

(19)



(11)

EP 3 309 359 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.04.2018 Patentblatt 2018/16

(51) Int Cl.:
F01D 5/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17195629.5**

(22) Anmeldetag: **10.10.2017**

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

(72) Erfinder:
• **GÄBLER, Miklos**
14480 Potsdam (DE)
• **BRÜGGMANN, Sven**
12489 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Maikowski & Ninnemann**
Patentanwälte Partnerschaft mbB
Postfach 15 09 20
10671 Berlin (DE)

(30) Priorität: **12.10.2016 DE 102016219815**

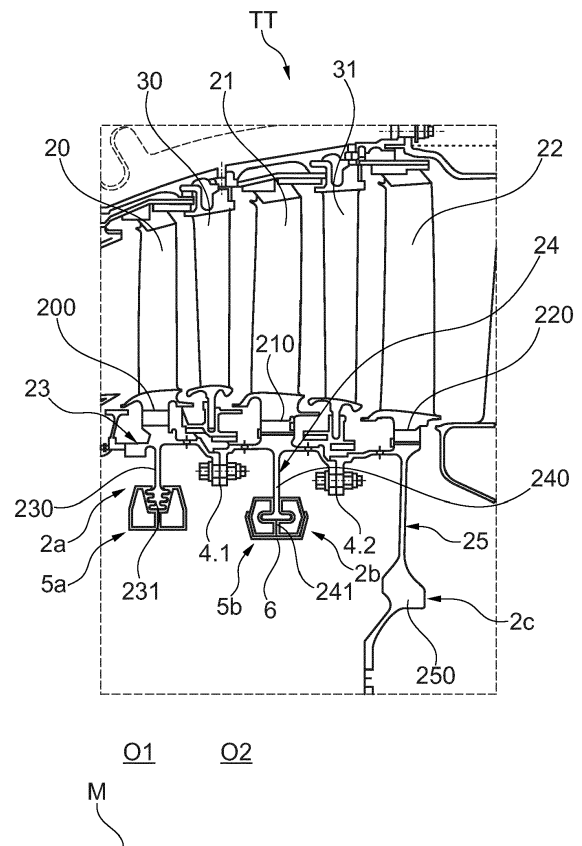
(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(54) LAUFSCHAUFELBAUGRUPPE FÜR EIN TRIEBWERK

(57) Die Erfindung betrifft insbesondere eine Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) für ein Triebwerk (T), mit einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger (23, 24) mit mehreren Laufschaufeln (20, 21), die entlang einer Kreislinie um eine Mittelachse (M) der Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) vorgesehen sind, wobei

- der Schaufelträger (23, 24) einen sich bezüglich der Laufschaufeln (20, 21) radial nach innen in Richtung der Mittelachse (M) erstreckenden Trägerabschnitt (230, 240) aufweist,
- der Trägerabschnitt (230, 240) einen Verbindungsbe-
reich (231, 241) umfasst, an dem eine Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit mindestens zwei, ersten und zweiten Versteifungselementen (50, 51) festgelegt ist, und
- das erste Versteifungselement (50) an einer ersten Stirnseite des Schaufelträgers (23, 24) angeordnet ist und das zweite Versteifungselement (51) an einer der ersten Stirnseite abgewandten zweiten Stirnseite angeordnet ist.

Gemäß einem ersten Erfindungsaspekt sind die ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) mit dem Verbindungsbereich (231, 241) des Schaufelträgers (23, 24) und zusätzlich miteinander verbunden.

**Fig. 1****EP 3 309 359 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk mit einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger mit mehreren Laufschaufeln.

[0002] Eine solche Laufschaufelbaugruppe ist beispielsweise Teil eines Verdichters oder einer Turbine des Triebwerks, insbesondere eines Gasturbinentriebwerks. Die Laufschaufeln sind hierbei entlang einer Kreislinie um eine Mittelachse der Laufschaufelbaugruppe vorgesehen, wobei diese Mittelachse üblicherweise mit einer Rotations- oder Mittelachse des Triebwerks zusammenfällt. Der Schaufelträger, an dem die Laufschaufel integral ausgebildet sind oder an dem separat hergestellte Laufschaufeln über je einen Schaufelfuß fixiert sind, weist einen sich bezüglich der Laufschaufeln radial nach innen in Richtung der Mittelachse erstreckenden Trägerabschnitt auf. Dieser Trägerabschnitt bildet üblicherweise einen Teil eines Scheibenkörpers aus, der- unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Bauraums - vergleichsweise großflächig ausgebildet ist, um den im Betrieb des Triebwerks auftretenden Belastungen, die durch die schnelle Rotation der Laufschaufelbaugruppe um die Mittelachse entstehen, standzuhalten. Je höher die Rotationsgeschwindigkeit des Schaufelträgers mit den Laufschaufeln und damit die Belastung des Schaufelträgers ist, desto größer ist der Trägerabschnitt und folglich das Gewicht des Schaufelträgers.

[0003] Aus der DE 101 63 951 C1 und DE 102 18 459 B3 ist für die Reduzierung des Gewichts der einer Laufschaufelbaugruppe und eines diese umfassenden Rotors vorgeschlagen, an einem Verbindungsbereich des Trägerabschnitts eine Versteifungsstruktur mit ersten und zweiten Versteifungselemente aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (englisch "metal matrix composite", kurz "MMC") an dem Schaufelträger vorzusehen. Je ein Versteifungselement ist hierbei als faserverstärkter MMC-Ring ausgestaltet und an je einer Stirnseite des Schaufelträgers angeordnet. So werden beispielsweise zwei MMC-Ringe spiegelbildlich an einem Verbindungsbereich eines sich radial nach innen erstreckenden Trägerabschnitts eines Schaufelträgers festgelegt, und zwar an einer ersten vorderen Stirnseite und an einer zweiten hinteren Stirnseite des Schaufelträgers. Durch die zusätzlichen Versteifungselemente in Form der MMC-Ringe ist der Schaufelträger bei kleinerer radialer Erstreckung des Trägerabschnitts mit höheren Drehzahlen beaufschlagbar und mithin höher belastbar. Dabei ist durch die MMC-Ringe das Gewicht des Schaufelträgers deutlich geringer als bei einem Schaufelträger gleicher Belastbarkeit mit einem größeren Trägerabschnitt.

[0004] Bei den in der DE 101 63 951 C1 und DE 102 18 459 B3 vorgeschlagenen Laufschaufelbaugruppen werden die Versteifungselemente in Form der MMC-Ringe unabhängig voneinander formschlüssig an je einer Stirnseite des Trägerabschnitts fixiert und gegebenenfalls zusätzlich auf einen sich axial erstreckenden Vorsprung des Verbindungsbereiches aufgeschraubt. Jeder MMC-Ring ist dabei separat an der jeweiligen Stirnseite des Trägerabschnitts axial gesichert und bezogen auf eine radial nach außen weisende Querrichtung oberhalb des zugehörigen sich axial erstreckenden Vorsprungs an dem Verbindungsbereich des Trägerabschnitts angeordnet. Die Fixierung und insbesondere axiale Sicherung der einzelnen Versteifungselemente in Form der MMC-Ringe ist damit vergleichsweise aufwendig. Ferner ist die Herstellung des Schaufelträgers mit dem Verbindungsbereich, der zusätzlich eine formschlüssige axiale Sicherungsmöglichkeit integrieren soll, kompliziert und mit relativ hohen Kosten verbunden.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine in dieser Hinsicht verbesserte Laufschaufelbaugruppe bereitzustellen, mit der die vorgenannten Nachteile vermieden oder zumindest reduziert werden.

[0006] Diese Aufgabe wird sowohl mit einer Laufschaufelbaugruppe des Anspruchs 1 als auch einer Laufschaufelbaugruppe des Anspruchs 12 gelöst.

[0007] Gemäß einem ersten Erfindungsaspekt ist dabei eine Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk mit einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger mit mehreren Laufschaufeln vorgeschlagen, bei der mindestens zwei, erste und zweite Versteifungselemente einer an einem Verbindungsbereich eines Trägerabschnitts eines Schaufelträgers festgelegten Versteifungsstruktur jeweils nicht nur mit dem Verbindungsbereich verbunden sind, sondern die ersten und zweiten Versteifungselemente auch zusätzlich miteinander verbunden sind.

[0008] Durch die zusätzliche Verbindung der an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers angeordneten Versteifungselemente wird dabei eine axiale Sicherung der Versteifungselemente aneinander und bezüglich des Schaufelträgers erreicht, ohne dass jedes einzelne Versteifungselement selbst separat an dem Trägerabschnitt des Schaufelträgers axial gesichert werden müsste. Die erfindungsgemäße Lösung nach dem ersten Erfindungsaspekt geht dabei von dem Grundgedanken aus, dass an dem Verbindungsbereich des Schaufelträgers - vorzugsweise zu einer radial bezüglich der Mittelachse verlaufenden Querrichtung symmetrisch ausgestaltete und einander gegenüberliegende - Versteifungselemente an voneinander abgewandten ersten und zweiten Stirnseiten des Schaufelträgers angeordnet sind, die durch ihre zusätzliche Verbindung miteinander axial (bezogen auf die Mittelachse) gesichert sind.

[0009] Die axiale Sicherung beider Versteifungselemente der Versteifungsstruktur ist hierbei in einer Ausführungsvariante über wenigstens ein separates Verbindungselement der Versteifungsstruktur realisiert, das die beiden an unterschiedlichen Stirnseiten angeordneten Versteifungselemente unmittelbar miteinander verbindet und axial gegeneinander sichert. Derart soll keines der Versteifungselemente relativ zu dem anderen Versteifungselement axial verlagerbar sein. Beide Versteifungselemente sind damit in einer bestimmungsgemäßen Lage an dem Trägerabschnitt gehalten.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung ist dabei grundsätzlich unabhängig davon, ob die Laufschaufeln integral mit

dem Schaufelträger ausgebildet sind und die Laufschaufelbaugruppe damit in Bling- oder Blisk-Bauweise gefertigt ist oder der die Laufschaufeln separat hergestellt und an dem Schaufelträger fixiert sind. In einer Ausführungsvariante ist beispielsweise der ring- oder scheibenförmige Schaufelträger mit mehreren einzelnen Laufschaufeln bestückt, die jeweils über einen Schaufelfuß einer Laufschaufel an dem Schaufelträger fixiert sind.

