



(11)

EP 3 591 237 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.01.2020 Patentblatt 2020/02

(51) Int Cl.:
F04D 29/52 (2006.01) F04D 29/68 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19181591.9**

(22) Anmeldetag: **21.06.2019**

(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:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **03.07.2018 DE 102018116062**

(71) Anmelder:
• **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)
• **Technische Universität Darmstadt**
64289 Darmstadt (DE)

(72) Erfinder:
• **Becker, Bernd**
12305 Berlin (DE)
• **Giersch, Thomas**
15711 Königs Wusterhausen (DE)
• **Grothe, Patrick**
10318 Berlin (DE)
• **Heinichen, Frank**
12101 Berlin (DE)
• **Jüngst, Maximilian**
60389 Frankfurt am Main (DE)

(74) Vertreter: **Müller, Wolfram Hubertus**
Patentanwalt
Teltower Damm 15
14169 Berlin (DE)

(54) **STRUKTURBAUGRUPPE FÜR EINEN VERDICHTER EINER STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Strukturbaugruppe für einen Verdichter einer Strömungsmaschine, die ein Laufrad (6) mit einer Mehrzahl von Schaufeln (60), die sich in einem Strömungspfad (25) der Strömungsmaschine radial erstrecken, und ein Verdichtergehäuse (4) aufweist, das eine Strömungspfadberandung (410) ausbildet, die den Strömungspfad (25) durch die Strömungsmaschine radial außen begrenzt. Dabei weist das Verdichtergehäuse (4) angrenzend an das Laufrad (6) eine Gehäusestrukturierung (8) auf. Es ist vorgesehen, dass das Verdichtergehäuse (4) eine Mehrzahl von Umfangssegmenten (41, 42) aufweist, die sich in Umfangsrichtung erstrecken, wobei nur eines oder nur einige der Umfangssegmente (41) eine Gehäusestrukturierung (8) ausbilden.

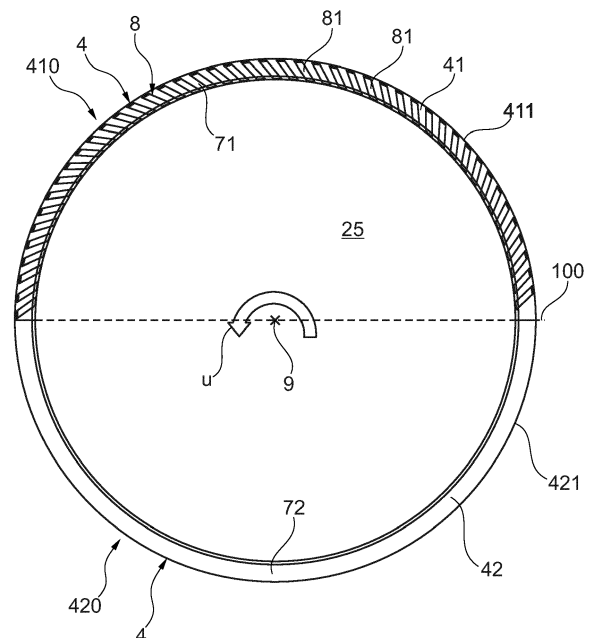


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strukturbaugruppe für einen Verdichter einer Strömungsmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Es ist grundsätzlich bekannt, Fans und Axialverdichter von Strömungsmaschinen mit einer Gehäusestrukturierung, auch als "Casing Treatment" bezeichnet, zu versehen. Zu einer solchen Gehäusestrukturierung sind eine Vielzahl von Bauformen bekannt, die den beiden Hauptgruppen umfangssymmetrisch (zum Beispiel in Form von Umfangsnuten) oder umfangsdiskret (zum Beispiel in Form von Axialnuten) zugeordnet werden. Ziel einer Gehäusestrukturierung ist es, den stabilen, d.h. stall- bzw. pumpfreien Arbeitsbereich des Verdichters zu erweitern.

[0003] So ist es bekannt, dass die Schaufeln von Verdichtern eines Triebwerks nichtsymmetrische Schwingungen erfahren. Ein dabei auftretendes Phänomen ist als rotierende Ablösung ("rotating stall") bekannt (auch als Abreißflattern - "stall flutter" - bezeichnet). Bei der rotierenden Ablösung bilden sich an den Schaufelspitzen der Laufschaufeln instabile lokale Zellen, in denen die Strömung lokal abreißt. Diese Zellen können im rotierenden Bezugssystem in Umfangsrichtung entgegen dem Drehsinn des Schaufelrads wandern. Die rotierende Ablösung regt in nachteiliger Weise die einzelnen Schaufeln zu Schwingungen bzw. Vibrationen an, wodurch die Lebensdauer der Schaufeln reduziert wird. Auch ein Schaufelversagen infolge von Resonanz ist möglich, wenn die periodischen Anregungen im Bereich der Eigenschwingungen der Schaufeln liegen.

