



(11)

EP 4 421 293 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.08.2024 Patentblatt 2024/35

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01D 9/04 (2006.01) **F01D 25/24** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24152682.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01D 9/042; F01D 25/246; F05D 2250/71;
F05D 2250/711; F05D 2250/712; F05D 2250/713;
F05D 2260/38

(22) Anmeldetag: **18.01.2024**

(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: **Feldmann, Manfred**
80995 München (DE)

(30) Priorität: **17.02.2023 DE 102023104051**

(54) **STATORVORRICHTUNG ZUR ANORDNUNG INNERHALB EINES VORGEgebenEN TURBINENGEHÄUSES EINER STRÖMUNGSMASCHINE, VERBINDUNGSSYSTEM FÜR EINE STRÖMUNGSMASCHINE, SOWIE STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Statorvorrichtung (8) zur Anordnung innerhalb eines vorgegebenen Turbinengehäuses (2) einer Strömungsmaschine (100), wobei die Statorvorrichtung (8) an deren radialer Außenseite (9) ein axial vorderes Verbindungselement (10) mit einer radial nach innen gerichteten, vorderen Verbindungsfläche (11) zum Verbinden mit einer vorderen Aufnahme­fläche (5) des Turbinengehäuses, und ein axial hinteres Verbindungselement (12) mit einer radial nach außen gerichteten, hinteren Verbindungsfläche (13) zum Verbinden mit einer hinteren Aufnahme­fläche (7) des Turbinengehäuses aufweist, wobei die hintere Verbindungsfläche in einer Umfangsrichtung (U) exzentrisch zur hinteren Aufnahme­fläche vorgekrümmt ist; das hintere Verbindungselement einen hinteren, sich von einer Plattform (31) der Statorvorrichtung im Wesentlichen geradlinig weg erstreckenden Stegabschnitt (14) aufweist, welcher an dessen radial äußerem Ende (15) die hintere Verbindungsfläche ausbildet; und der Stegabschnitt an dessen radial äußerem Ende entlang der Umfangsrichtung verteilte, axial erstreckende Vorsprünge (16) zur radialen Sicherung der Statorvorrichtung (8) an dem Turbinengehäuse aufweist.

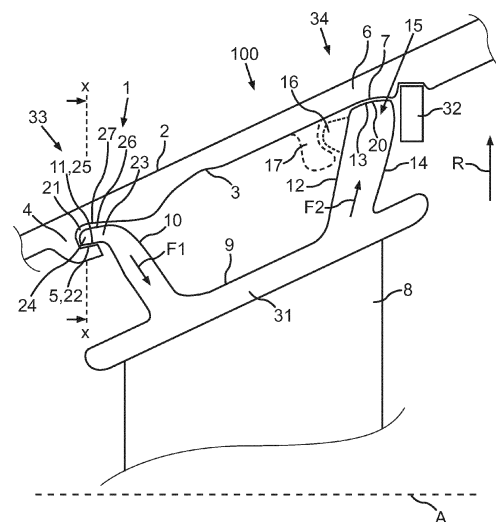


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Statorvorrichtung zur Anordnung innerhalb eines vorgegebenen Turbinengehäuses einer Strömungsmaschine, ein Verbindungssystem sowie eine zugehörige Strömungsmaschine. Die Statorvorrichtung kann insbesondere radial innenliegend zum Turbinengehäuse angeordnet werden. Die Statorvorrichtung weist an deren radialer Außenseite ein axial vorderes Verbindungselement mit einer der vorderen Aufnahmefläche des Turbinengehäuses zugehörigen, nach radial innen gerichteten, vorderen Verbindungsfläche und ein axial hinteres Verbindungselement mit einer der hinteren Aufnahmefläche des Turbinengehäuses zugehörigen, nach radial außen gerichteten, hinteren Verbindungsfläche auf.

[0002] Das Verbindungssystem umfasst ein ringförmiges Turbinengehäuse, welches eine Mittelachse, eine Radialrichtung und eine Umfangsrichtung definiert. Das Turbinengehäuse weist an dessen radialer Innenseite eine axial vordere Aufnahme mit einer radial nach außen gerichteten, vorderen Aufnahmefläche und eine axial hintere Aufnahme mit einer radial nach innen gerichteten, hinteren Aufnahmefläche auf.

[0003] Eine Turbine, welche einer Brennkammer der Strömungsmaschine in Strömungsrichtung folgt, kann samt ihren Komponenten durch die Heißgasströmung einer hohen thermischen und mechanischen Belastung ausgesetzt sein. Bei einer in Umfangsrichtung breiten Statorvorrichtung kann es vorkommen, dass sich die Verbindungselemente, insbesondere deren Verbindungsflächen zum Verbinden mit den Aufnahmeflächen, in einem Heißzustand der Strömungsmaschine, entwölben bzw. entkrümmen, sodass eine jeweilige Krümmung aufgeweitet wird. Infolge des radialen Temperaturgradienten, insbesondere einem Temperaturunterschied zwischen den Aufnahmen und den Verbindungselementen kann es somit vorkommen, dass sich die Aufnahmeflächen und die Verbindungsflächen nicht vollständig in Umfangsrichtung kontaktieren, sondern sich lediglich lokal kontaktieren, sodass Lücken zwischen den besagten Flächen entstehen. Eine Dichtwirkung des Verbindungssystems kann dadurch für die Strömungsmaschine unzureichend sein. Darüber hinaus kann der mangelnde Kontakt der besagten Flächen einen negativen Effekt auf die Steifigkeit in Bezug auf die gekoppelte Schwingung des Verbindungssystems haben.

[0004] Es sind Lösungen bekannt, welche in Umfangsrichtung schmale Statorvorrichtungen verwenden, sodass die Entwölbung reduziert ist. Jedoch sind dadurch nachteilig mehr Einzelteile notwendig, sodass ein Verfahren zum Verbinden der Einzelteile ineffizienter ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine entsprechende Statorvorrichtung, ein Verbindungssystem für eine Strömungsmaschine und eine Strömungsmaschine bereitzustellen, sodass in einem Heißzustand der Strömungsmaschine eine verbesserte Dichtwirkung und eine höhere Steifigkeit erzielt werden kann.

[0006] Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die abhängigen Patentansprüche, die folgende Beschreibung sowie die Figuren beschrieben.

[0007] Durch einen Aspekt der Erfindung ist eine Statorvorrichtung zur Anordnung in einem vorgegebenen Turbinengehäuse einer Strömungsmaschine bereitgestellt, wobei die Statorvorrichtung an deren radialer Außenseite ein axial vorderes Verbindungselement mit einer radial nach innen gerichteten, vorderen Verbindungsfläche zum Verbinden mit einer vorderen Aufnahmefläche des Turbinengehäuses, und ein axial hinteres Verbindungselement mit einer radial nach außen gerichteten, hinteren Verbindungsfläche zum Verbinden mit einer hinteren Aufnahmefläche des Turbinengehäuses aufweist, wobei die hintere Verbindungsfläche in Umfangsrichtung exzentrisch zur hinteren Aufnahmefläche vorgekrümmt ist, das hintere Verbindungselement einen hinteren, sich von einer Plattform der Statorvorrichtung im Wesentlichen geradlinig weg erstreckenden Stegabschnitt aufweist, welcher an dessen radial äußerem Ende die hintere Verbindungsfläche ausbildet; und der Stegabschnitt an dessen radial äußerem Ende entlang der Umfangsrichtung verteilte, axial erstreckende Vorsprünge zur radialen Sicherung der Statorvorrichtung an dem Turbinengehäuse aufweist.

[0008] Das Turbinengehäuse ist insbesondere vorgegeben und damit keine Komponente der erfindungsgemäßen Statorvorrichtung. Die Statorvorrichtung ist insbesondere dazu geeignet und darauf abgestimmt, innerhalb des Turbinengehäuses angeordnet bzw. in das Turbinengehäuse eingebaut zu werden. Insbesondere ist es vorgesehen, dass die Statorvorrichtung in Umfangsrichtung lediglich abschnittsweise bzw. segmentweise, also nicht vollumfänglich ausgebildet ist. Vielmehr kann es vorgesehen sein, dass mehrere Statorvorrichtungen in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet werden.

[0009] Insbesondere dadurch, dass die hintere Verbindungsfläche im Kaltzustand exzentrisch vorgekrümmt ist, kann sich diese in einem eingebauten Zustand innerhalb des Turbinengehäuses vorteilhaft im Heißzustand derart entwölben, dass diese konzentrisch mit der hinteren Aufnahmefläche gekrümmt ist. Somit kann erreicht werden, dass die hintere Verbindungsfläche im eingebauten Zustand in Umfangsrichtung im Wesentlichen vollständig an der hinteren Aufnahmefläche flächig anliegen. Somit wird zwischen der hinteren Aufnahmefläche und der zugehörigen, flächig kontaktierenden hinteren Verbindungsfläche eine Dichtwirkung deutlich verbessert. Insbesondere können die Aufnahmen und die jeweils zugehörigen Verbindungselemente zumindest an den Kontaktflächen, also den Verbindungs- und Aufnahmeflächen, formschlüssig verbunden sein. Dies macht die Verbindung zwischen dem Turbinengehäuse und der Statorvorrichtung im Heißzustand in Bezug auf Schwingungen steif, sodass vorteilhaft diese Verbindung in einem Langzeitbetrieb äußerst robust und war-

tungsarm sein kann.