[0011] Ein vorstehend angesprochenes separates Verbindungselement für die Verbindung der an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers angeordneten ersten und zweiten Versteifungselemente miteinander erstreckt sich in einer Ausführungsvariante durch eine Durchgangsöffnung in dem Trägerabschnitt. Bei dieser Durchgangsöffnung kann es sich um eine zentrale Durchgangsöffnung, zum Beispiel in Form einer Bohrung, durch den Schaufelträger handeln. Das mindestens eine separate Verbindungselement erstreckt sich dann beispielsweise durch eine solche zentrale Durchgangsöffnung des Schaufelträgers, um die beiden Versteifungselemente axial relativ zueinander festzulegen.

[0012] Insbesondere hierbei kann das mindestens eine separate Verbindungselement die ersten und zweiten Versteifungselemente zumindest teilweise umgreifen, sodass zumindest Teile beider Versteifungselemente in einem Querschnitt längs der Mittelachse zwischen zwei Abschnitten des Verbindungselements aufgenommen sind. Das Verbindungselement ist beispielsweise im Querschnitt U-förmig, sodass beide an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers angeordneten Versteifungselemente zumindest teilweise zwischen zwei radial vorstehenden Schenkeln oder Rändern des Verbindungselements aufgenommen sind.

[0013] Alternativ oder ergänzend kann das mindestens eine Verbindungselement als Spannteil ausgebildet sein, das an beiden ersten und zweiten Versteifungselemente form- und/oder kraftschlüssig gehalten ist und jeweils auf das an dem Verbindungsbereich angeordnete erste oder zweite Versteifungselement eine in Richtung des anderen, zweiten oder ersten Versteifungselements wirkende Kraft ausübt. Über das Spannteil werden somit die Versteifungselemente beispielsweise gegeneinander verspannt. Das Spannteil selbst ist hierbei form- und/oder kraftschlüssig an beiden ersten und zweiten Versteifungselementen gehalten, beispielsweise durch Eingreifen eines Fortsatzes des Spannteils in eine Öffnung oder Nut in dem jeweiligen Versteifungselement oder umgekehrt durch das Eingreifen eines seitlichen Fortsatzes des jeweiligen Versteifungselements in eine Öffnung oder Nut des Spannteils.

[0014] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen dass wenigstens das erste oder zweite Versteifungselement ringförmig ausgebildet ist. In einer Weiterbildung sind beide Versteifungselemente ringförmig ausgebildet. Die ringförmige Ausbildung eines einzelnen Versteifungselements je Stirnseite hat gegenüber mehreren, zum Beispiel ringsegmentförmigen Versteifungselementen je Stirnseite den Vorteil einer einfacheren und schnelleren Montage.

[0015] Zur Gewichtsreduktion ist in einer Ausführungsvariante wenigstens eines der ersten und zweiten Versteifungselemente zumindest teilweise aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (englisch: "metal matrix composite", kurz: "MMC") hergestellt. Hierbei kann wenigstens eines der ersten und zweiten Versteifungselemente einen außen ummantelten Kern aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff aufweisen. Der Kern kann beispielsweise aus einem verstärkten Titan in MMC-Bauweise bestehen, d.h., insbesondere aus einer Titan-Matrix mit keramischer Verstärkung.

[0016] In einer Ausführungsvariante weist der Schaufelträger eine bezüglich der Mittelachse axial verlaufende, beispielsweise zentrale Durchgangsöffnung auf, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts radial begrenzt ist. Ein aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildeter Abschnitt des ersten oder zweiten Versteifungselements erstreckt sich axial unterhalb dieses inneren Randes des Trägerabschnitts. Dementsprechend ist in einer solchen Variante vorgesehen, dass der radial innere Rand des Trägerabschnitts, der die vorzugsweise zentral vorgesehene Durchgangsöffnung in dem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger berandet, zumindest teilweise von dem mindestens einen Versteifungselement eingefasst ist, zum Beispiel im Querschnitt L-förmig eingefasst ist, und ein Abschnitt des Versteifungselements bezogen auf eine radial nach außen weisende Querrichtung unterhalb des Verbindungsbereiches verläuft. Der aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildete Abschnitt des an der ersten oder zweiten Stirnseite angeordneten ersten oder zweiten Versteifungselements erstreckt sich hier folglich unterhalb des inneren Randes in Richtung der anderen Stirnseite und stellt folglich eine Abstützung unterhalb dieses inneren Randes durch den Metallmatrix-Verbundwerkstoff bereit. Die Erstreckung des Metallmatrix-Verbundwerkstoff in axialer Richtung unterhalb eines inneren Randes des Trägerabschnitts kann damit einer zusätzlichen Abstützung unterhalb der Laufschaufeln und der hiermit gebildeten umfangsseitig umlaufenden Laufschaufelreihe dienen und zu einer robusteren Versteifungsstruktur führen.

[0017] In einer Ausführungsvariante bildet der Verbindungsbereich wenigstens einen axialen Vorsprung aus, der von einem ersten oder zweiten Versteifungselement formschlüssig umgriffen ist, sodass der axiale Vorsprung zumindest teilweise zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt dieses Versteifungselements aufgenommen ist. Derart erstreckt sich ein axial vorspringender Abschnitt des Verbindungsbereichs zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt des Versteifungselements. Der axiale Vorsprung kann hierbei z.B. lokal stegartig vorstehend oder umlaufend ringförmig vorstehend an dem Verbindungsbereich ausgebildet sein und beispielsweise zwischen den zwei Abschnitten des Versteifungselements in einer nutenförmigen Aussparung des Versteifungselements aufgenommen sein. Der formschlüssige Umgriff eines axialen Vorsprungs des Verbindungsbereiches durch wenigstens eines der Versteifungselemente gestattet nicht nur eine verbesserte Krafteinleitung in und Abstützung durch das jeweilige Versteifungselement, sondern auch eine verbesserte Anbindung des jeweiligen Versteifungselements an den Verbindungsbereich des Schaufelträgers. Das Versteifungselement kann hierdurch beispielsweise einfach axial an die Stirn-

seite des Schaufelträgers und auf den mindestens einen axialen Vorsprung aufgeschoben oder gesteckt werden und ist über den formschlüssigen Umgriff des axialen Vorsprungs unmittelbar radial gesichert an dem Schaufelträger gehalten.

[0018] Alternativ oder ergänzend zu einem formschlüssigen Umgriff eines axialen Vorsprungs des Verbindungsbereiches kann der Schaufelträger eine bezüglich der Mittelachse axial verlaufende Durchgangsöffnung aufweisen, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts radial begrenzt ist, und kann sich ein erstes oder zweites Versteifungselement der Versteifungsstruktur mit wenigstens einem Abschnitt unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereichs axial erstrecken. Ein erstes oder zweites Versteifungselement der Versteifungsstruktur erstreckt sich hier somit mit mindestens einem Abschnitt axial an dem inneren Rand des Verbindungsbereiches entlang von einer Stirnseite in Richtung der anderen Stirnseite des Schaufelträgers. Unabhängig von der Verwendung eines Metallmatrix-Verbundwerkstoffs - und insbesondere unabhängig von der vorstehend erläuterten Gestaltung, bei der sich ein Abschnitt des Versteifungselements aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff axial unterhalb eines inneren Randes erstreckt - kann durch die Erstreckung des Versteifungselementes unterhalb des radial inneren Randes des Schaufelträgers eine verbesserte Abstützung und Versteifung des Schaufelträgers im Bereich des Trägerabschnitts erreicht werden.

[0019] Die Ausbildung wenigstens eines axialen und von einem Versteifungselement formschlüssig umgriffenen Verbindungsbereichs wie auch die axiale Erstreckung wenigstens eines Abschnitts eines ersten oder zweiten Versteifungselements unterhalb eines inneren Randes des Verbindungsbereiches zur Verbesserung der Montierbarkeit der Versteifungsstruktur und der Belastbarkeit des Schaufelträgers sind im Übrigen vorteilhaft mit einer zusätzlichen Verbindung der an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers angeordneten ersten und zweiten Versteifungselemente kombinierbar, jedoch gleichwohl auch hiervon unabhängig umsetzbar.

[0020] Dementsprechend ist gemäß einem zweiten Erfindungsaspekt eine Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk mit einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger mit mehreren Laufschaufeln vorgeschlagen, bei der eine Versteifungsstruktur vorgesehen ist, die mindestens ein Versteifungselement an einer ersten oder zweiten Stirnseite des Schaufelträgers aufweist. Dabei bildet der Verbindungsbereich gemäß dem zweiten Erfindungsaspekt wenigstens einen axialen Vorsprung aus, der von dem mindestens einen Versteifungselement formschlüssig umgriffen ist, sodass der axiale Vorsprung zumindest teilweise zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt des Versteifungselements aufgenommen ist. Alternativ oder ergänzend ist nach dem zweiten Erfindungsaspekt vorgesehen, dass der Schaufelträger eine bezüglich der Mittelachse der Schaufelbaugruppe axial verlaufende Durchgangsöffnung aufweist, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts radial begrenzt ist, und sich das mindestens eine Versteifungselement der Versteifungsstruktur mit mindestens einem Abschnitt unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereiches axial erstreckt, also von einer Stirnseite in Richtung der anderen Stirnseite.

[0021] Ein axialer Vorsprung des Verbindungsbereiches kann sich grundsätzlich im Wesentlichen parallel zur Mittelachse und mithin im Wesentlichen senkrecht zu einer radial verlaufenden Stirnseite des Trägerabschnitts erstrecken. Der axiale Vorsprung kann jedoch auch einen von 90° abweichenden Winkel zu der Stirnseite einnehmen.