[0004] Aus der CN 201190695 Y ist es bekannt, unterschiedliche Gehäusestrukturierungen entlang des Umfangs eines Verdichtergehäuses bereitzustellen.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Strukturbaugruppe für einen Verdichter einer Strömungsmaschine bereitzustellen, die in effektiver Weise eine Gehäusestrukturierung realisiert.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Strukturbaugruppe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Danach betrachtet die Erfindung eine Strukturbaugruppe für einen Verdichter einer Strömungsmaschine, die ein Laufrad mit einer Mehrzahl von Schaufeln aufweist, die sich in einem Strömungspfad der Strömungsmaschine radial erstrecken. Es ist ein Verdichtergehäuse vorgesehen, das eine Strömungspfadberandung ausbildet, die den Strömungspfad durch die Strömungsmaschine radial außen begrenzt. Das Verdichtergehäuse weist angrenzend an das Laufrad eine Gehäusestrukturierung auf. Eine Gehäusestrukturierung strukturiert die Strömungspfadberandung, d. h. den Wandbereich des Verdichtergehäuses, der den Strömungspfad begrenzt, wobei grundsätzlich beliebige, im Stand der Technik bekannte Gehäusestrukturierungen Einsatz finden können.

[0008] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Verdichtergehäuse eine Mehrzahl von Umfangssegmenten aufweist, die sich in Umfangsrichtung erstrecken. Dabei bildet nur eines oder bilden nur einige der Umfangssegmente eine Gehäusestrukturierung aus, während die anderen Umfangssegmente ohne eine Gehäusestrukturierung ausgebildet sind. Ein Umfangssegment ist dabei ein sich in Umfangsrichtung erstreckendes Segment des Verdichtergehäuses, das an den Strömungspfad angrenzt. Die einzelnen Umfangssegmente schließen in Umfangsrichtung aneinander an. Mindestens ein Umfangssegment, aber nicht alle Umfangssegmente bilden dabei eine Gehäusestrukturierung aus, so dass das Verdichtergehäuse in Bezug auf die Gehäusestrukturierung Variationen aufweist.

[0009] Die Erfindung wirkt wirksam einer rotierenden Ablösung entgegen. Die durch die Erfindung bereitgestellte Variation der Gehäusestrukturierung in Umfangsrichtung dahingehend, dass nur eines oder nur einige der Umfangssegmente eine Gehäusestrukturierung aufweisen, bewirkt, dass die Kohärenz der sich bildenden rotierenden Abrissmuster gestört wird. Dadurch wird einer lokal einsetzenden Strömungsablösung an den jeweiligen Schaufelspitzen entgegengewirkt. Die Erfindung unterdrückt somit die Ausbildung von kohärenten Ablösevorgängen an der Blattspitze und damit von Rotor-Schwingungen. Dadurch wird der stabile Arbeitsbereich des Verdichters und der Strömungsmaschine insgesamt signifikant vergrößert.

[0010] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das Verdichtergehäuse eine obere Gehäusehälfte und eine untere Gehäusehälfte aufweist, die sich jeweils in Umfangsrichtung über einen Umfangsbereich von 180° erstrecken, und dass das Umfangssegment oder die Umfangssegmente, die eine Gehäusestrukturierung ausbilden, in der oberen Gehäusehälfte des Verdichtergehäuses ausgebildet sind.

[0011] Dieser Erfindungsaspekt sieht somit vor, die Gehäusestrukturierung nur in einem oder mehreren Umfangssegmenten vorzunehmen, die in der oberen Gehäusehälfte des Verdichtergehäuses ausgebildet sind. Hierdurch wird ein sicherer und effektiver Betrieb des Verdichters, in den die Strukturbaugruppe integriert ist, sichergestellt. Denn durch die Vermeidung einer Gehäusestrukturierung in der unteren Gehäusehälfte des Verdichtergehäuses wird die Gefahr vermieden, dass die Gehäusestrukturierung durch Eis verblockt wird, für welchen Fall ein zumindest temporärer Verlust der Funktionalität vorliegt.

[0012] Es wird darauf hingewiesen, dass die Aussage, dass das Verdichtergehäuse eine obere Gehäusehälfte und eine untere Gehäusehälfte aufweist, eine lediglich geometrische Aussage ist, die nichts über die Struktur des Verdichtergehäuses des bzw. der Gehäusehälfte aussagt. Die obere Gehäusehälfte ist der obere Bereich des Verdichtergehäuses und die untere Gehäusehälfte der untere Bereich des Verdichtergehäuses ist. Es kann sich um lediglich gedachte Bereiche handeln, wobei die bei-

den Bereiche durch eine horizontale Ebene voneinander getrennt sind. Die Begriffe "obere" und "untere" berücksichtigen dabei, dass sich die Strukturbaugruppe und das Verdichtergehäuse im Gravitationsfeld der Erde befinden, wodurch automatisch eine vertikale Richtung definiert ist. Ausgehend von einem Vektor, der entsprechend dem Gravitationsfeld nach unten zeigt und den Winkel von 0° definiert, erstreckt sich die obere Gehäusehälfte in einem Winkelbereich zwischen 90° und 270° und die untere Gehäusehälfte in einem Winkelbereich zwischen 270 und 90°.