[0010] Insbesondere kann die Statorvorrichtung im eingebauten Zustand aufgrund der auftretenden Heißgasströmung eine axiale Kraft auf die Statorvorrichtung ausgesetzt sein, sodass sich die radial außen verbundene Statorvorrichtung entsprechend eines einseitig eingespannten Biegeträgers verhalten kann. Daraus folgt, dass auf das axial vordere Verbindungselement ein radial nach innen gerichtete Kraft wirken kann. Vorteilhafterweise wird durch die vordere Verbindungsfläche auf die vordere Aufnahme­fläche gepresst, sodass neben der formschlüssigen Verbindung eine kraftschlüssige Verbindung bestehen kann. Entsprechend kann auf das axial hintere Verbindungselement ein radial nach außen gerichtete Kraft wirken, sodass vorteilhaft die hintere Verbindungsfläche auf die hintere Aufnahme­fläche gepresst wird und neben der formschlüssigen Verbindung eine kraftschlüssige Verbindung bestehen kann. Dies kann die Steifigkeit des Verbindungssystems weiter verbessern, sodass die Steifigkeit des Verbindungssystems im Heißzustand in Bezug auf Schwingungen vorteilhaft weiter verbessert werden kann und verbessert in einem Langzeitbetrieb äußerst robust und wartungsarm sein kann.

[0011] Es kann also in einem eingebauten Zustand vorgesehen sein, dass zum Verbinden des Turbinengehäuses mit der Statorvorrichtung sich zumindest die hintere Aufnahme­fläche und die hintere Verbindungsfläche im Kaltzustand lediglich bereichsweise, jedoch im Heißzustand flächig und abdichtend kontaktieren.

[0012] Insbesondere kann es im eingebauten Zustand vorgesehen sein, dass die exzentrischen, hinteren Verbindungsflächen im Wesentlichen vollständig, insbesondere außerhalb der Vorsprünge vollständig, durch das Stegelement unterstützt sind. Eine Lastübertragung von der Statorvorrichtung kann somit vorteilhaft im Wesentlichen oder vollständig im Bereich der Unterstützung in das Turbinengehäuse erfolgen, sodass vorteilhaft weniger Spannungen aufgrund reduzierter Biege­lasten hervorgerufen werden. Insbesondere kann eine gleichmäßige Aufnahmesteifigkeit des Stegabschnittes in der Umfangsrichtung betrachtet vorgesehen sein, sodass die Lasten gleichmäßig übertragen werden können. Insbesondere ist es vorgesehen, dass die Vorsprünge aufgrund ihrer Abmessungen und Form, insbesondere im Vergleich zu einer durchgehenden Schiene, weich genug sind, um keine Radiallasten aufzunehmen, insbesondere dadurch, da diese verformbar sein können und somit in radialer Richtung ausweichen können.

[0013] Die Statorvorrichtung kann insbesondere in das Turbinengehäuse eingebracht und verbunden, insbesondere eingehängt oder eingehakt werden, sowie mittels ein entsprechendes Sicherungsmittels der Verbindungsvorrichtung in dessen Lage gesichert werden. Insbesondere können mehrere Statorvorrichtungen innenliegend zum Turbinengehäuse in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet sein, sodass das Turbinengehäuse vollumfänglich mit Statorvorrichtungen verbunden

sein kann. Beispielsweise kann eine Statorvorrichtung ein Kreissegment mit einem Mittelpunktswinkel von 30° abdecken, sodass das Turbinengehäuse beispielsweise mit 12 Statorvorrichtungen verbunden sein kann.

[0014] Unter der Statorvorrichtung kann insbesondere ein feststehendes Bauteil verstanden werden, insbesondere wenn es auch einen Rotor gibt. Die Statorvorrichtung kann beispielsweise dazu ausgebildet sein, die Heißgasströmung mit einem bestimmten Drall auf die Rotoren zu lenken. Beispielsweise kann die Statorvorrichtung als Leitschaufel, Leitschaufelsegment bzw. Leitschaufelcluster oder als Outer-Air-Seal ausgebildet sein.

[0015] Insbesondere definiert die Ringform des Turbinengehäuses die Mittelachse, welche sich zentrisch innerhalb des Ringes in Strömungsrichtung erstreckt. Die Mittelachse des Turbinengehäuses kann insbesondere einer Mittelachse der Strömungsmaschine entsprechen. Unter "axial" ist insbesondere in Bezug zu der Mittelachse zu verstehen, wobei unter "axial vorne" näher zu einem Einlass für die Heißgasströmung des Turbinengehäuses zu verstehen ist. Des Weiteren definiert die Ringform die Radialrichtung bzw. eine Vielzahl von Radialrichtungen, welche von der Mittelachse ausgehend sich senkrecht zur Mittelachse, insbesondere orthogonal zur Ringform, erstreckt. Unter "radial" ist insbesondere in Bezug zu der Radialrichtung zu verstehen, wobei unter "radial innen" näher zur Mittelachse zu verstehen ist. Unter "nach radial innen gerichtet" ist insbesondere in Richtung der Mittelachse, zumindest im Wesentlichen und nicht zwingend parallel zur Radialrichtung, zu verstehen. Weiterhin definiert die Ringform die Umfangsrichtung, welche sich senkrecht zur Mittelachse und senkrecht zur Radialrichtung erstreckt. Unter "umfänglich" ist insbesondere in Bezug zu der Umfangsrichtung zu verstehen.

[0016] Die Kontaktflächen können insbesondere eine Haupterstreckungsrichtung in Umfangsrichtung aufweisen, welche sich insbesondere entsprechend der radial äußeren Breite der Statorvorrichtung in der Umfangsrichtung breit erstreckt. Somit kann eine Dichtwirkung auf der gesamten Breite gegeben sein.

[0017] Insbesondere können die vordere Aufnahme­fläche und/oder die hintere Aufnahme­fläche in Umfangsrichtung konzentrisch in Bezug auf die Mittelachse gekrümmt sein. Dies bedeutet, dass ein Krümmungsmittelpunkt insbesondere auf der Mittelachse liegen kann. Ein entsprechender Krümmungsradius der vorderen Aufnahme­fläche kann sich hingegen von einem entsprechenden Krümmungsradius der hinteren Aufnahme­fläche unterscheiden. Insbesondere können die Aufnahme­flächen in einem Herstellungsschritt gemeinsam gedreht und/oder geschliffen sein.

[0018] Unter "exzentrisch" ist insbesondere zu verstehen, dass jeweilige Krümmungen in Umfangsrichtung keinen gemeinsamen Krümmungsmittelpunkt bzw. keine jeweiligen Mittelpunkte, deren Verbindungslinie parallel zu der Mittelachse ist, aufweisen.

[0019] Unter der radialen Sicherung der Statorvorrichtung an dem Turbinengehäuse kann insbesondere ver-

standen werden, dass die Statorvorrichtung vor einem Herausfallen oder Abrutschen von dem Turbinengehäuse in radialer Richtung gesichert werden kann.

[0020] Zumindest die hintere Verbindungsfläche ist in Umfangsrichtung vorgekrümmt. Unter "vorkrümmen" kann verstanden werden, dass diese in dem Kaltzustand eine vorbestimmte Krümmung aufweist. Vorzugsweise kann sich die vorbestimmte Krümmung von dem Kaltzustand in den Heißzustand ändern. Insbesondere ist die hintere Verbindungsfläche in Umfangsrichtung in einem Heißzustand konzentrisch zur hinteren Aufnahme­fläche gekrümmt. Die Verbindungsflächen können auch als Anlageflächen oder Stützflächen bezeichnet werden, welche insbesondere eine Dichtfunktion haben.

[0021] Der Stegabschnitt erstreckt sich im Wesentlichen geradlinig, insbesondere radial, von einer Plattform der Statorvorrichtung nach außen weg. Unter "im Wesentlichen" ist hierbei zu verstehen, dass der Stegabschnitt sich hierbei nicht zwingen parallel zur Radialrichtung erstrecken muss. Der Stegabschnitt kann sich darüber hinaus, insbesondere hauptsächlich, in der Umfangsrichtung erstrecken. Insbesondere erstreckt sich der Stegabschnitt in der im Wesentlichen radialen Richtung des Stegabschnittes geradlinig. Unter "geradlinig" kann insbesondere verstanden werden, dass der Stegabschnitt im Wesentlichen I-förmig ausgebildet sein kann. Insbesondere ist der Stegabschnitt nicht L-förmig oder hakenförmig ausgebildet. Beispielsweise kann "geradlinig" derart definiert sein, dass ein radial inneres Ende des Stegabschnittes, welcher mit der Plattform verbunden ist, über eine gedachte, vollständig innerhalb des Stegabschnittes liegenden Geraden mit einem distalen Ende des Stegabschnittes verbunden werden kann. Insbesondere kann der Stegabschnitt eine axiale Dicke aufweisen, wobei eine axiale Erstreckung der hinteren Verbindungsfläche kleiner oder gleich der Dicke des Stegabschnitts ist.

[0022] Der Stegabschnitt kann insbesondere als Tragwand, insbesondere als hintere Tragwand der Statorvorrichtung bezeichnet werden und/oder als solche ausgebildet sein. Die Verbindungselemente können insbesondere als Halteelemente bezeichnet werden.