[0022] Ferner kann ein Übergangsbereich zwischen einer im Wesentlichen radial verlaufenden stirnseitigen Trägerfläche an dem Verbindungsbereich und eines Endes des hiermit integral ausgebildeten Vorsprungs konkav gewölbt sein. Der Grad der Wölbung und damit der Verlauf einer Geraden an diesen Übergangsbereich kann dabei je nach Triebwerk und/oder Position der Laufschaufelbaugruppe unterschiedlich gewählt sein, je nachdem, wie stark die an dem Verbindungsbereich auftretenden Kräfte sind und mit welchen Kraftkomponenten diese beispielsweise radial und tangential verlaufen. Beispielsweise verläuft eine Gerade an den Übergangsbereichen in einem Winkel von 0° bis 45° zur Radialrichtung. Der Grad der Wölbung und damit der eingeschlossene Winkel kann dabei zum Beispiel auch in Abhängigkeit von dem verwendeten Herstellungsmaterial für das Versteifungselement erfolgen. Insbesondere mit Blick auf einen Metallmatrix-Verbundwerkstoff und die hierin vorgesehenen Fasern, die in Umfangsrichtung um die Mittelachse höher belastbar sind als in eine tangential Richtung, kann sich ein kleinerer Winkel und mithin eine stärkere konkave Wölbung für den Übergangsbereich (und damit ein weniger "weicher" Übergang zwischen Stirnfläche und Vorsprung) anbieten.

[0023] Der wenigstens eine axiale Vorsprung kann Teil eines im Querschnitt T-förmigen, I-förmigen oder tannenbaumförmigen Profils des Verbindungsbereiches sein. Bei einem T-förmigen Profil sind zwei sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckende Vorsprünge an dem Verbindungsbereich integral ausgebildet. Bei einem I-förmigen, d.h., nach Art des Querschnittsprofils eines Doppel-T-Trägers ausgebildeten Profils sind dementsprechend zwei radial zueinander beabstandete Paare solcher zweier, sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckender Vorsprünge vorgesehen. Bei einem tannenbaumförmigen Profil sind wenigstens zwei oder drei radial übereinander angeordnete und zueinander beabstandete Paare sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckender Vorsprünge vorgesehen, deren axiale Ausdehnung entlang einer Radialrichtung stufenweise ab- oder zunimmt.

[0024] Ein T-förmiges, I-förmiges oder tannenbaumförmiges Profil des Verbindungsbereiches erstreckt sich in einer Ausführungsvariante zumindest abschnittsweise entlang einer Kreislinie um die Mittelachse. In einer Weiterbildung ist der Verbindungsbereich des ring- oder scheibenförmigen Schaufelträgers mit einem umfangsseitig vollständig umlaufenden T-förmigen, I-förmigen oder tannenbaumförmigen Profil versehen.

[0025] Insbesondere bei einem tannenbaumförmigen Querschnittsprofil des Verbindungsbereiches kann an jeder Stirnseite des Schaufelträgers ein beispielsweise ringförmiges Versteifungselement angeordnet sein, das mit einem entsprechend korrespondierenden Querschnittsprofil als Gegenstück versehen ist und mehrere axiale Vorsprünge, die durch das tannenbaumförmige Querschnittsprofil des Verbindungsbereiches definiert werden, formschlüssig umgreift.

Über eine derartige Verbindung zwischen einem jeweiligen Versteifungselement und dem Verbindungsbereich des Schaufelträgers können die im Betrieb des Triebwerks auftretenden radialen Belastungen effizienter von dem Schaufelträger in die Versteifungsstruktur eingeleitet werden. Hierbei werden die auftretenden Kräfte zudem an unterschiedlichen radialen Stellen in die Versteifungsstruktur und mithin verteilt eingeleitet, sodass die Kraftübertragung zwischen dem Schaufelträger und der Versteifungsstruktur verbessert ist. Auch die Anbindung und sichere Fixierung der Versteifungsstruktur an dem Schaufelträger ist erheblich vereinfacht.

[0026] In einer möglichen Weiterbildung können an einem axialen Vorsprung des Verbindungsbereiches, insbesondere an einem axialen Vorsprung eines T-förmigen, I-förmigen oder tannenbaumförmigen Querschnittsprofils des Verbindungsbereiches Dichtelemente und/oder Kühlungsöffnungen vorgesehen werden. Kühlungsöffnungen dienen dann beispielsweise der Zuführung von Kühlluft an den Schaufelträger.

[0027] Mit einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbaugruppe sowohl nach dem ersten als auch nach dem zweiten Erfindungsaspekt kann insbesondere ein Gasturbinentriebwerk bereitgestellt werden, bei dem eine oder mehrere Laufschaufelreihen eines Verdichters und/oder eine oder mehrere Laufschaufelreihen einer Turbine gegenüber bisher in der Praxis üblichen Laufschaufelreihen hinsichtlich ihres Gewichts erheblich reduziert sind, wobei jedoch die Montage der Versteifungsstruktur und deren axiale Sicherung vergleichsweise einfach ist. Hierbei können je eine Laufschaufelreihe bildende Laufschaufelbaugruppen mit erfindungsgemäß hieran festgelegten Versteifungsstrukturen axial hintereinander angeordnet und drehfest aneinander fixiert sein. Selbstverständlich ist jedoch auch eine Kombination einer erfindungsgemäß ausgestalteten Laufschaufelbaugruppe für die Bildung einer Laufschaufelreihe mit einer weiteren, nicht erfindungsgemäß ausgestalteten Laufschaufelbaugruppe einer weiteren Laufschaufelreihe möglich.

[0028] Die beigefügten Figuren veranschaulichen exemplarisch mögliche Ausführungsvarianten der Erfindung.

[0029] Hierbei zeigen:

Figur 1 ausschnittsweise und in Schnittdarstellung einen Teil einer Turbine eines Gasturbinentriebwerks mit zwei Ausführungsvarianten einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbaugruppe;

Figuren 2A-2C in vergrößerter Darstellung ausschnittsweise einen Verbindungsbereich eines Schaufelträgers mit unterschiedlichen Varianten einer hieran angeordneten Versteifungsstrukturen mit MMC-Versteifungsringen;

Figuren 3A-3B ausschnittsweise und in geschnittener perspektivischer Ansicht Ausführungsvarianten eines Schaufelträgers einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbaugruppe mit einem tannenbaumförmigen Profil des Verbindungsbereiches, wobei der Schaufelträger einerseits integral hiermit ausgebildete Laufschaufeln (Figur 3A) aufweist und andererseits für separat hergestellte und hieran zu fixierende Laufschaufeln vorgesehen ist (Figur 3B);

Figur 4 in geschnittener und vergrößerter Ansicht eine Variante eines Verbindungsbereiches des Schaufelträgers mit tannenbaumförmigem Profil;

Figur 5 ausschnittsweise und in geschnittener Darstellung eine aus dem Stand der Technik bekannte Ausbildung von Laufschaufelreihen einer Turbine eines Gasturbinentriebwerks;

Figuren 6 eine Querschnittsansicht eines Turbofan-Triebwerks, bei dem eine Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbaugruppe im Bereich eines Verdichters und/oder im Bereich einer Turbine zum Einsatz kommt.

[0030] Die Figur 6 veranschaulicht schematisch und in Schnittdarstellung ein Gasturbinentriebwerk T, bei dem die einzelnen Triebwerkskomponenten entlang einer Rotationsachse oder Mittelachse M hintereinander angeordnet sind und das Triebwerk T als Turbofan-Triebwerk ausgebildet ist. An einem Einlass oder Intake E des Triebwerks T wird Luft entlang einer Eintrittsrichtung R mittels eines Fans F angesaugt. Dieser in einem Fanggehäuse FC angeordnete Fan F wird über eine Rotorwelle S angetrieben, die von einer Turbine TT des Triebwerks T in Drehung versetzt wird. Die Turbine TT schließt sich hierbei an einen Verdichter V an, der beispielsweise einen Niederdruckverdichter 11 und einen Hochdruckverdichter 12 aufweist, sowie gegebenenfalls noch einen Mitteldruckverdichter. Der Fan F führt einerseits dem Verdichter V Luft zu sowie andererseits einem Sekundärstromkanal oder Bypasskanal B zur Erzeugung des Schubs. Der Bypasskanal B verläuft hierbei um ein den Verdichter V und die Turbine TT umfassendes Kerntriebwerk, das einen

Primärstromkanal für die durch den Fan F dem Kerntriebwerk zugeführte Luft umfasst.

[0031] Die über den Verdichter V in den Primärstromkanal geförderte Luft gelangt in einen Brennkammerabschnitt BK des Kerntriebwerks, in dem die Antriebsenergie zum Antreiben der Turbine TT erzeugt wird. Die Turbine TT weist hierfür eine Hochdruckturbine 13, eine Mitteldruckturbine 14 und eine Niederdruckturbine 15 auf. Die Turbine TT treibt dabei über die bei der Verbrennung frei werdende Energie die Rotorwelle S und damit den Fan F an, um über die in den Bypasskanal B geförderte Luft den erforderlichen Schub zu erzeugen. Sowohl die Luft aus dem Bypasskanal B als auch die Abgase aus dem Primärstromkanal des Kerntriebwerks strömen über einen Auslass A am Ende des Triebwerks T aus. Der Auslass A weist hierbei üblicherweise eine Schubdüse mit einem zentral angeordneten Austrittskonus C auf.

[0032] Sowohl im Bereich des (Axial-) Verdichters mit seinem Niederdruckverdichter 11 und seinem Hochdruckverdichter 12 als auch im Bereich der Turbine TT werden bekanntermaßen um die Mittelachse M rotierende Laufschaufelbaugruppen eingesetzt, die je eine Laufschaufelreihe aufweisen und bei denen die Laufschaufeln an einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger vorgesehen sind. Der ring- oder scheibenförmige Schaufelträger kann hierbei grundsätzlich integral beschauelt sein und damit in Bling- oder Blisk-Bauweise hergestellt sein. Alternativ ist die Fixierung einzelner Laufschaufeln über ihren jeweiligen Schaufelfuß an einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger möglich. Hierfür wird beispielsweise ein Schaufelfuß in eine Befestigungsnut des Schaufelträgers axial eingeschoben und axial an dem jeweiligen Schaufelträger gesichert.

