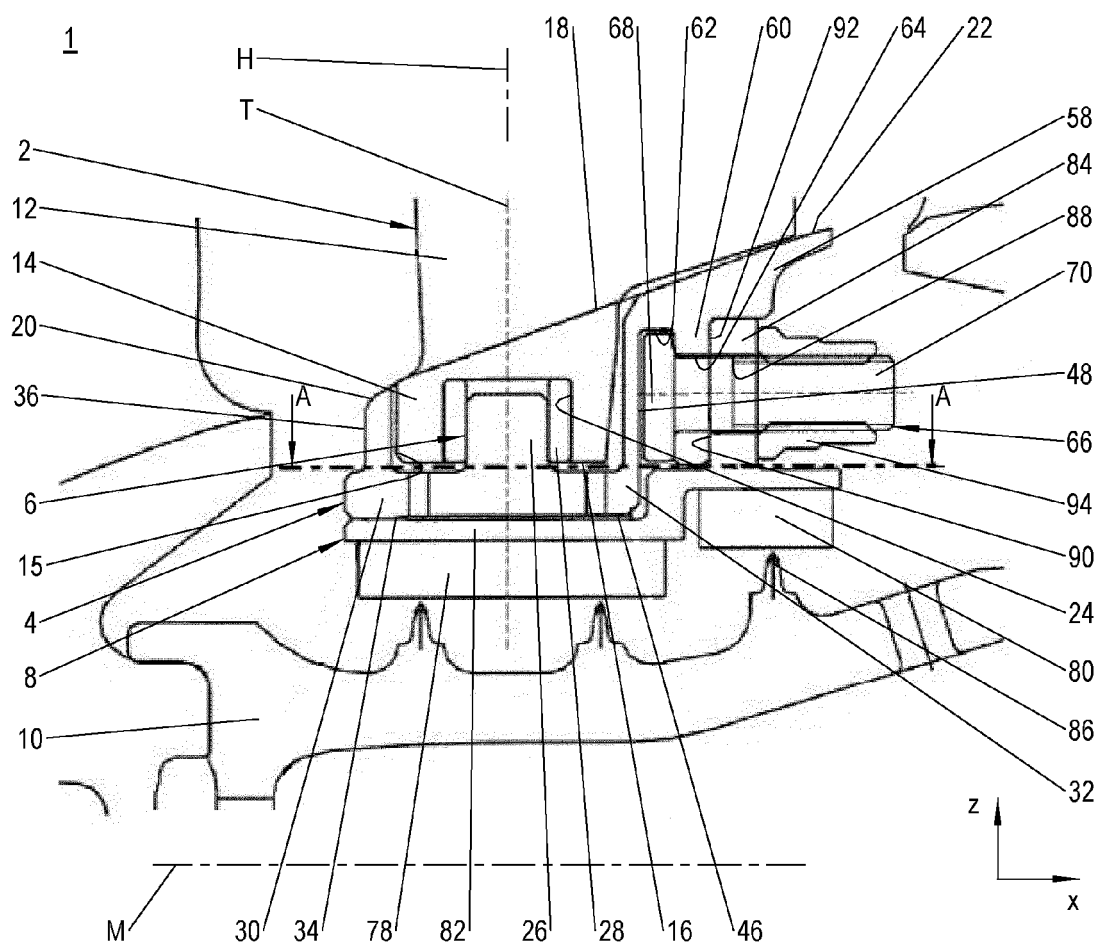


Fig. 1

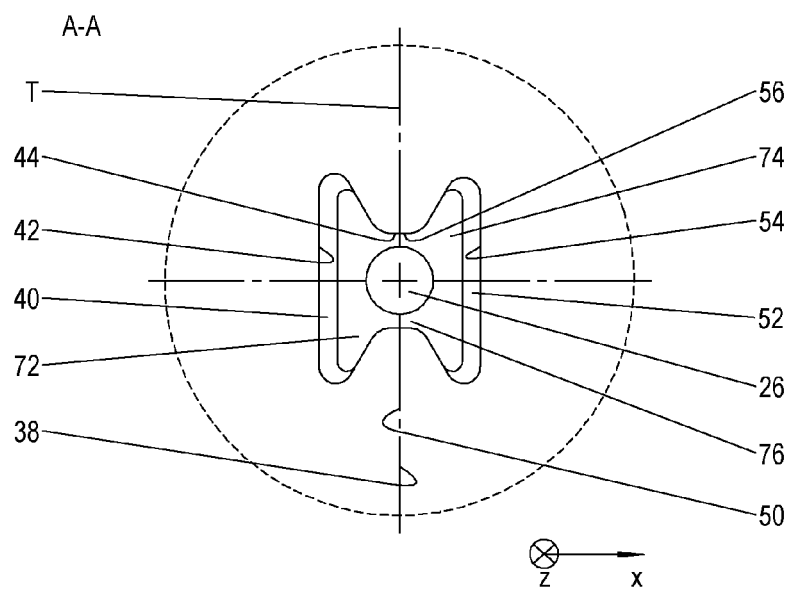


Fig. 2



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 12 18 7575

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                              | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)          |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 10 2008 032661 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 14. Januar 2010 (2010-01-14)<br>* Absatz [0018] - Absatz [0019]; Abbildung 1 * | 1,6-9,11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | INV.<br>F01D11/00<br>F01D17/16<br>F04D29/56 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EP 0 546 935 A1 (SNECMA [FR])<br>16. Juni 1993 (1993-06-16)<br>* Spalte 5, Zeile 37 - Spalte 6, Zeile 36;<br>Abbildungen 2-4 *   | 1,6,7,11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | F01D<br>F04D                                |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                             |
| Recherchenort<br>Den Haag                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                  | Abschlußdatum der Recherche<br>19. März 2013                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Prüfer<br>Robelin, Bruno                    |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                  | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                             |

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 18 7575

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-03-2013

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 102008032661 A1                                 | 14-01-2010                    | DE 102008032661 A1                | 14-01-2010                    |
|                                                    |                               | WO 2010003405 A1                  | 14-01-2010                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| EP 0546935 A1                                      | 16-06-1993                    | DE 69203705 D1                    | 31-08-1995                    |
|                                                    |                               | DE 69203705 T2                    | 21-03-1996                    |
|                                                    |                               | EP 0546935 A1                     | 16-06-1993                    |
|                                                    |                               | FR 2685033 A1                     | 18-06-1993                    |
|                                                    |                               | US 5328327 A                      | 12-07-1994                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102007015669 A1 [0002]