[0023] Der Stegabschnitt weist an dessen radial äußeren Ende, insbesondere an einer axial vorderen oder axial hinteren Seitenfläche des Endes bzw. eines radial äußeren Endbereiches die axial erstreckenden Vorsprünge auf, welche entlang der Umfangsrichtung verteilt sind. Insbesondere können die Vorsprünge in Umfangsrichtung quasi lokal bzw. punktuell ausgebildet sein. Ein Vorsprung an sich ist entsprechend nicht entlang der Umfangsrichtung ausgebildet, entspricht also keiner Schiene oder dergleichen. Vielmehr weisen die Vorsprünge in der Umfangsrichtung einen entsprechenden Abstand zueinander auf, sodass zwischen den Vorsprüngen der Stegabschnitt keinen Vorsprung aufweist. Beispielsweise kann der Stegabschnitt jeweils in einem in Umfangsrichtung äußeren Bereich des Stegabschnittes einen Vorsprung, also zwei Vorsprünge aufweisen. Insbeson-

dere können mehrere Vorsprünge gleichmäßig verteilt sein. Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass eine Erstreckung eines jeweiligen Vorsprunges in Umfangsrichtung kleiner ist als eine Erstreckung des Vorsprunges in Axialrichtung. Beispielsweise kann eine Erstreckung des Vorsprunges in Umfangsrichtung etwa 80 %, 60 %, 50 %, 40 %, 30 %, 20 % oder 10 % der Erstreckung in Axialrichtung entsprechen. Bei solchen lokalen Vorsprüngen kann vorteilhaft die für die Radialsicherung nach radial innen gerichtete Anlagefläche, welche toleranzbedingt geschliffen sein muss, wesentlich leichter geschliffen werden.

[0024] Die Vorsprünge haben gegenüber einer im Umfangsrichtung erstreckenden Schiene bzw. eines L-förmigen Hakens statt dem Stegabschnitt den Vorteil, dass diese weniger Material beanspruchen. Somit kann das Verbindungssystem vorteilhaft leichter ausgebildet werden. Insbesondere kann dadurch eine Leistungsdichte der Strömungsmaschine erhöht werden, sodass die Strömungsmaschine effizienter ist.

[0025] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die vordere Verbindungsfläche in Umfangsrichtung exzentrisch zur vorderen Aufnahme­fläche vorgekrümmt ist. Insbesondere dadurch, dass die hintere und die vordere Verbindungsfläche im Kaltzustand exzentrisch vorgekrümmt sind, können sich diese im eingebauten Zustand vorteilhaft im Heißzustand derart entwölben, dass diese konzentrisch mit den zugehörigen Aufnahme­flächen gekrümmt sind. Insbesondere ist die vordere Verbindungsfläche in Umfangsrichtung in einem Heißzustand konzentrisch zur vorderen Aufnahme­fläche gekrümmt. Somit kann erreicht werden, dass die Verbindungsflächen in Umfangsrichtung im Wesentlichen vollständig an den Aufnahme­flächen flächig anliegen. Somit wird zwischen den Aufnahme­flächen und den flächig kontaktierenden Verbindungsflächen eine Dichtwirkung deutlich verbessert.

[0026] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Stegabschnitt zwei oder drei Vorsprünge aufweist. Der Stegabschnitt kann auch mehr als drei, insbesondere vier, fünf, oder sechs Vorsprünge aufweisen. Diese können insbesondere beabstandet zueinander ausgebildet sein. Vorzugsweise kann ein erster Vorsprung an bzw. nahe an einem ersten Umfangsende des Stegabschnitts ausgebildet sein, sowie ein zweiter Vorsprung an bzw. nahe an einem zweiten Umfangsende. Ein optionaler, dritter Vorsprung kann insbesondere zwischen dem ersten Vorsprung und dem zweiten Vorsprung, vorzugsweise mittig, ausgebildet sein. Dadurch kann die Statorvorrichtung an dem Turbinengehäuse, insbesondere in radialer Richtung, gesichert werden, wobei vorteilhaft Material und Gewicht gegenüber einer durchgängigen Halteschiene in Umfangsrichtung eingespart werden kann. Bei solchen lokalen Vorsprüngen kann vorteilhaft die für die Radialsicherung nach radial innen gerichtete Anlagefläche, welche toleranzbedingt geschliffen sein muss, wesentlich leichter geschliffen werden, insbesondere, wenn sich die Vorsprünge nahe der Umfangsenden befinden und

damit leicht zugänglich sind. Vorteilhaft ist zudem, dass die Anlageflächen der Vorsprünge linear schleifbar sind, d.h. keine gekrümmte Fläche erforderlich ist.

[0027] Eine Ausführungsform sieht vor, dass sich die Vorsprünge nach axial vorne erstrecken und in entlang der Umfangsrichtung verteilte Haken der hinteren Aufnahme zur radialen Sicherung eingreifen. Mit anderen Worten kann zu jedem der Vorsprünge ein komplementär ausgebildeter Haken vorgesehen sein. Insbesondere können die Haken in Umfangsrichtung quasi lokal bzw. punktuell ausgebildet sein. Ein Haken an sich ist entsprechend nicht entlang der Umfangsrichtung ausgebildet, entspricht also keiner Schiene oder dergleichen. Vielmehr weisen die Haken in der Umfangsrichtung einen entsprechenden Abstand zueinander auf, sodass zwischen den Haken die hintere Aufnahme keinen Haken aufweist. Beispielsweise kann die hintere Aufnahme jeweils in einem in Umfangsrichtung äußeren Bereich der hinteren Aufnahme einen Haken, also zwei Haken aufweisen. Insbesondere können mehrere Haken gleichmäßig verteilt sein. Dadurch kann die Statorvorrichtung vorteilhaft vor einem Herausfallen oder Abrutschen von dem Turbinengehäuse in radialer Richtung im eingebauten Zustand gesichert werden. Alternativ und ebenso vorteilhaft können sich die Vorsprünge nach axial hinten erstrecken und durch separate Sicherungselemente des Verbindungssystems radial gesichert werden. Beispielsweise kann das Sicherungselement zumindest einen Vorsprung und eine Zacke der hinteren Aufnahme umklammern, sodass diese beieinander gehalten werden können.

[0028] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die vordere Aufnahme­fläche mit einem ersten Krümmungsradius in Umfangsrichtung kreisförmig konvex gekrümmt ist. Der zugehörige Krümmungsmittelpunkt kann insbesondere auf der Mittelachse liegen.

[0029] Bevorzugt ist die vordere Verbindungsfläche mit einem zum ersten Krümmungsradius kleineren, zweiten Krümmungsradius in Umfangsrichtung kreisförmig konkav vorgekrümmt. Insbesondere kann die vordere Verbindungsfläche somit mit einer stärkeren Vorkrümmung im Vergleich zu einer Krümmung der vorderen Aufnahme­fläche ausgebildet sein. Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass in dem Kaltzustand lediglich in Umfangsrichtung betrachtete Randbereiche der vorderen Verbindungsfläche die vordere Aufnahme­fläche im eingebauten Zustand kontaktieren, wobei zwischen den Randbereichen und zwischen den besagten Flächen eine Lücke ausgebildet sein kann.

[0030] In dem Heißzustand kann diese Lücke durch Entwölbung bzw. Entkrümmung der vorderen Aufnahme­fläche vorteilhaft geschlossen werden, sodass die Kontaktflächen flächig und luftabschließend aufeinanderliegen. Insbesondere kann in dem Heißzustand der zweite Krümmungsradius dem ersten Krümmungsradius entsprechen. Vorzugsweise kann sich der jeweilige Krümmungsmittelpunkt auf der Mittelachse befinden.

[0031] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die hin-

tere Aufnahme­fläche mit einem dritten Krümmungsradius in Umfangsrichtung kreisförmig konkav gekrümmt ist. Der zugehörige Krümmungsmittelpunkt kann insbesondere auf der Mittelachse liegen.

[0032] Bevorzugt ist die hintere Verbindungsfläche mit einem zum dritten Krümmungsradius kleineren, vierten Krümmungsradius in Umfangsrichtung kreisförmig konvex vorgekrümmt. Insbesondere kann die hintere Verbindungsfläche somit mit einer stärkeren Vorkrümmung im Vergleich zu einer Krümmung der hinteren Aufnahme­fläche ausgebildet sein. Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass in dem Kaltzustand im eingebauten Zustand lediglich in Umfangsrichtung betrachtet ein mittlerer Bereich der Verbindungsfläche die hintere Aufnahme­fläche kontaktiert, wobei an Randbereichen neben dem mittleren Bereich und zwischen den besagten Flächen Lücken ausgebildet sein können.

[0033] In dem Heißzustand können diese Lücken durch Entwölbung bzw. Entkrümmung der hinteren Aufnahme­fläche im eingebauten Zustand vorteilhaft geschlossen werden, sodass die Kontaktflächen flächig und luftabschließend aufeinanderliegen. Insbesondere kann in dem Heißzustand der vierte Krümmungsradius dem dritten Krümmungsradius entsprechen. Vorzugsweise kann sich der jeweilige Krümmungsmittelpunkt auf der Mittelachse befinden.

[0034] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die vordere Verbindungsfläche und die hintere Verbindungsfläche in Umfangsrichtung konzentrisch zueinander vorgekrümmt sind. Mit anderen Worten können die jeweils zugehörigen Krümmungsmittelpunkte auf einer Verbindungslinie parallel zur Mittelachse liegen, wobei sich die jeweiligen Krümmungsradien unterscheiden können. Dies hat den Vorteil, dass diese Flächen in einem gemeinsamen Schritt eines Herstellungsprozesses geschliffen werden können.

[0035] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die hintere Verbindungsfläche in einem Kernbereich des radial äußeren Endes des geradlinigen Stegabschnitts ausgebildet ist, sodass eine auf den Stegabschnitt im Wesentlichen radial nach außen wirkende Kraft im Wesentlichen biegespannungsfrei innerhalb des Stegabschnitts auf die hintere Aufnahme übertragbar ist.

[0036] Unter dem Kernbereich kann insbesondere derjenige Bereich verstanden werden, welcher durch den geradlinigen Stegabschnitt in dessen im Wesentlichen radialer Erstreckung massiv unterfüttert ist. Die hintere Verbindungsfläche ist somit nicht auf einer von einem Schaft des Stegabschnitts abstehenden Absatz ausgebildet.