[0033] Anhand der Figur 5 sind exemplarisch mehrere entlang der Mittelachse M hintereinander angeordnete Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c der Turbine TT veranschaulicht. Der in der Figur 5 dargestellte Ausschnitt zeigt hierbei nur einen Teil oberhalb der Mittelachse M im Bereich der Mitteldruckturbine 14 oder der Niederdruckturbine 15. Die einzelnen Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c sind drehfest über Flanschverbindungen 4.1 und 4.2 miteinander verbunden. Ferner weist jede Laufschaufelbaugruppe 2a, 2b und 2c je einen ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger 23, 24 oder 25 auf, an dem einzelne Laufschaufeln 20, 21 oder 22 einer Schaufelreihe entlang einer Kreislinie um die Mittelachse M hintereinander angeordnet und an dem jeweiligen Schaufelträger 23, 24 oder 25 über einen Schaufelfuß 200, 210 oder 220 einer Laufschaufel 20, 21 oder 22 fixiert sind. In axialer Richtung entlang der Mittelachse M wechseln sich dabei Laufschaufelreihen der Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c mit feststehenden Leitschaufelreihen ab. Die Leitschaufelreihen weisen jeweils Leitschaufeln 30 oder 31 auf, die ebenfalls umfangseitig umlaufend entlang einer Kreislinie um die Mittelachse M angeordnet sind.

[0034] Infolge der hohen Drehzahlen und der damit einhergehenden Belastungen weist jeder Schaufelträger 23, 24 oder 25 einer Laufschaufelbaugruppe 2a, 2b oder 2c des Standes der Technik einen sich radial nach innen erstreckenden Trägerabschnitt 230, 240 oder 250 auf. Ein scheibenförmiger Trägerabschnitt 250 der hinteren Laufschaufelbaugruppe 2c dient beispielsweise der drehbaren Lagerung der untereinander drehfest verbundenen Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c. In dem Trägerabschnitt 230, 240 zweier- bezogen auf die Strömungsrichtung durch das Triebwerk T - vorderer Laufschaufelbaugruppen 2a und 2b ist vor allem zur Gewichtsreduktion eine zentrale Durchgangsöffnung 01 oder 02 vorgesehen, beispielsweise in Form einer Bohrung. Mit Blick auf den notwendigen Bauraum der Laufschaufelbaugruppen 2a und 2b sowie deren Gewicht ist vor allem entscheidend, welche radiale Erstreckung die Schaufelträger 23 und 24 aufweisen, um den im Betrieb auftretenden Belastungen standhalten zu können.

[0035] Bei den unterschiedlichen Varianten einer erfindungsgemäßen Lösung, die beispielsweise in der Figur 1 exemplarisch an zwei Laufschaufelbaugruppen 2a und 2b der Turbine TT veranschaulicht sind, wird eine deutliche Verkleinerung der sich radial erstreckenden Trägerabschnitte 230 oder 240 durch das Vorsehen einer Versteifungsstruktur 5a oder 5b erreicht. Dabei sind die beiden unterschiedlichen Varianten in der Figur 1 zusammen veranschaulicht. Es ist jedoch nicht zwingend, an einer Laufschaufelbaugruppe 2a und einer anderen Laufschaufelbaugruppe 2b unterschiedliche Versteifungsstrukturen 5a und 5b vorzusehen. Zur Vereinfachung der Montage und der Verwendung einer möglichst großen Anzahl von Gleichteilen wird es sich in der Praxis anbieten, identisch ausgestaltete Versteifungsstrukturen 5a oder 5b an unterschiedlichen Laufschaufelbaugruppen 2a und 2b einzusetzen.

[0036] Gemeinsam ist den unterschiedlichen in der Figur 1 illustrierten Varianten von Versteifungsstrukturen 5a und 5b jedoch jeweils, dass zwei einander gegenüberliegende ringförmige Versteifungselemente in Form von (MMC-) Versteifungsringen 50 und 51 an den Stirnseiten des jeweiligen Schaufelträgers 23 oder 24 angeordnet sind. Die Versteifungsringe 50 und 51 sind einerseits unmittelbar miteinander verbunden - vorzugsweise über wenigstens ein zusätzliches Verbindungselement. Andererseits umgreifen beide Versteifungsringe 50, 51 jeweils einen Verbindungsbereich 231 oder 241 des jeweiligen Trägerabschnitts 230 oder 240 zumindest abschnittsweise formschlüssig, der ein in Umfangsrichtung durchgängiges Profil mit wenigstens zwei sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckenden Vorsprüngen aufweist. Dabei ist bei der einen Variante der Laufschaufelbaugruppe 2a der Verbindungsbereich 231 mit einem tannenbaumförmigen (Querschnitts-) Profil versehen, während bei der anderen Laufschaufelbaugruppe 2b der Figur 1 ein T-förmiges Querschnittsprofil vorgesehen ist.

[0037] Wie anhand der Figuren 2A, 2B und 2C für unterschiedliche Varianten der Versteifungsstrukturen 5a, 5b veranschaulicht ist, weist jeder Versteifungsring 50, 51 der jeweiligen Versteifungsstruktur 5a oder 5b einen ummantelten MMC-Kern 500 auf, beispielsweise einen TiMMC-Kern. Über die Herstellung der Versteifungsringe 50 und 51 in MMC-

Bauweise wird bei vergleichsweise geringem Gewicht eine erheblich erhöhte Steifigkeit der Schaufelträger 23 oder 24 erreicht. Bei jeder der Varianten der Figuren 2A, 2B und 2C erstreckt sich ein Versteifungsring 50 oder 51 mit einem Umgriffabschnitt 50.1 oder 51.2 axial unterhalb eines der jeweiligen Durchgangsöffnung O1 oder O2 zugewandten Randes des Verbindungsbereiches 231 oder 241 in Richtung der anderen Stirnseite. Ein radial innenliegender Rand des jeweiligen Schaufelträgers 23 oder 24 ist somit von jedem Versteifungsring 50 oder 51 zumindest teilweise L-förmig umgriffen. Hierdurch wird insbesondere die radiale Sicherung des jeweiligen Versteifungsringes 50, 51 an dem Trägerabschnitt 230 oder 240 erleichtert und ist auch eine Abstützung des Schaufelträgers 23, 24 unterhalb des Verbindungsbereiches 231, 241 erreicht

[0038] Vorliegend erstrecken sich beide Versteifungsringe 50 und 51 mit je einem Umgriffabschnitt 50.1 oder 51.2 soweit axial unterhalb des inneren Randes des Trägerabschnitts 231 oder 241 des Schaufelträgers 23 oder 24, dass die Versteifungsringe 50 und 51 über ihre Umgriffabschnitte 50.1 und 51.2 unmittelbar aneinander anliegen. Die beiderseits des Verbindungsbereiches 231 oder 241 vorgesehenen Versteifungsringe 50 und 51, die jeweils formschlüssig an dem jeweiligen Verbindungsbereich 231 oder 241 gehalten sind, liegen folglich unmittelbar aneinander an und die damit gebildete Versteifungsstruktur 5a oder 5b erstreckt vollständig durch die Durchgangsöffnung O1 oder O2 hindurch.

[0039] Durch die Versteifungsstruktur 5a oder 5b mit den an den voneinander abgewandten Stirnseiten des Schaufelträgers 23 oder 24 angeordneten Versteifungsringen 50 und 51 können vor allem radial wirkende Kräfte aufgenommen werden. Durch die umfangsseitig umlaufende Profilierung des Verbindungsbereiches 231 oder 241 ist dabei aber gleichzeitig eine einfachere Montage und einfache radiale Sicherung der an den Schaufelträger 23 oder 24 zu montierenden Versteifungsringe 50 und 51 gegeben.

[0040] Bei einem tannenbaumförmigen Querschnittsprofil entsprechend den Varianten der Figuren 2A und 2B bildet der hier exemplarisch dargestellte Verbindungsbereich 231 Paare sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckender Vorsprünge 2310.1/2310.2, 2311.1/2311.2 und 2312.1/2312.2 aus. Jeder dieser axialen Vorsprünge 2310.1 bis 2312.2 steht ringförmig an einer Stirnseite des Trägerabschnitts 230 hervor. Zur Ausbildung des tannenbaumförmigen Profils nimmt dabei die axiale Länge der einzelnen axialen Vorsprünge 2310.1 bis 2312.1 oder 2310.2 bis 2312.2 je Stirnseite in radialer Richtung ab, vorliegend radial nach innen. Dementsprechend weist ein paar axialer Vorsprünge 2312.1/2312.2, das der Durchgangsöffnung O1 am nächsten liegt, die geringste axiale Erstreckung auf und die radial weiter außen angeordneten Paare axialer Vorsprünge 2311.1/2311.2 und 2310.1/2310.2 stehen jeweils axial weiter vor.

[0041] An den einzelnen Versteifungsringen 50 und 51 sind mit den Vorsprüngen 2310.1 bis 2312.1 oder 2310.2 bis 2312.2 einer Stirnseite korrespondierende Nuten vorgesehen, sodass der jeweilige an einer Stirnseite angebrachte Versteifungsring 50 oder 51 jeden Vorsprung 2310.1 bis 2312.1 oder 2310.2 bis 2312.2 an der jeweiligen Stirnseite formschlüssig umgreift und folglich jeder Vorsprung 2310.1 bis 2312.2 jeweils zwischen einem radial weiter innenliegenden und radial weiter außen liegenden Abschnitt des jeweiligen Versteifungsringes 50 oder 51 aufgenommen ist. Durch die derart gebildete formschlüssige Verbindung zwischen Schaufelträger 23 und den Versteifungsringen 50 und 51 werden im Betrieb des Triebwerks T auftretende Radiallasten über das tannenbaumförmige Profil verteilt in die Versteifungsstruktur 5a eingeleitet. Zudem ist hierüber die Versteifungsstruktur 5a an dem Trägerabschnitt 230 des Schaufelträgers 23 ohne zusätzliche Befestigungsmittel bereits durch das Aufstecken der Versteifungsringe 50, 51 radial festgelegt.