[0037] Die Kraft, die ursächlich durch der Heißgasströmung auf die Statorvorrichtung im eingebauten Zustand wirkt, kann somit als im Wesentlichen radiale Normalkraft durch den Stegabschnitt auf die hintere Aufnahme des Turbinengehäuses übertragen werden. Vorteilhaft wird der Stegabschnitt also im Wesentlichen lediglich auf Druck in der im Wesentlichen radialen Richtung beansprucht, hingegen nicht mit einem Moment. Dies kann

vorteilhaft die Langlebigkeit des Stegabschnittes erhöhen. Insbesondere kann vorteilhaft die Dicke des Stegabschnittes gegenüber einem Stegabschnitt, welcher zusätzlich Momenten ausgesetzt ist, verringert werden. Somit kann Material eingespart und die Leistungsdichte erhöht werden.

[0038] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die vordere Aufnahme eine im Wesentlichen axial nach vorne vertiefte und in Umfangsrichtung erstreckende Nut aufweist, welche an deren radial inneren Seitenwandfläche die vordere Aufnahme­fläche ausbildet. Die Nut kann vorteilhaft das vordere Verbindungselement ohne ein Spiel in der Passung aufnehmen. Insbesondere kann in einem Montageschritt das vordere Verbindungselement durch ein axiales nach vorne schieben mit der Nut verbunden werden.

[0039] Eine Ausführungsform sieht vor, dass das vordere Verbindungselement einen vorderen, im Wesentlichen axial erstreckendes Haken­element mit einem axial nach vorne erstreckenden Ende aufweist, welches in die Nut eingreift und welches an dessen radial inneren Fläche die vordere Verbindungsfläche ausbildet. Eine solche Passung eigentlich sich vorteilhaft besonders, da das vordere Verbindungselement im eingebauten Zustand nicht aus der Nut unbeabsichtigt herausgleiten kann.

[0040] Eine Ausführungsform sieht vor, dass eine radial äußere Fläche des axial nach vorne erstreckenden Endes des Haken­elements in Umfangsrichtung konzentrisch zu einer radial äußeren Seitenwandfläche der Nut vorgekrümmt ist. Dadurch kann vorteilhaft erreicht werden, dass im eingebauten Zustand ein Spiel des vorderen Verbindungselementes in der Nut im Kaltzustand und im Heißzustand verringert wird, sodass die Stabilität des Verbindungssystems erhöht wird. Die radial äußere Seitenwandfläche liegt insbesondere der radial inneren Seitenwandfläche gegenüber. Vorzugsweise kann sich ein zugehöriger Krümmungsmittelpunkt auf der Mittelachse befinden. Insbesondere kann die radial äußere Fläche in Umfangsrichtung exzentrisch oder konzentrisch zur vorderen Verbindungsfläche vorgekrümmt sein.

[0041] Vorzugsweise kann es vorgesehen sein, dass die radial äußere Fläche des Endes des Haken­elements und die radial äußere Seitenwandfläche der Nut keine Kontaktflächen zueinander ausbilden. Insbesondere kann es durch die besagten Flächen gewährleistet werden, dass ein Spiel der Passung verringert wird und/oder ein Einbringen des Verbindungselementes in die Nut erleichtert werden kann.

[0042] Eine alternative Ausführungsform sieht vor, dass die radial äußere Fläche des axial nach vorne erstreckenden Endes des Haken­elements in Umfangsrichtung exzentrisch zu der radial äußeren Seitenwandfläche der Nut vorgekrümmt ist. Insbesondere kann die radial äußere Fläche einen gegenüber der radial äußeren Seitenwandfläche mit einem kleineren Krümmungsradius vorgekrümmt sein.

[0043] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die radial

äußere Fläche und die radial innere Fläche, insbesondere die vordere Verbindungsfläche, des axial nach vorne erstreckenden Endes des Haken­elements in Umfangsrichtung konzentrisch zueinander vorgekrümmt sind. Dadurch kann erreicht werden, dass diese vorteilhaft in einem gemeinsamen Schritt eines Herstellungsverfahrens gemeinsam geschliffen werden können. Entsprechend der Konzentrität der radial äußeren Fläche und der vorderen Verbindungsfläche kann das Ende des Haken­elements in Radialrichtung betrachtet entlang der Umfangsrichtung eine konstante Dicke aufweisen.

[0044] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Statorvorrichtung ein Leitschaufel­segment bestehend aus mehreren, in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten Leitschaufeln ist. Insbesondere sind die Leitschaufeln in dem Leitschaufel­segment fest miteinander verbunden. Dies hat den Vorteil, dass bei einer Montage mit dem Turbinengehäuse weniger Einzelteile miteinander verbunden werden müssen. Durch das Verbindungssystem kann die Anzahl der Leitschaufeln in dem Leitschaufel­segment vorteilhaft erhöht werden, da dieses selbst bei in Umfangsrichtung betrachtet, breiten Leitschaufel­segmenten eine hohe Dichtwirkung erzielt. Beispielsweise kann das Leitschaufel­segment aus elf Leitschaufeln bestehen.

[0045] Durch einen weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Verbindungssystem für eine Strömungsmaschine zum Verbinden eines Turbinengehäuses mit der Statorvorrichtung bereitgestellt. Das Verbindungssystem umfasst ein ringförmiges Turbinengehäuse, welches eine Mittelachse, eine Radialrichtung und eine Umfangsrichtung definiert. Das Turbinengehäuse weist an dessen radialer Innenseite eine axial vordere Aufnahme mit einer radial nach außen gerichteten, vorderen Aufnahme­fläche und eine axial hintere Aufnahme mit einer radial nach innen gerichteten, hinteren Aufnahme­fläche auf. Das Verbindungssystem umfasst weiter die zumindest eine erfindungsgemäße Statorvorrichtung.

[0046] Die Statorvorrichtung kann insbesondere in das Turbinengehäuse eingebracht und verbunden, insbesondere eingehängt oder eingehakt werden, sowie mittels ein entsprechendes Sicherungsmittels der Verbindungsvorrichtung in dessen Lage gesichert werden. Insbesondere kann das Verbindungssystem mehrere Statorvorrichtungen umfassen, die innenliegend zum Turbinengehäuse in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet sein können, sodass das Turbinengehäuse vollumfänglich mit Statorvorrichtungen verbunden sein kann. Beispielsweise kann eine Statorvorrichtung ein Kreis­segment mit einem Mittelpunktswinkel von 30° abdecken, sodass das Turbinengehäuse beispielsweise mit 12 Statorvorrichtungen verbunden sein kann.

[0047] Beispielsweise kann die Statorvorrichtung als Leitschaufel, Leitschaufel­segment bzw. Leitschaufel­cluster oder als Outer-Air-Seal ausgebildet sein.

[0048] Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verbindungssystems folgen unmittelbar aus den verschiedenen Ausgestaltungen der erfindungsgemä-

ßen Statorvorrichtung. Insbesondere lassen sich einzelne Merkmale und entsprechende Erläuterungen sowie Vorteile bezüglich der verschiedenen Ausführungsformen zu der erfindungsgemäßen Statorvorrichtung analog auf entsprechende Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verbindungssystems übertragen.

[0049] Durch einen weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Strömungsmaschine, insbesondere eine Fluggasturbine bereitgestellt. Die Strömungsmaschine umfasst zumindest ein erfindungsgemäßes Verbindungssystem bzw. zumindest eine erfindungsgemäße Statorvorrichtung.

[0050] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen können nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen von der Erfindung umfasst sein. Es können insbesondere auch Ausführungen und Merkmalskombinationen von der Erfindung umfasst sein, die nicht alle Merkmale eines ursprünglich formulierten Anspruchs aufweisen. Es können darüber hinaus Ausführungen und Merkmalskombinationen von der Erfindung umfasst sein, die über die in den Rückbezügen der Ansprüche dargelegten Merkmalskombinationen hinausgehen oder von diesen abweichen. Dabei zeigt:

FIG. 1 eine schematische Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verbindungssystems;

FIG. 2 eine schematische Querschnittsdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer hinteren Verbindungsvorrichtung eines erfindungsgemäßen Verbindungssystems;

FIG. 3 eine schematische Schnittdarstellung durch die Linie X-X eines ersten Ausführungsbeispiels einer vorderen Verbindungsvorrichtung eines erfindungsgemäßen Verbindungssystems;

FIG. 4 eine schematische Schnittdarstellung durch die Linie X-X eines zweiten Ausführungsbeispiels einer vorderen Verbindungsvorrichtung eines erfindungsgemäßen Verbindungssystems;

[0051] FIG. 1 zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verbindungssystems 1 für eine Strömungsmaschine 100. Das Verbindungssystem 1 kann ein ringförmiges Turbinengehäuse 2 einer Turbine der Strömungsmaschine 100 und eine Statorvorrichtung 8 umfassen, insbesondere eine Vielzahl von Statorvorrichtungen 8,

welche in einer Umfangsrichtung U nebeneinander angeordnet sein können. In einem Ausführungsbeispiel kann die Statorvorrichtung 8 mehrere Leitschaufeln umfassen, welche in der Umfangsrichtung U nebeneinander angeordnet und mittels einer Plattform 31 der Statorvorrichtung fest verbunden sein können. Das Turbinengehäuse 2 und die Statorvorrichtung 8 können über eine axial vordere Verbindungsvorrichtung 33, sowie über eine axial hintere Verbindungsvorrichtung 34 miteinander verbunden sein.

[0052] Insbesondere definiert die Ringform des Turbinengehäuses 2 eine Mittelachse A, welche sich zentrisch innerhalb des Ringes in einer Strömungsrichtung der Strömungsmaschine 100 erstreckt. Die Mittelachse A des Turbinengehäuses 2 kann insbesondere einer Mittelachse der Strömungsmaschine 100 entsprechen. Unter "axial" ist insbesondere in Bezug zu der Mittelachse A zu verstehen, wobei unter "axial vorne" näher zu einem Einlass für die Heißgasströmung des Turbinengehäuses 2 zu verstehen ist. Des Weiteren definiert die Ringform eine Radialrichtung R bzw. eine Vielzahl von Radialrichtungen R, welche von der Mittelachse A ausgehend sich senkrecht zur Mittelachse A, insbesondere orthogonal zur Ringform, erstreckt. Unter "radial" ist insbesondere in Bezug zu der Radialrichtung R zu verstehen, wobei unter "radial innen" näher zur Mittelachse A zu verstehen ist. Unter "nach radial innen gerichtet" ist insbesondere in Richtung der Mittelachse A, zumindest im Wesentlichen und nicht zwingend parallel zur Radialrichtung R, zu verstehen. Weiterhin definiert die Ringform die Umfangsrichtung U, welche sich senkrecht zur Mittelachse A und senkrecht zur Radialrichtung R erstreckt. Unter "umfänglich" ist insbesondere in Bezug zu der Umfangsrichtung U zu verstehen.

[0053] Die vordere Verbindungsvorrichtung 33 kann eine vordere Aufnahme 4 des Turbinengehäuses 2 und ein vorderes Verbindungselement 10 der Statorvorrichtung 8 umfassen, welche insbesondere über eine radial nach außen gerichtete, vordere Aufnahme fläche 5 der vorderen Aufnahme 4 mit einer nach radial innen gerichteten, vorderen Verbindungsfläche 11 des vorderen Verbindungselementes 10 kontaktierend verbunden sein können.

[0054] Die hintere Verbindungsvorrichtung 34 kann eine hintere Aufnahme 6 des Turbinengehäuses 2 und ein hinteres Verbindungselement 12 der Statorvorrichtung 8 umfassen, welche insbesondere über eine radial nach innen gerichtete, hintere Aufnahme fläche 7 der hinteren Aufnahme 6 mit einer radial nach außen gerichteten, hinteren Verbindungsfläche 13 des hinteren Verbindungselementes 12 kontaktierend verbunden sein können.

[0055] In einem Ausführungsbeispiel kann die vordere Verbindungsfläche 11 in Umfangsrichtung U exzentrisch zur vorderen Aufnahme fläche 5 vorgekrümmt sein. Des Weiteren kann die hintere Verbindungsfläche 13 in Umfangsrichtung U exzentrisch zur hinteren Aufnahme fläche 7 vorgekrümmt sein.

[0056] In einem Ausführungsbeispiel kann das hintere

Verbindungselement 12 einen hinteren, im Wesentlichen radial erstreckenden, geradlinigen Stegabschnitt 14 aufweisen, welcher an dessen radial äußerem Ende 15 die hintere Verbindungsfläche 13 ausbildet. Insbesondere kann der Stegabschnitt 14 an dessen radial äußerem Ende 15 entlang der Umfangsrichtung U verteilte, axial erstreckende Vorsprünge 16 aufweisen, welche in entlang der Umfangsrichtung U verteilte Haken 17 der hinteren Aufnahme 6 eingreifen. Der Vorsprung 16 kann gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel axial nach vorne gerichtet sein, sowie der Haken 17 axial nach hinten. Der Vorsprung 16 und der Haken 17 sind insbesondere gestrichelt dargestellt, da deren Erstreckung in Umfangsrichtung U begrenzt ist. Der Vorsprung 16 und der Haken 17 können vorzugsweise quasi lediglich lokal bzw. punktuell in Umfangsrichtung U ausgebildet sein. Beispielsweise kann eine Statorvorrichtung 8 zwei beabstandete Vorsprünge 16 aufweisen, sowie das Turbinengehäuse 2 zwei zugehörige Haken 17.

[0057] In einem Ausführungsbeispiel kann die Statorvorrichtung 8 durch ein Sicherungselement 32, beispielsweise in Form eines geschlitzten Sicherungsringes, vor einem Rausrutschen aus den Aufnahmen 4, 6 in axialer bzw. radialer Richtung, insbesondere im Kaltzustand gesichert sein.

[0058] In einem Ausführungsbeispiel kann die vordere Aufnahme 4 eine axial nach vorne vertiefte und in Umfangsrichtung erstreckende Nut 21 aufweisen, welche an deren radial inneren Seitenwandfläche 22 die vordere Aufnahme­fläche 5 ausbildet. Das vordere Verbindungselement 10 kann einen vorderen, im Wesentlichen axial erstreckenden Haken­element 23 mit einem axial nach vorne erstreckenden Ende 24 aufweisen, welches in die Nut 21 eingreifen kann und welches an dessen radial inneren Fläche 25 die vordere Verbindungsfläche 11 ausbilden kann.

[0059] Das Haken­element 23 und die Nut 21 können insbesondere entlang der Umfangsrichtung durchgehend ausgebildet sein. Entsprechend kann das Haken­element schienenartig ausgebildet sein.

[0060] In einem Betriebszustand der Strömungsmaschine 100 ist es vorgesehen, dass eine Heißgasströmung aus einer Brennkammer der Strömungsmaschine 100 in die Turbine eintritt und auf die Statorvorrichtung 8 thermisch und mechanisch wirkt. Insbesondere kann die Heißgasströmung bewirken, dass der Stegabschnitt 14 mit einer Kraft F2 nach radial außen beaufschlagt wird, sodass die hintere Verbindungsfläche 13 an die hintere Aufnahme­fläche 7 gepresst wird. In einem Ausführungsbeispiel kann die hintere Verbindungsfläche 11 in einem Kernbereich 20 des radial äußeren Endes 15 des geradlinigen Stegabschnitts 14 ausgebildet sein, sodass die auf den Stegabschnitt 14 im Wesentlichen radial nach außen wirkende Kraft F2 im Wesentlichen biegespannungsfrei innerhalb des Stegabschnittes 14 auf die hintere Aufnahme 6 übertragbar ist. Die Kraft F2 kann entsprechend als eine Normalkraft auf den Stegabschnitt 14 wirken.

[0061] Insbesondere kann die Heißgasströmung bewirken, dass der Stegabschnitt 14 mit einer Kraft F1 nach radial innen beaufschlagt wird, sodass die vordere Verbindungsfläche 11 an die vordere Aufnahme­fläche 5 gepresst wird.

[0062] Insbesondere kann die Heißgasströmung bewirken, dass sich ein radialer Temperaturgradient in der Turbine einstellt, wobei insbesondere zwischen dem Turbinengehäuse 2 und der Statorvorrichtung ein Temperaturunterschied vorliegen kann. Insbesondere kann die Heißgasströmung bewirken, dass sich die in Umfangsrichtung U vorgekrümmten Verbindungsflächen 11, 13 in Umfangsrichtung U entwölben bzw. entkrümmen. Insbesondere entkrümmen sich die Verbindungsflächen 11, 13 in einem Heißzustand derart, sodass diese in dem Heißzustand konzentrisch zu den Aufnahme­flächen 5, 7 gekrümmt sind und eine luftabdichtende, stabile, insbesondere form- und kraftschlüssige Verbindung mit den Aufnahme­flächen ausbilden.

[0063] In FIG. 2 ist eine schematische Querschnittsdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels der hinteren Verbindungsvorrichtung 34 eines erfindungsgemäßen Verbindungssystems 1 gezeigt. Die hintere Aufnahme 6 hat im Vergleich zum Ausführungsbeispiel der FIG. 1 eine vergrößerte radiale Ausbildung nach innen, wohingegen der Stegabschnitt 14 in radialer Richtung verkürzt sein kann. Der Stegabschnitt 14 kann insbesondere ein Positionierelement zum Positionieren des Stegabschnitts 14 an der hinteren Aufnahme 6 aufweisen. In diesem Ausführungsbeispiel 16 kann an dem Stegabschnitt 14 axial hinten der in Umfangsrichtung U begrenzte Vorsprung 16 hakenförmig nach axial hinten und radial außen ausgebildet sein, und insbesondere die hintere Aufnahme 6 in der Umfangsrichtung U begrenzt ein­fassen. Insbesondere ist der Vorsprung 16 lediglich in Umfangsrichtung U lokal bzw. punktuell ausgebildet. Das Sicherungselement 32 zur axialen bzw. radialen Lagesicherung der hinteren Verbindungsvorrichtung 34 kann gemäß diesem Ausführungsbeispiel klammerförmig ausgebildet sein und den Vorsprung 16, sowie eine nach axial hinten an der hinteren Aufnahme 6 ausgebildete Zacke 28 umklammern. Insbesondere ist die Verbindungsvorrichtung 34 lediglich in Umfangsrichtung U lokal bzw. punktuell ausgebildet.

[0064] FIG. 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch die in FIG. 1 gezeigte Linie X-X eines ersten Ausführungsbeispiels der vorderen Verbindungsvorrichtung 33 des erfindungsgemäßen Verbindungssystems 1 in dem Kaltzustand.

[0065] In einem Ausführungsbeispiel kann die vordere Aufnahme­fläche 5 mit einem ersten Krümmungsradius 18 in Umfangsrichtung U kreisförmig konvex gekrümmt sein. Vorzugsweise kann ein zugehöriger erster Krümmungsmittelpunkt 29 auf der Mittelachse A liegen. Die vordere Verbindungsfläche 11 kann mit einem zum ersten Krümmungsradius 18 kleineren, zweiten Krümmungsradius 19 in Umfangsrichtung U kreisförmig konkav vorgekrümmt sein. Insbesondere kann ein zugehö-

riger zweiter Krümmungsmittelpunkt 30 im Vergleich zum ersten Krümmungsmittelpunkt 29 radial außenliegender sein.