[0042] Zur axialen Fixierung der beiden Versteifungsringe 50 und 51 ist wenigstens ein in den Figuren 2A und 2B nicht näher dargestelltes Verbindungselement vorgesehen. Über ein solches Verbindungselement werden die beiden Versteifungsringe 50 und 51 zusätzlich unmittelbar miteinander verbunden, sodass eine unerwünschte Verlagerung und insbesondere ein Trennen der Versteifungsringe 50 oder 51 von dem Schaufelträger 23 in axialer Richtung verhindert ist. Jeder Versteifungsring 50 oder 51 ist über das wenigstens eine Verbindungselement auch an dem anderen Versteifungsring 51 oder 50 gehalten, wodurch eine Verlagerung relativ hierzu verhindert ist.

[0043] Beispielsweise kann ein einzelnes Verbindungselement zum Einsatz kommen. Dieses einzelne Verbindungselement kann sich in einer Variante ringförmig umlaufend an der Versteifungsstruktur 5a erstrecken oder zumindest über einen Großteil eines radial inneren Umfangs der Versteifungsstruktur 5a. Alternativ können mehrere lokale Verbindungselemente zur axialen Sicherung entlang des Umfangs versetzt zueinander vorgesehen sein.

[0044] Beispielsweise ist ein Verbindungselement 6 mit einem U-förmigen Querschnitt ausgebildet, wie dies in der Figur 2C für die Versteifungsstruktur 5b dargestellt ist, wobei ein solches Verbindungselement 6 auch bei der Versteifungsstruktur 5a der Figuren 2A und 2B verwendet werden kann. Ein solches Verbindungselement 6 ist über zwei Schenkel oder Ränder 60, 61 des Verbindungselements 6 form- und/oder kraftschlüssig mit beiden Versteifungsringen 50 und 51 verbunden. Zur Fixierung des Verbindungselements 6 an den zueinander symmetrisch ausgestalteten Versteifungsringen 50, 51 ist eine schmale Nut in jedem Rand oder Schenkel 60, 61 vorgesehen, in die jeweils ein Fortsatz in Form einer sich umfangsseitig erstreckenden, axial vorstehenden Kante oder Nase des jeweiligen Versteifungsringes 50, 51 eingreift.

[0045] In der Querschnittsansicht sind beide Versteifungsringe 50 und 51 zwischen den beiden Schenkeln oder Rändern 60, 61 des Verbindungselements 6 aufgenommen. Dabei kann über die beiden stirnseitig angreifenden und sich jeweils radial erstreckenden Ränder oder Schenkel 60, 61 eine Kraft auf jeden der Versteifungsringe 50, 51 ausgeübt

werden, der den Versteifungsring 50, 51 in Richtung des anderen Versteifungsringes 51 oder 50 drückt. Das Verbindungselement 6 wirkt somit als Spannteil, das die beiden Versteifungsringe 50 und 51 axial gegeneinander spannt.

[0046] Bei der Ausführungsvariante der Figur 2C ist im Unterschied zu den Varianten der Figuren 2A und 2B der Verbindungsbereich 241 mit keinem tannenbaumförmigen Profil versehen, sondern mit einem T-förmigen Profil. Der Verbindungsbereich 241 der Figur 2C weist somit zwei axial in entgegengesetzte Richtungen vorstehende Vorsprünge 2410.1 und 2410.2 auf. Diese sind auch in dieser Variante jeweils formschlüssig von dem zugehörigen, an der jeweiligen Stirnseite angeordneten Versteifungsring 50 oder 51 umgriffen.

[0047] Bei den Ausführungsvarianten der Figuren 2B und 2C ist ferner vorgesehen, dass der jeweilige MMC-Kern 500 eines Versteifungsringes 50 oder 51 sich mit zumindest einem Abschnitt 500.1 oder 500.2 aus dem Metallmatrix-Verbundwerkstoff unterhalb des inneren Randes des Trägerabschnitts 230 oder 240 erstreckt. Bei der Variante der Figur 2B ist der MMC-Kern im Querschnitt im Wesentlichen L-förmig. Bei der Variante der Figur 2C ist der MMC-Kern 500 jedes Versteifungsringes 50 oder 51 im Querschnitt C-förmig ausgestaltet. Bei der Variante der Figur 2A ist damit der MMC-Kern 500 nur axial neben dem Verbindungsbereich 231 und insbesondere neben den Vorsprüngen 2310.1 bis 2312.2 angeordnet. Bei der Variante der Figur 2B ist der MMC-Kern 500 demgegenüber axial neben dem Verbindungsbereich 231 und zumindest teilweise unterhalb des Verbindungsbereichs 231 und folglich insbesondere neben den Vorsprüngen 2310.1 bis 2312.2 und zumindest teilweise unterhalb der Vorsprünge 2310.1 bis 2312.2 angeordnet. Durch den C-förmigen Querschnitt ist zusätzlich auch je ein Abschnitt 500.3 oder 500.4 des MMC-Kerns 500 oberhalb eines Vorsprung 2410.1 oder 2410.2 angeordnet und liegt folglich ein axialer Vorsprung 2410.1 oder 2410.2 der jeweiligen vorderen oder hinteren Stirnseite zwischen zwei Abschnitten 500.1/500.3 oder 500.2/500.4 aus dem Metallmatrix-Verbundwerkstoff.

[0048] Mit den Figuren 3A und 3B sind zwei unterschiedliche Varianten des Schaufelträgers 23 der Laufschaufelbaugruppe 2a veranschaulicht. In beiden Varianten weist der Schaufelträger 23 ein sich in Umfangsrichtung erstreckendes tannenbaumförmiges Querschnittsprofil an dem Verbindungsbereich 231 für die Versteifungsstruktur 5a und deren hier anzubringenden Versteifungsringe 50 und 51 auf. Während bei der Variante der Figur 3A der Schaufelträger 23 mit integral hieran ausgebildeten Laufschaufeln 20 ausgebildet ist, weist der Schaufelträger 23 der Figur 3B mehrere umfangsseitig nebeneinander angeordnete Befestigungsnuten 232 für hieran zu fixierende Schaufelfüße 200 der Laufschaufeln 20 auf.

[0049] Anhand der Querschnittsdarstellung der Figur 4 ist ferner mit Blick auf ein tannenbaumförmiges Profil des Verbindungsbereiches 231 eines Schaufelträgers 23 exemplarisch veranschaulicht, über welche Konstruktionsparameter gegebenenfalls die Verbindung zwischen dem Schaufelträger 23 und den Versteifungsringen 50, 51 und damit die Kraftübertragung in die Versteifungsstruktur 5a beeinflusst werden kann. Beispielsweise ist vorliegend ein Radius R_a für einen Übergangsbereich zwischen einer sich radial erstreckenden Stirnfläche des Trägerabschnitts 230 und einem radial äußersten Vorsprung 2310.1 einer Stirnseite gezeigt, über dessen Größe der Grad der Konkavität des Übergangsbereichs beeinflusst wird.

[0050] Eine Geometrie des tannenbaumförmigen Profils kann ferner durch einen Winkel α charakterisiert sein, den zwei Tangenten zueinander einnehmen, die jeweils in einer Querschnittsansicht längs der Mittelachse M an die Enden der axialen Vorsprünge 2310.1 bis 2312.1 oder 2310.2 bis 2312.2 einer Stirnseite angelegt sind. Je größer der Winkel α ist, desto größer ist die axiale Ausdehnung des tannenbaumförmigen Profils und/oder desto größer ist die Abstufung in der axialen Ausdehnung zwischen den an einer Stirnseite vorgesehenen Vorsprüngen 2310.1 bis 2312.1 oder 2310.2 bis 2312.2.

Bezugszeichenliste

[0051]

11	Niederdruckverdichter
12	Hochdruckverdichter
13	Hochdruckturbine
14	Mitteldruckturbine
15	Niederdruckturbine
20, 21, 22	Laufschaufel
200, 210, 220	Schaufelfuß
23, 24, 25	Schaufelträger
230, 240, 250	Trägerabschnitt
231	Verbindungsbereich
2310.1, 2310.2, 2311.1, 2311.2, 2312.1, 2312.2	Axialer Vorsprung
232	Befestigungsnut
241	Verbindungsbereich

EP 3 309 359 A1

2410.1, 2410.2	Axialer Vorsprung
2a, 2b, 2c	Laufschaufelbaugruppe
30, 31	Leitschaufel
4.1, 4.2	Flanschverbindung
5 50, 51	Versteifungsring (Versteifungselement)
50.1, 51.2	Umgriffabschnitt
500	MMC-Kern
500.1, 500.2, 500.3, 500.4	MMC-Abschnitt
5a, 5b	Versteifungsstruktur
10 6	Spannteil (Verbindungselement)
60, 61	stirnseitiger Rand / Schenkel
A	Auslass
B	Bypasskanal
BK	Brennkammerabschnitt
15 C	Austrittskonus
E	Einlass / Intake
F	Fan
FC	Fanghäuse
M	Mittelachse / Rotationsachse
20 O1, O2	Durchgangsöffnung
R	Eintrittsrichtung
Ra	Radius
S	Rotorwelle
T	Turbofan-Triebwerk (Gasturbinentriebwerk)
25 TT	Turbine
V	Verdichter
α	Winkel

30 Patentansprüche

1. Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk (T), mit einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger (23, 24) mit mehreren Laufschaufeln (20, 21), die entlang einer Kreislinie um eine Mittelachse (M) der Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) vorgesehen sind, wobei
 - der Schaufelträger (23, 24) einen sich bezüglich der Laufschaufeln (20, 21) radial nach innen in Richtung der Mittelachse (M) erstreckenden Trägerabschnitt (230, 240) aufweist,
 - der Trägerabschnitt (230, 240) einen Verbindungsbereich (231, 241) umfasst, an dem eine Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit mindestens zwei, ersten und zweiten Versteifungselementen (50, 51) festgelegt ist, und
 - das erste Versteifungselement (50) an einer ersten Stirnseite des Schaufelträgers (23, 24) angeordnet ist und das zweite Versteifungselemente (51) an einer der ersten Stirnseite abgewandten zweiten Stirnseite angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) mit dem Verbindungsbereich (231, 241) des Schaufelträgers (23, 24) und zusätzlich miteinander verbunden sind.
2. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers (23, 24) angeordneten ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) über mindestens ein separates Verbindungselement (6) der Versteifungsstruktur (5a, 5b) miteinander verbunden sind.
3. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das mindestens eine separate Verbindungselement (6) durch eine Durchgangsöffnung (01, 02) in dem Trägerabschnitt (230, 240) erstreckt.
4. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine separate Verbindungselement (6) die ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) umgreift, sodass zumindest Teile beider Versteifungselemente (50, 51) in einem Querschnitt längs der Mittelachse (M) zwischen zwei Abschnitten (60, 61) des Verbindungselements (6) aufgenommen sind.