[0066] In diesem Ausführungsbeispiel kann eine radial äußere Fläche 26 des axial nach vorne erstreckenden Endes 24 des Hakenelementes 23 in Umfangsrichtung U exzentrisch zu einer radial äußeren Seitenwandfläche 27 der Nut 21 vorgekrümmt sein. Vorzugsweise kann die radial äußeren Seitenwandfläche 27 der Nut 21 konzentrisch zu der vorderen Aufnahme 5 um den ersten Krümmungsmittelpunkt 29 gekrümmt sein.

[0067] In einem Ausführungsbeispiel kann die radial äußere Fläche 26 und die radial innere Fläche 25 bzw. die vordere Verbindungsfläche 11 des axial nach vorne erstreckenden Endes 24 des Hakenelementes 23 in Umfangsrichtung U konzentrisch zueinander vorgekrümmt sein. Insbesondere kann das Ende 24 eine in Umfangsrichtung U konstante, radiale Breite B aufweisen.

[0068] Im Kaltzustand kann es vorgesehen sein, dass die vordere Verbindungsfläche 11 die vordere Aufnahme 5 lediglich an den Randbereichen 37 kontaktiert, wobei eine Lücke 36 entsteht. Im Heißzustand kann es vorzugsweise vorgesehen sein, dass diese Lücke 36 durch Entkrümmung der Verbindungsfläche 11 geschlossen wird, sodass die Kontaktflächen 5, 11 flächig und luftabschließend, insbesondere form- und kraftschlüssig aneinander liegen.

[0069] In **FIG. 4** ist eine schematische Schnittdarstellung durch die in **FIG. 1** gezeigte Linie X-X eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorderen Verbindungsvorrichtung 33 des erfindungsgemäßen Verbindungssystems 1 in dem Kaltzustand gezeigt.

[0070] In diesem Ausführungsbeispiel kann eine radial äußere Fläche 26 des axial nach vorne erstreckenden Endes 24 des Hakenelementes 23 in Umfangsrichtung U konzentrisch zu der radial äußeren Seitenwandfläche 27 der Nut 21 vorgekrümmt sein, insbesondere um den ersten Krümmungsmittelpunkt 29, um welchen die vordere Aufnahme 5 ebenfalls gekrümmt sein kann und welcher auf der Mittelachse A liegen kann.

[0071] Auch in diesem Ausführungsbeispiel kann die vordere Verbindungsfläche 11 mit dem zweiten Krümmungsradius 19 in Umfangsrichtung U kreisförmig konkav vorgekrümmt sein. Insbesondere kann ein zugehöriger zweiter Krümmungsmittelpunkt 30 im Vergleich zum ersten Krümmungsmittelpunkt 29 radial außenliegender sein.

Bezugszeichenliste:

[0072]

- | | | |
|---|--|--|
| 1 | Verbindungssystem | |
| 2 | Turbinengehäuse | |
| 3 | Radiale Innenseite des Turbinengehäuses | |
| 4 | Vordere Aufnahme des Turbinengehäuses | |
| 5 | Vordere Aufnahme 5 der vorderen Aufnahme | |
| 6 | Hinter Aufnahme des Turbinengehäuses | |

- | | | |
|----|---|--|
| 7 | Hintere Aufnahme 7 der hinteren Aufnahme | |
| 8 | Statorvorrichtung | |
| 9 | Radiale Außenseite der Statorvorrichtung | |
| 10 | Vorderes Verbindungselement der Statorvorrichtung | |
| 11 | Vordere Verbindungsfläche des vorderen Verbindungselementes | |
| 12 | Hinteres Verbindungselement der Statorvorrichtung | |
| 13 | Hintere Verbindungsfläche des hinteren Verbindungselementes | |
| 14 | Stegabschnitt des hinteren Verbindungselementes | |
| 15 | Äußeres Ende des Stegabschnitts | |
| 16 | Vorsprünge | |
| 17 | Haken der hinteren Aufnahme | |
| 18 | Erster Krümmungsradius | |
| 19 | Zweiter Krümmungsradius | |
| 20 | Kernbereich | |
| 21 | Nut | |
| 22 | Radial innere Seitenwandfläche der Nut | |
| 23 | Hakenelement des vorderen Verbindungselementes | |
| 24 | Ende des Hakenelementes | |
| 25 | Innere Fläche des Endes des Hakenelementes | |
| 26 | Äußere Fläche des Endes des Hakenelementes | |
| 27 | Äußere Seitenwandfläche der Nut | |
| 28 | Zacke | |
| 29 | Erster Mittelpunkt | |
| 30 | Zweiter Mittelpunkt | |
| 31 | Plattform der Statorvorrichtung | |
| 32 | Sicherungselement | |
| 33 | Vordere Verbindungsvorrichtung | |
| 34 | Hintere Verbindungsvorrichtung | |
| 35 | Positionierelement | |
| 36 | Lücke | |
| 37 | Randbereiche | |
| A | Mittelachse | |
| B | Breite des Endes | |
| 40 | F1 erste Kraft | |
| | F2 zweite Kraft | |
| | R Radialrichtung | |
| | U Umfangsrichtung | |
| | X Schnittlinie | |

Patentansprüche

- | | | |
|----|---|--|
| 1. | Statorvorrichtung (8) zur Anordnung innerhalb eines vorgegebenen Turbinengehäuses (2) einer Strömungsmaschine (100), wobei die Statorvorrichtung (8) an deren radialer Außenseite (9) ein axial vorderes Verbindungselement (10) mit einer radial nach innen gerichteten, vorderen Verbindungsfläche (11) zum Verbinden mit einer vorderen Aufnahme (5) des Turbinengehäuses (2), und ein axial hinteres Verbindungselement (12) mit einer radial nach außen gerichteten, hinteren Verbindungsfläche (13) | |
|----|---|--|

zum Verbinden mit einer hinteren Aufnahme­fläche (7) des Turbinengehäuses (2) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die hintere Verbindungsfläche (13) in einer Umfangers­richtung (U) des Turbinengehäuses (2) exzentrisch zur hinteren Aufnahme­fläche (7) vorgekrümmt ist;
 - das hintere Verbindungselement (12) einen hinteren, sich von einer Plattform (31) der Statorvorrichtung (8) im Wesentlichen geradlinig weg erstreckenden Stegabschnitt (14) aufweist, welcher an dessen radial äußerem Ende (15) die hintere Verbindungsfläche (13) ausbildet; und
 - der Stegabschnitt (14) an dessen radial äußerem Ende (15) entlang der Umfangsrichtung (U) verteilte, axial erstreckende Vorsprünge (16) zur radialen Sicherung der Statorvorrichtung (8) an dem Turbinengehäuse (2) aufweist.
2. Statorvorrichtung (8) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vordere Verbindungsfläche (11) in Umfangsrichtung (U) exzentrisch zur vorderen Aufnahme­fläche (5) vorgekrümmt ist.
 3. Statorvorrichtung (8) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stegabschnitt (14) zwei oder drei oder mehr Vorsprünge (16) aufweist.
 4. Statorvorrichtung (8) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Vorsprünge (16) nach axial vorne erstrecken und dazu ausgebildet sind, in entlang der Umfangsrichtung (U) verteilte Haken (17) der hinteren Aufnahme (6) einzugreifen, oder sich die Vorsprünge (16) nach axial hinten erstrecken und dazu ausgebildet sind, durch ein Sicherungselement (32) radial gesichert zu werden.
 5. Statorvorrichtung (8) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vordere Aufnahme­fläche (5) mit einem ersten Krümmungsradius (18) in Umfangsrichtung (U) kreisförmig konvex gekrümmt ist, und die vordere Verbindungsfläche (11) mit einem zum ersten Krümmungsradius (18) kleineren, zweiten Krümmungsradius (19) in Umfangsrichtung (U) kreisförmig konkav vorgekrümmt ist.
 6. Statorvorrichtung (8) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hintere Aufnahme­fläche (7) mit einem dritten Krümmungsradius in Umfangsrichtung (U) kreisförmig konkav gekrümmt ist, und die hintere Verbindungsfläche (11) mit einem zum dritten Krümmungsradius kleineren, vierten Krümmungsradius in Umfangs-

richtung (U) kreisförmig konvex vorgekrümmt ist.

7. Statorvorrichtung (8) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vordere Verbindungsfläche (11) und die hintere Verbindungsfläche (13) in Umfangsrichtung (U) konzentrisch zueinander vorgekrümmt sind.
8. Statorvorrichtung (8) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hintere Verbindungsfläche (13) in einem Kernbereich (20) des radial äußeren Endes (15) des geradlinigen Stegabschnitts (14) ausgebildet ist, sodass eine auf den Stegabschnitt (14) im Wesentlichen radial nach außen wirkende Kraft (F2) im Wesentlichen biegespannungsfrei innerhalb des Stegabschnittes (14) auf die hintere Aufnahme (6) übertragbar ist.
9. Statorvorrichtung (8) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vordere Aufnahme (4) eine axial nach vorne vertiefte und in Umfangsrichtung (U) erstreckende Nut (21) aufweist, welche an deren radial inneren Seitenwandfläche (22) die vordere Aufnahme­fläche (5) ausbildet.
10. Statorvorrichtung (8) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vordere Verbindungselement (10) einen vorderen, im Wesentlichen axial erstreckenden Haken­element (23) mit einem axial nach vorne erstreckenden Ende (24) aufweist, welches in die Nut (21) eingreift und welches an dessen radial inneren Fläche (25) die vordere Verbindungsfläche (11) ausbildet.
11. Statorvorrichtung (8) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine radial äußere Fläche (26) des axial nach vorne erstreckenden Endes (24) des Haken­elementes (23) in Umfangsrichtung (U) konzentrisch zu einer radial äußeren Seitenwandfläche (27) der Nut (21) vorgekrümmt ist, oder dass eine radial äußere Fläche (26) des axial nach vorne erstreckenden Endes (24) des Haken­elementes (23) in Umfangsrichtung (U) exzentrisch zu einer radial äußeren Seitenwandfläche (27) der Nut (21) vorgekrümmt ist.
12. Statorvorrichtung (8) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radial äußere Fläche (26) und die radial innere Fläche (25) des axial nach vorne erstreckenden Endes (24) des Haken­elementes (23) in Umfangsrichtung (U) konzentrisch zueinander vorgekrümmt sind.
13. Statorvorrichtung (8) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Statorvorrichtung (8) ein Leitschau­felsegment bestehend aus mehreren, in Umfangsrichtung nebenein-

ander angeordneten Leitschaufeln ist.

14. Verbindungssystem (1) für eine Strömungsmaschine (100), insbesondere Fluggasturbine, umfassend

5

- ein ringförmiges Turbinengehäuse (2), welches

- eine Mittelachse (A), eine Radialrichtung (R) und eine Umfangsrichtung (U) definiert, und 10

- an dessen radialer Innenseite (3) eine axial vordere Aufnahme (4) mit einer radial nach außen gerichteten, vorderen Aufnahme- 15
fläche (5) und eine axial hintere Aufnahme (6) mit einer radial nach innen gerichteten, hinteren Aufnahme-
fläche (7) aufweist; und

- eine Statorvorrichtung (8) nach einem der vorherigen Ansprüche. 20

15. Strömungsmaschine (100), insbesondere Fluggasturbine, **gekennzeichnet durch** zumindest eine Statorvorrichtung (8) nach einem der Ansprüche 1 bis 13. 25

30

35

40

45

50

55

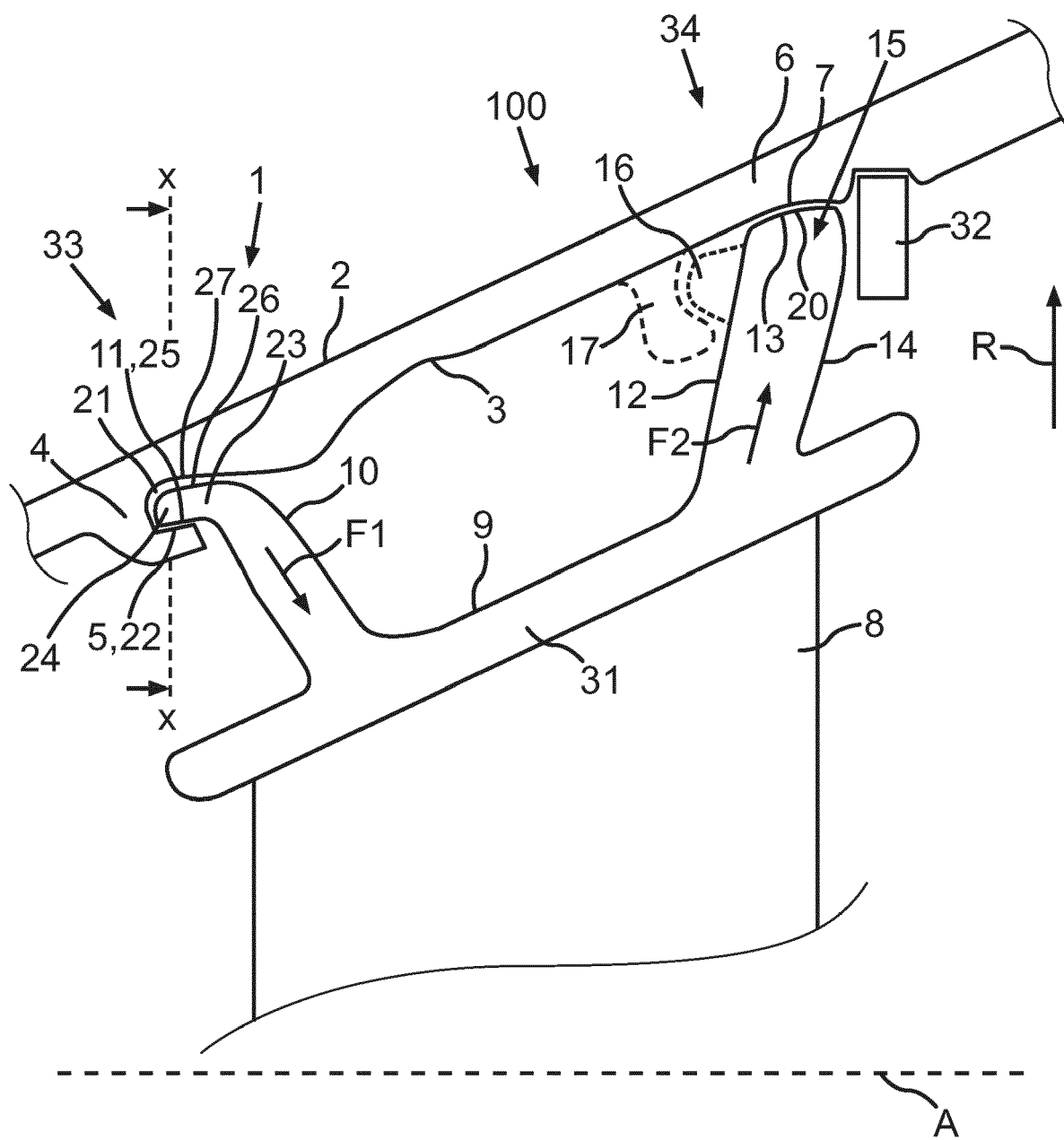


Fig.1

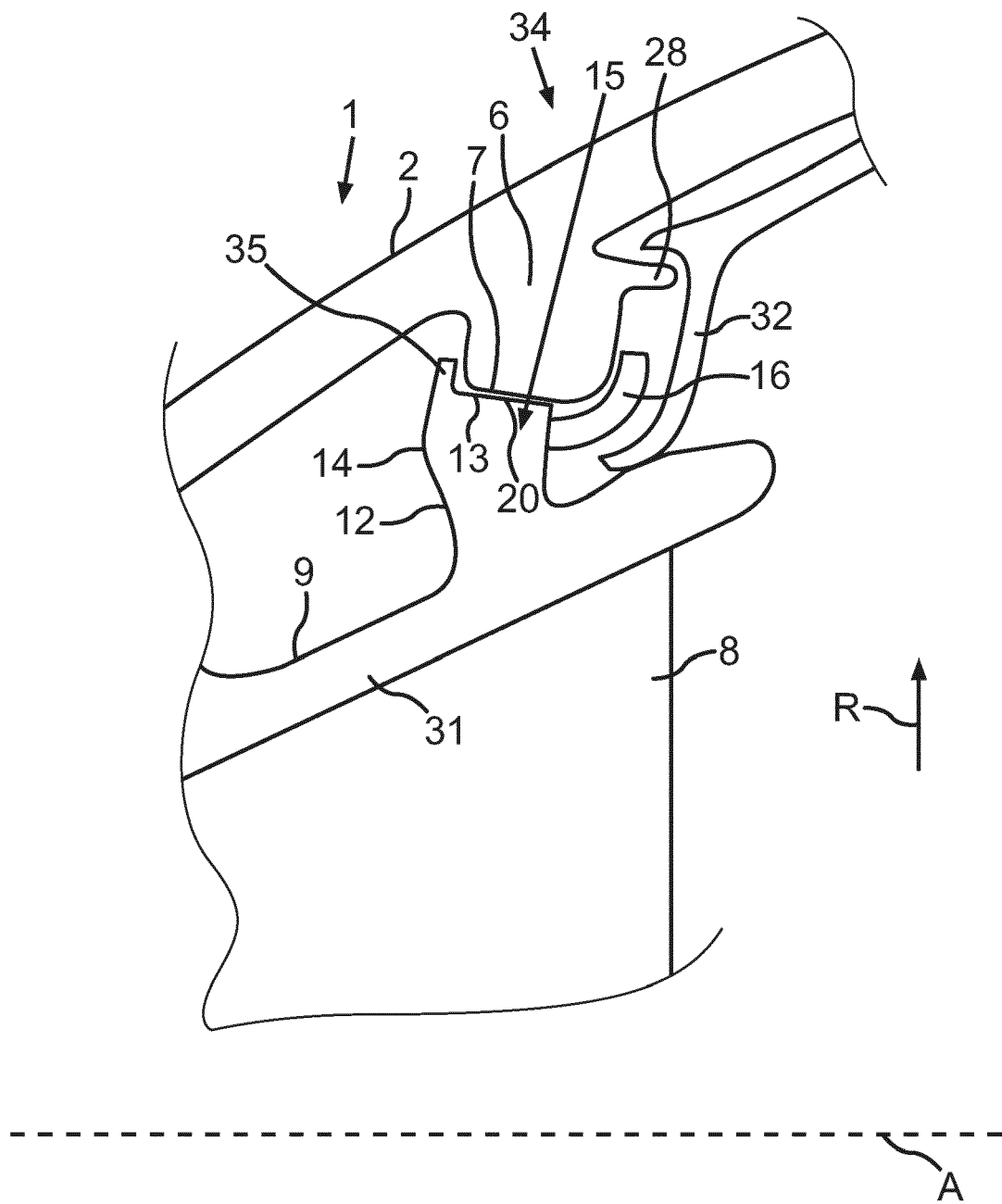


Fig.2

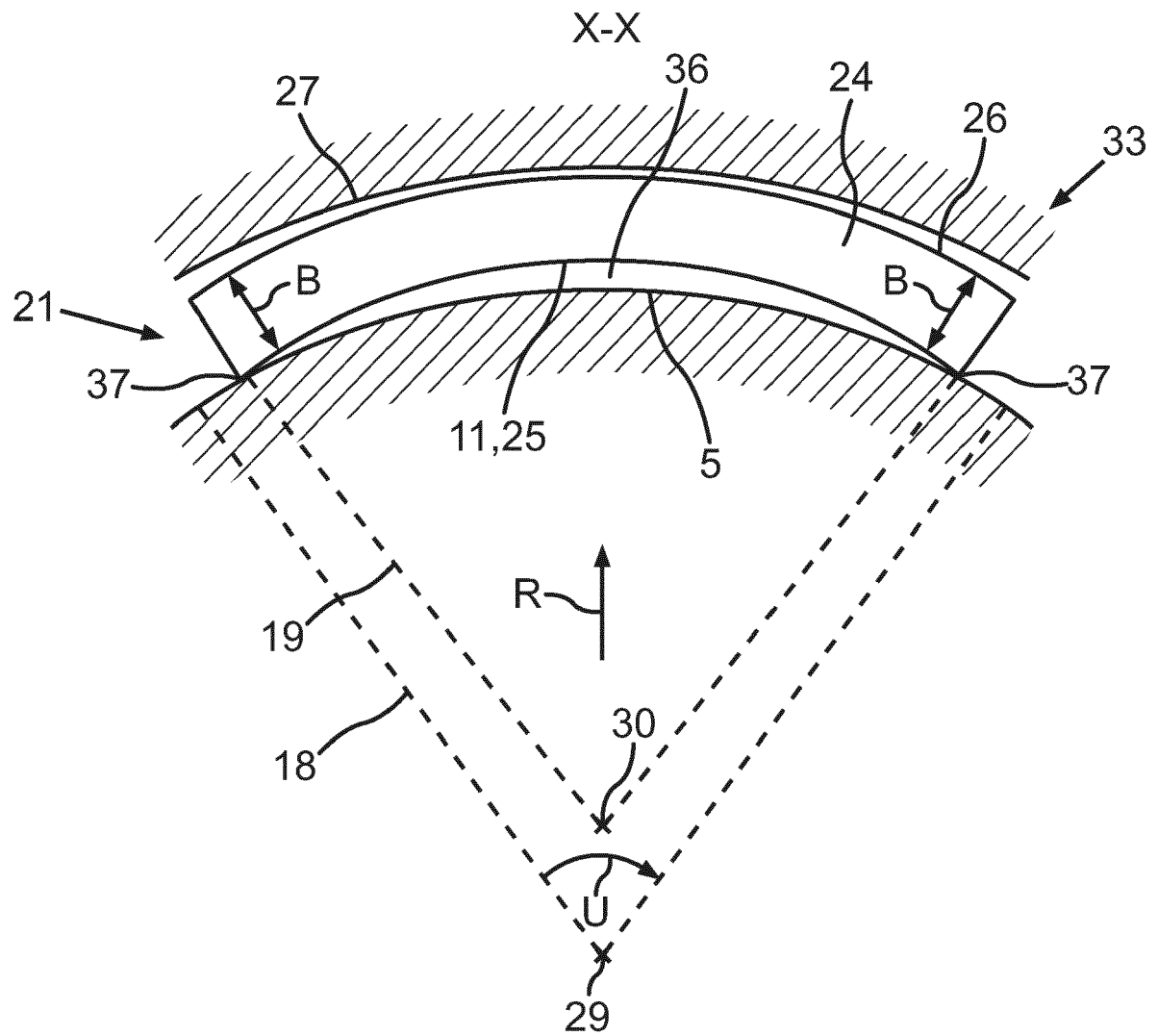


Fig.3

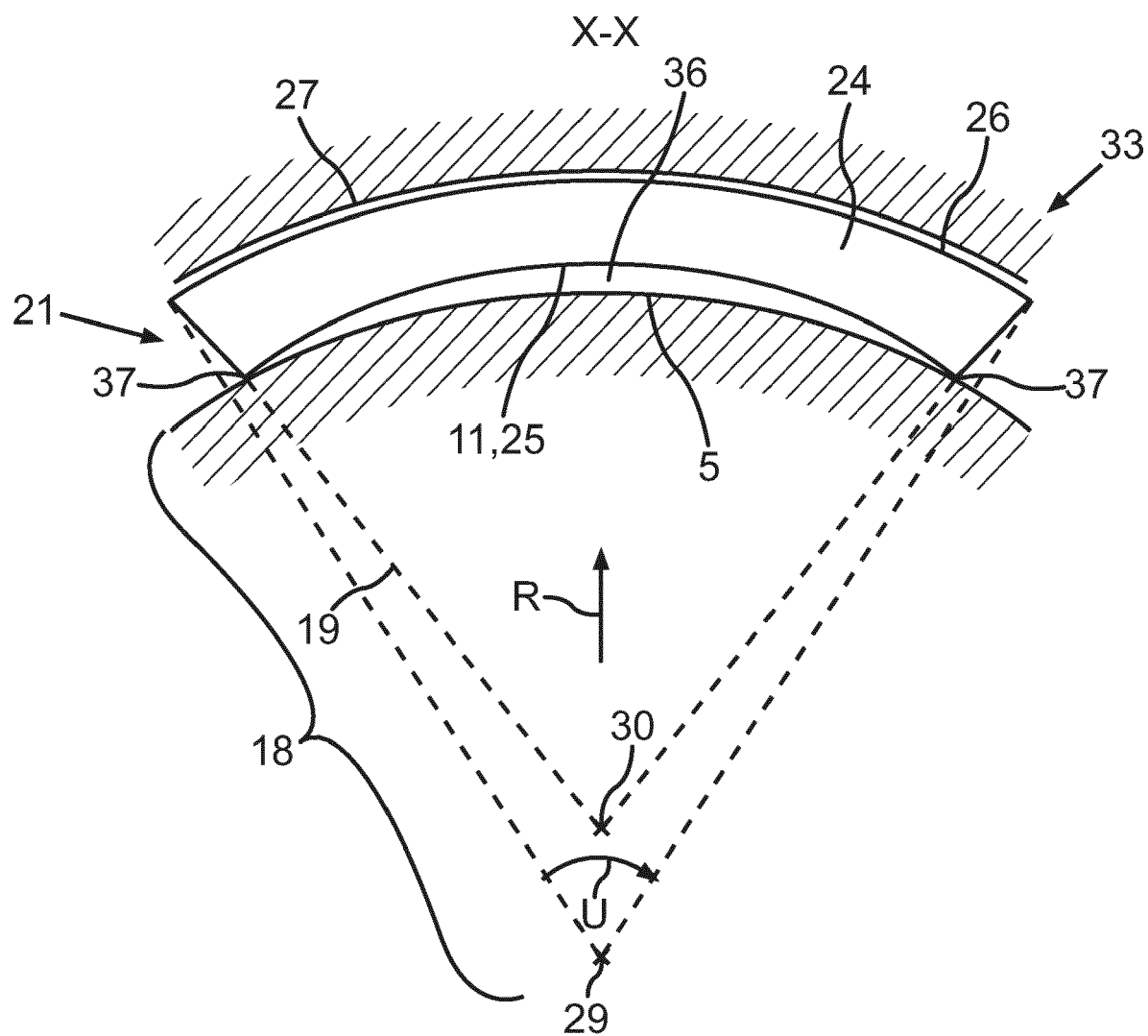


Fig.4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 15 2682

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2020/056495 A1 (PONCHAK JEFFREY D [US] ET AL) 20. Februar 2020 (2020-02-20)	1,2,5-15	INV.
Y	* Absatz [0028] - Absatz [0055]; Abbildungen *	3,4	F01D9/04 F01D25/24
Y	US 2006/008347 A1 (BOECK ALEXANDER [DE]) 12. Januar 2006 (2006-01-12) * Absatz [0019] - Absatz [0020]; Abbildungen *	3,4	
A	FR 2 819 010 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 5. Juli 2002 (2002-07-05) * das ganze Dokument *	1-15	