5. Laufschaufelbaugruppe nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Verbindungselement als Spannteil (6) ausgebildet ist, das an beiden ersten und zweiten Versteifungselementen (50, 51) form- und/oder kraftschlüssig gehalten ist und jeweils auf das an dem Verbindungsbereich (231, 241) angeordnete erste oder zweite Versteifungselement (50, 51) eine in Richtung des anderen, zweiten oder ersten Versteifungselements (51, 50) wirkende Kraft ausübt.
6. Laufschaufelbaugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens das erste oder zweite Versteifungselement (50, 51) ringförmig ausgebildet ist.
7. Laufschaufelbaugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) zumindest teilweise aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff hergestellt ist.
8. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) einen außen ummantelten Kern (500) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff aufweist.
9. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaufelträger (23, 24) eine bezüglich der Mittelachse (M) axial verlaufende Durchgangsöffnung (01, 02) aufweist, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts (230, 240) radial begrenzt ist, und sich ein aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildeter Abschnitt des ersten oder zweiten Versteifungselementes (50, 51) unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereichs (231, 241) axial erstreckt.
10. Laufschaufelbaugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbindungsbereich (231, 241) wenigstens einen axialen Vorsprung (2310.1-2312.2; 2410.1-2410.2) ausbildet, der von einem ersten oder zweiten Versteifungselement (50, 51) formschlüssig umgriffen ist, sodass der axiale Vorsprung (2310.1-2312.2; 2410.1-2410.2) zumindest teilweise zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt dieses Versteifungselements (50, 51) aufgenommen ist.
11. Laufschaufelbaugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaufelträger (23, 24) eine bezüglich der Mittelachse (M) axial verlaufende Durchgangsöffnung (01, 02) aufweist, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts (230, 240) radial begrenzt ist, und sich ein erstes oder zweites Versteifungselement (50, 51) der Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit wenigstens einem Abschnitt (50.1, 51.2) unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereichs (231, 241) axial erstreckt.
12. Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk (T), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger (23, 24) mit mehreren Laufschaufeln (20, 21), die entlang einer Kreislinie um eine Mittelachse (M) der Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) vorgesehen sind, wobei
 - der Schaufelträger (23, 24) einen sich bezüglich der Laufschaufeln (20, 21) radial nach innen in Richtung der Mittelachse (M) erstreckenden Trägerabschnitt (230, 240) aufweist,
 - der Trägerabschnitt (230, 240) einen Verbindungsbereich (231, 241) umfasst, an dem eine Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit mindestens einem Versteifungselement (50, 51) festgelegt ist, und
 - das Versteifungselement (50, 51) an einer ersten oder zweiten Stirnseite des Schaufelträgers (23, 24) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- (a) der Verbindungsbereich (231, 241) wenigstens einen axialen Vorsprung (2310.1-2312.2; 2410.1-2410.2) ausbildet, der von dem mindestens einen Versteifungselement (50, 51) formschlüssig umgriffen ist, sodass der axiale Vorsprung (2310.1-2312.2; 2410.1-2410.2) zumindest teilweise zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt des Versteifungselements (50, 51) aufgenommen ist, und/oder
- (b) der Schaufelträger (23, 24) eine bezüglich der Mittelachse (M) axial verlaufende Durchgangsöffnung (01, 02) aufweist, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts (230, 240) radial begrenzt ist, und sich das mindestens eine Versteifungselement (50, 51) der Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit wenigstens einem Abschnitt (50.1, 51.2) unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereichs (231, 241) axial erstreckt.

EP 3 309 359 A1

13. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 10 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der axiale Vorsprung (2310.1-2312.2; 2410.1-2410.2) Teil eines im Querschnitt T-förmigen, I-förmigen oder tannenbaumförmigen Profils des Verbindungsbereichs (231, 241) ist.

5 14. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das T-förmige, I-förmige oder tannenbaumförmige Profil des Verbindungsbereichs (231, 241) zumindest abschnittsweise entlang einer Kreislinie um die Mittelachse (M) erstreckt.

10 15. Gasturbinentriebwerk mit mindestens einer Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

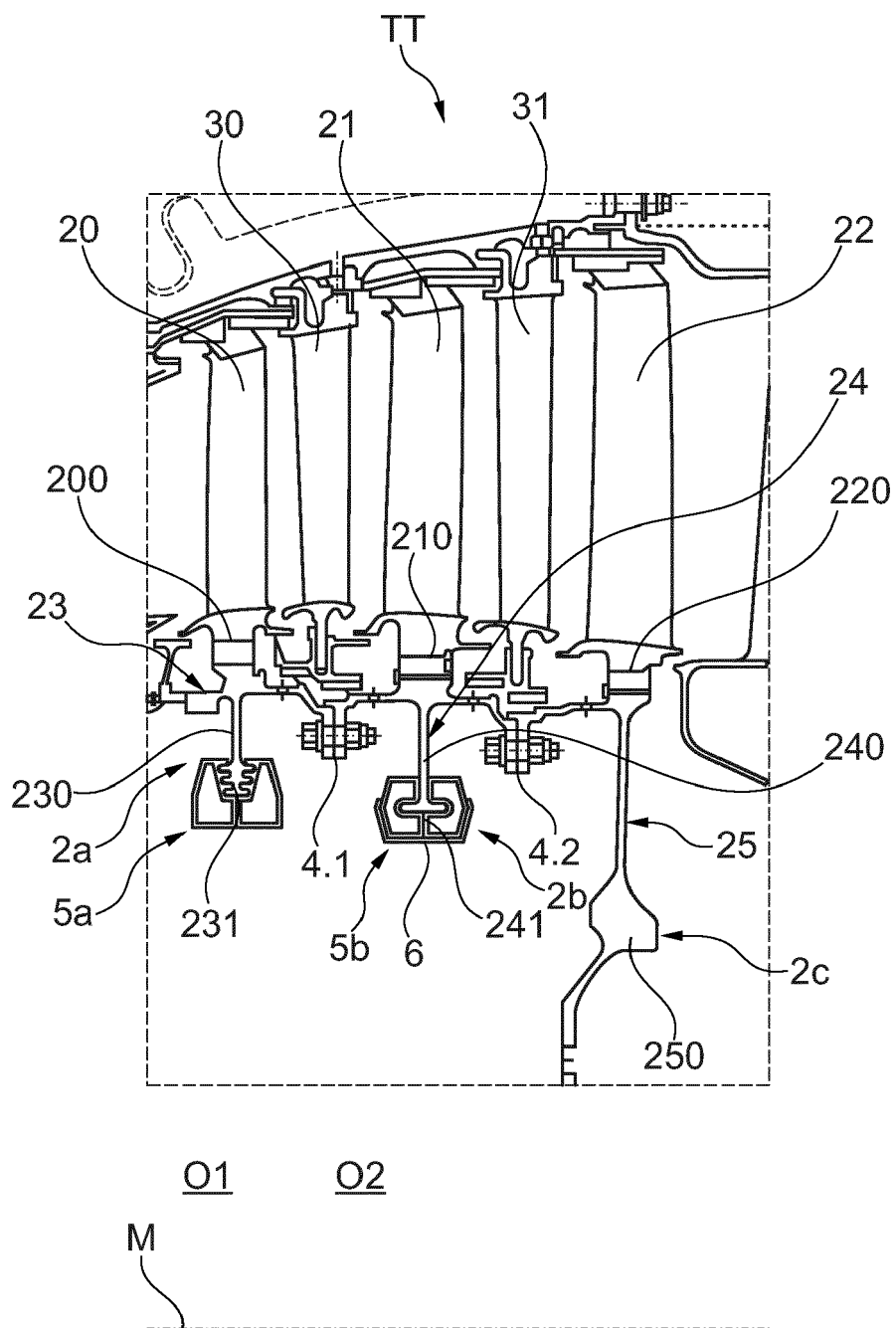
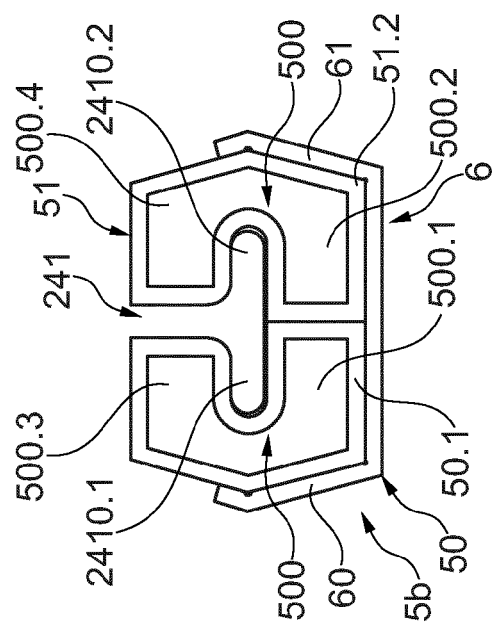
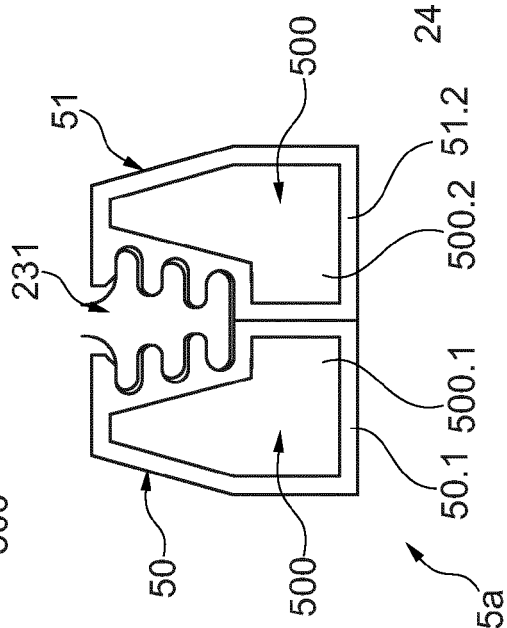
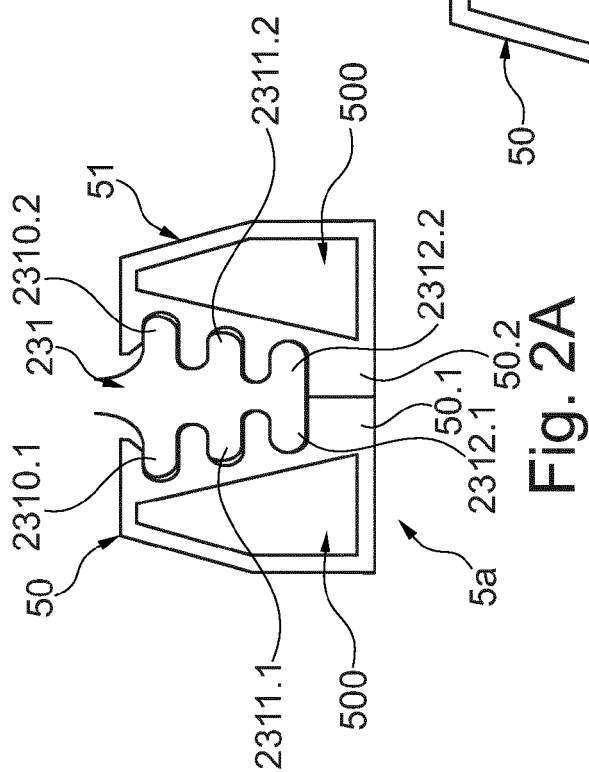


Fig. 1



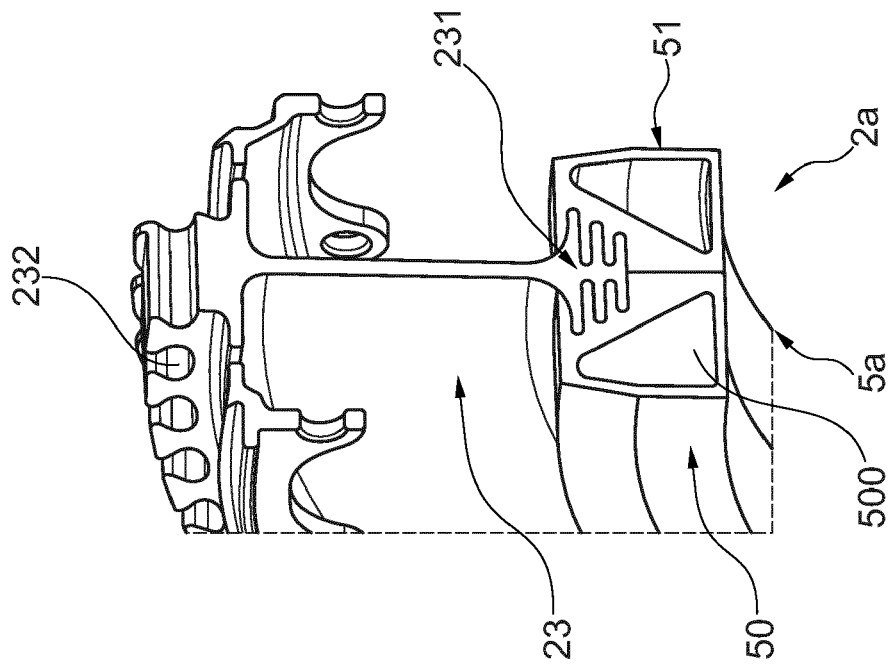


Fig. 3B

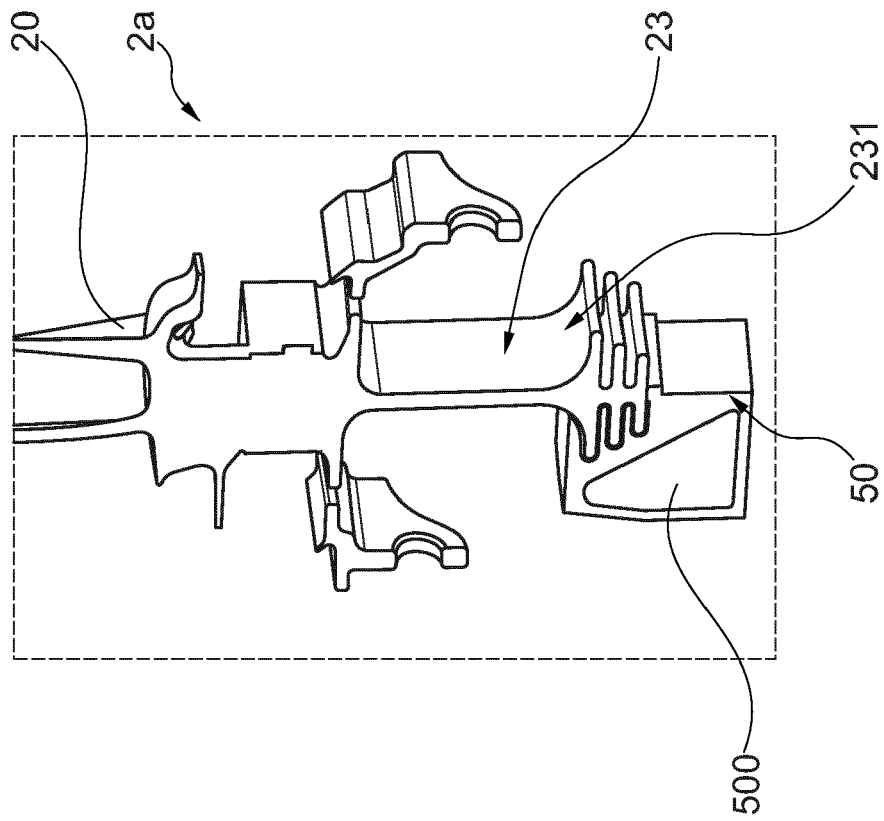


Fig. 3A

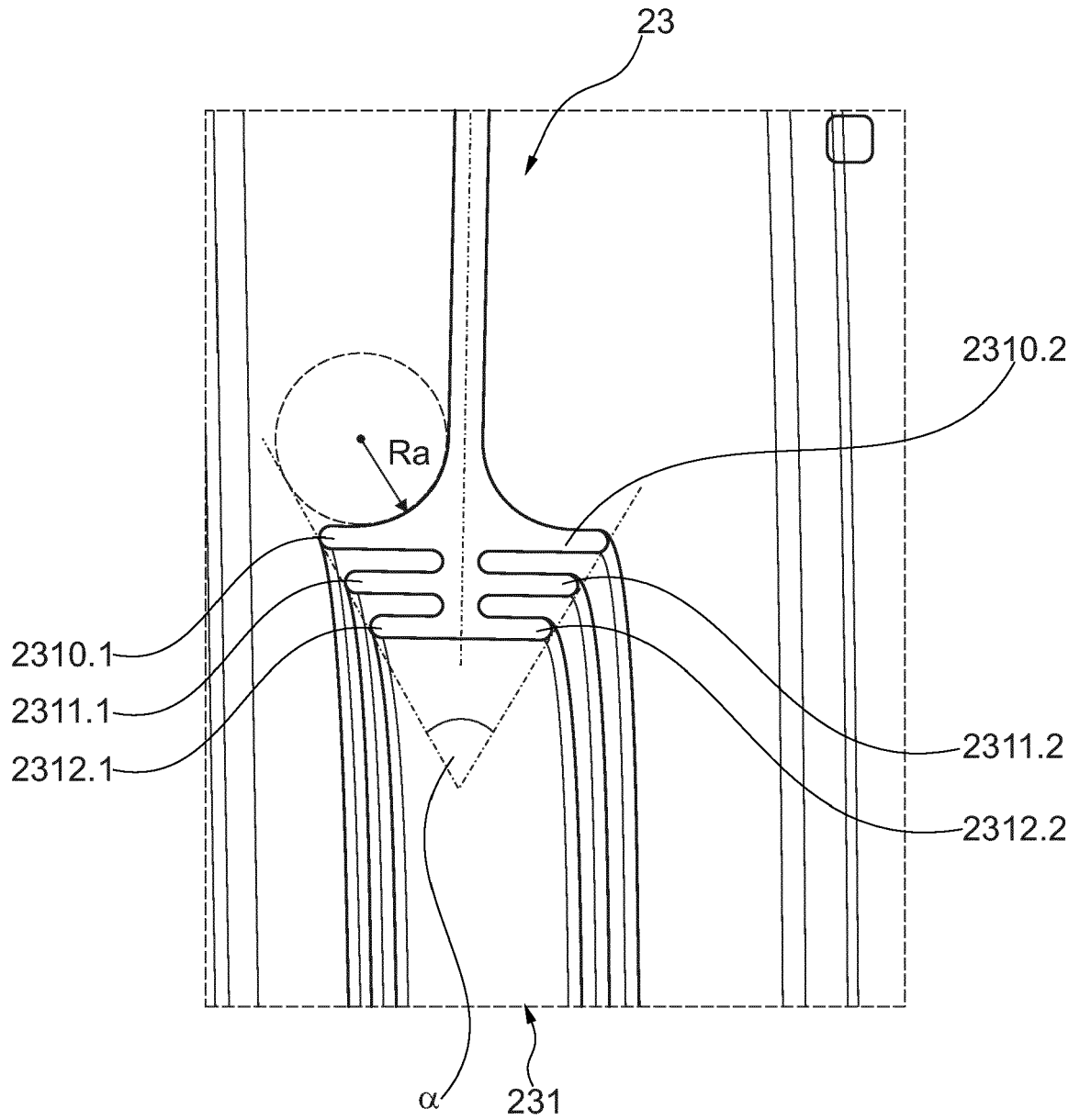


Fig. 4

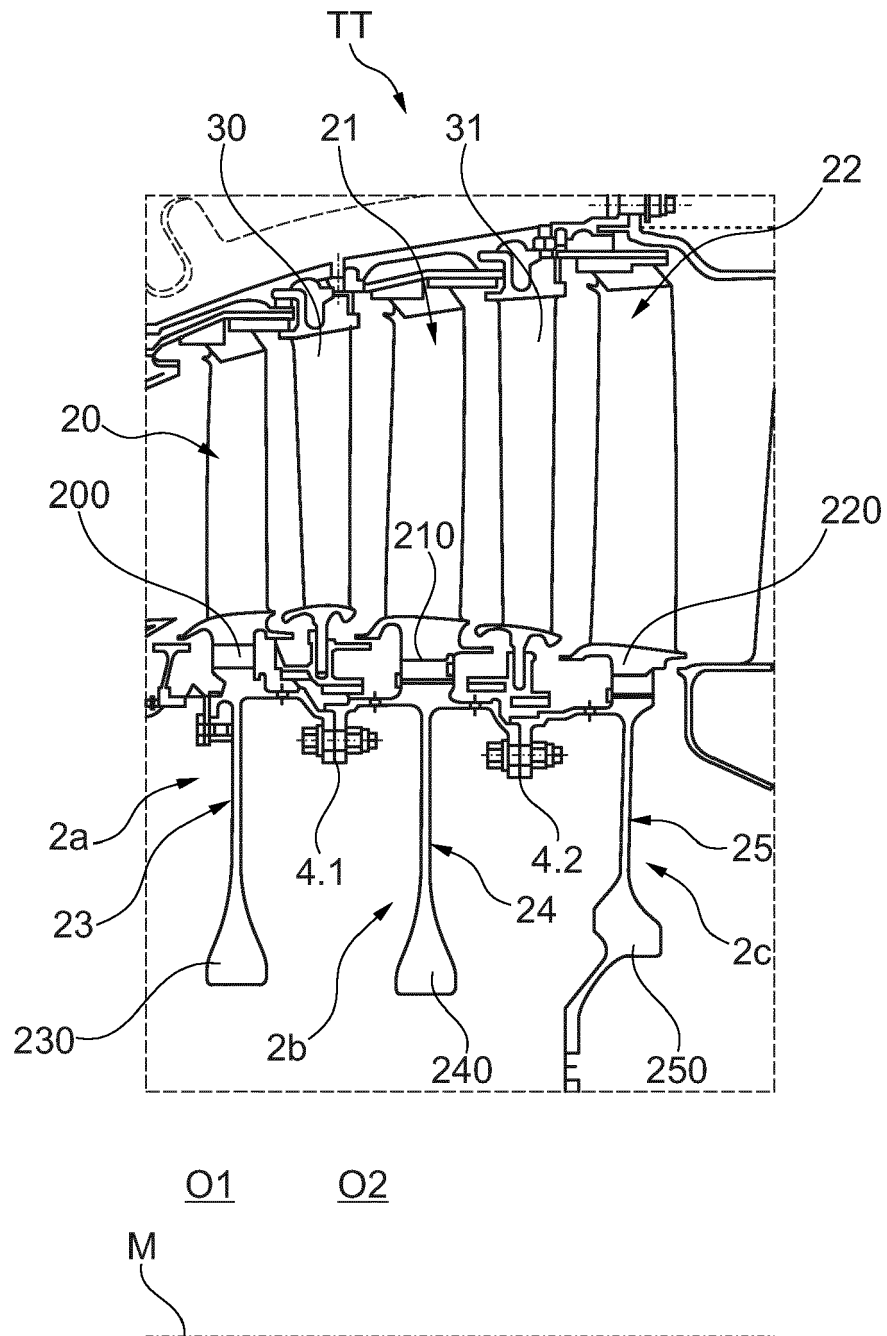


Fig. 5
STAND DER TECHNIK

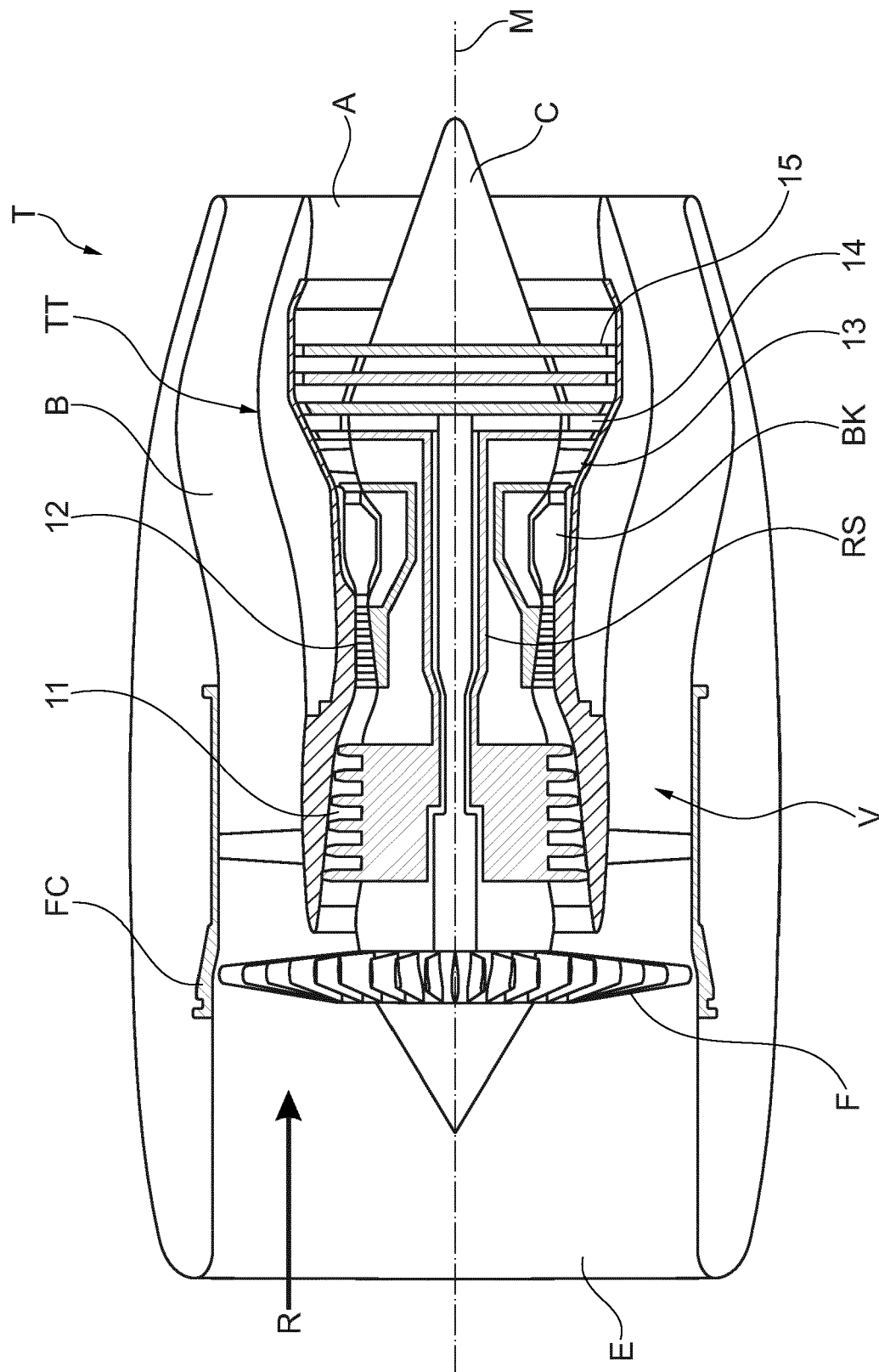


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 17 19 5629

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	US 5 660 526 A (RESS ROBERT A JR [US]) 26. August 1997 (1997-08-26) * Abbildungen 3-6 * * Spalte 3, Zeile 9 - Spalte 6, Zeile 25 * -----	1-3,5-8, 15 9-14	INV. F01D5/02
X	US 3 610 777 A (WAGLE JOSEPH A) 5. Oktober 1971 (1971-10-05) * Abbildungen 1-4 * * Spalte 2, Zeile 11 - Spalte 4, Zeile 23 * * -----	1-6,9, 11,15	
X	US 1 325 208 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 16. Dezember 1919 (1919-12-16) * Abbildung 1 * * Seite 1, Zeile 63 - Zeile 110 * * -----	1-6,15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. Januar 2018	Prüfer Lutoschkin, Eugen
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 17 19 5629

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.

25-01-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5660526 A	26-08-1997	DE 69629332 D1	11-09-2003
		DE 69629332 T2	19-08-2004
		EP 0747573 A1	11-12-1996
		JP 3153764 B2	09-04-2001
		JP H0921301 A	21-01-1997
		US 5660526 A	26-08-1997

US 3610777 A	05-10-1971	CA 929863 A	10-07-1973
		GB 1296310 A	15-11-1972
		US 3610777 A	05-10-1971

US 1325208 A	16-12-1919	KEINE	

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 10163951 C1 [0003] [0004]
- DE 10218459 B3 [0003] [0004]