A	US 2007/031244 A1 (RUTHEMEYER MICHAEL A [US] ET AL) 8. Februar 2007 (2007-02-08) * das ganze Dokument *	1-15	
A	EP 1 408 200 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 14. April 2004 (2004-04-14) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. Juli 2024	Prüfer Teissier, Damien
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 24 15 2682

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.

17-07-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2020056495	A1	20-02-2020	EP 3611347	A1	19-02-2020
				US 2020056495	A1	20-02-2020
15	US 2006008347	A1	12-01-2006	DE 10210866	C1	21-08-2003
				EP 1483482	A1	08-12-2004
				US 2006008347	A1	12-01-2006
				WO 03076768	A1	18-09-2003
20	FR 2819010	A1	05-07-2002	CA 2400151	A1	11-07-2002
				DE 60204489	T2	16-03-2006
				EP 1225309	A1	24-07-2002
				FR 2819010	A1	05-07-2002
				JP 4021768	B2	12-12-2007
25				JP 2004517246	A	10-06-2004
				KR 20020075470	A	04-10-2002
				RU 2289699	C2	20-12-2006
				UA 73345	C2	15-07-2005
				US 2003031557	A1	13-02-2003
				WO 02053876	A1	11-07-2002
30	US 2007031244	A1	08-02-2007	CA 2554121	A1	06-02-2007
				EP 1749973	A2	07-02-2007
				JP 4890145	B2	07-03-2012
				JP 2007046605	A	22-02-2007
35				US 2007031244	A1	08-02-2007
	EP 1408200	A2	14-04-2004	DE 10247355	A1	22-04-2004
				EP 1408200	A2	14-04-2004
				US 2004115043	A1	17-06-2004
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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