[0013] Es wird weiter darauf hingewiesen, dass für den Fall, dass mehr als ein Umfangssegment eine Gehäusestrukturierung aufweist, die Umfangssegmente mit Gehäusestrukturierung unterschiedliche Gehäusestrukturierungen aufweisen können, wobei natürlich auch eine identische Gehäusestrukturierung vorgesehen sein kann. Ausführungsbeispiele sehen vor, dass mehrere aneinandergrenzende Umfangssegmente mit unterschiedlicher Gehäusestrukturierung ausgebildet sind, beispielsweise in der oberen Gehäusehälfte, oder dass mehrere durch Bereiche ohne Gehäusestrukturierung getrennte Umfangssegmente mit Gehäusestrukturierung ausgebildet sind.

[0014] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Umfangssegmente den gleichen Erstreckungswinkel in Umfangsrichtung aufweisen. Dies ist jedoch nicht notwendigerweise der Fall. In Ausgestaltungen der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Erstreckung der Umfangssegmente in Umfangsrichtung, also der Erstreckungswinkel variiert.

[0015] Die Abfolge der Umfangssegmente kann des Weiteren umfangssymmetrisch oder umfangsasymmetrisch erfolgen, wobei Umfangsasymmetrie bedeutet, dass außer den Winkeln 0° und 360° keine Winkel existieren, bei denen die Abfolge der Umfangssegmente bei einer Drehung auf sich selbst abgebildet wird, d.h. zu einer gleichen Gesamtstrukturierung führt.

[0016] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das Verdichtergehäuse genau zwei Umfangssegmente aufweist, wobei ein oberes Umfangssegment in der oberen Gehäusehälfte und ein unteres Umfangssegment in der unteren Gehäusehälfte ausgebildet ist. Dabei ist die Gehäusestrukturierung ausschließlich in dem oberen Umfangssegment ausgebildet. Eine Ausführungsvariante hierzu kann vorsehen, dass beide Umfangssegmente sich jeweils über einen Umfangswinkel von 180° erstrecken. Dies ist jedoch nicht notwendigerweise der Fall. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass das obere Umfangssegment, das eine Gehäusestrukturierung ausbildet, sich über mehr oder weniger als 180° in Umfangsrichtung erstreckt, während das untere Umfangssegment sich dementsprechend über weniger oder mehr als 180° in Umfangsrichtung erstreckt.

[0017] Sofern beide Umfangssegmente sich jeweils über einen Umfangswinkel von 180° erstrecken, sind die beiden Umfangssegmente des Verdichtergehäuses zumindest näherungsweise als Halbzylinder ausgebildet.

[0018] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist das Verdichtergehäuse durch ein zweigeteiltes Gehäuse gebildet, das zwei Teile ausbildet, die sich jeweils über 180° in Umfangsrichtung erstrecken. Ein solches Verdichtergehäuse wird auch als "split casing" gezeichnet. Im Falle der Ausbildung des Verdichtergehäuses durch ein zweigeteiltes Gehäuse bietet sich in besonderem Maße an, dass das Verdichtergehäuse zwei Umfangssegmente mit einem Umfangswinkel von jeweils 180° aufweist, wobei die Teilungsebene zwischen den beiden Teilen des Verdichtergehäuses gleichzeitig die Grenze zwischen den beiden Umfangssegmente mit und ohne Gehäusestrukturierung darstellt. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass zwei Umfangssegmente mit einem Umfangswinkel von jeweils 180° bei Verdichtergehäusen ausgebildet sind, die nicht zweigeteilt sind.

[0019] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass mindestens ein Umfangssegment des Verdichtergehäuses einen Einlaufbelag aufweist. Der Einlaufbelag bildet dabei die Strömungspfadberandung des Verdichtergehäuses. Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist der Einlaufbelag Teil des Verdichtergehäuses. Die Verwendung eines Einlaufbelags, auch als Anstreifbelag oder "Liner" bezeichnet, ermöglicht enge Laufspalte zwischen den Spitzen der Rotorschaukeln und dem umgebenden Gehäuse, wodurch gute Verdichter-Leistungswerte erzielt werden können.

[0020] Dabei sind eine Vielzahl von Varianten möglich. Gemäß einer Variante weist zumindest ein Umfangssegment, das eine Gehäusestrukturierung aufweist, einen Einlaufbelag auf, wobei die Gehäusestrukturierung in dem Einlaufbelag ausgebildet ist. Dies ist mit dem Vorteil verbunden, dass die Gehäusestrukturierung nicht an dem eigentlichen Verdichtergehäuse (also in der metallischen Gehäusewand des Verdichtergehäuses), sondern an dem Einlaufbelag erfolgen kann. Hierdurch kann in einfacher Weise eine Gehäusestrukturierung bereitgestellt werden.

[0021] Dabei kann vorgesehen sein, dass das obere Umfangssegment einen Einlaufbelag aufweist, der eine Gehäusestrukturierung ausbildet, und das untere Umfangssegment einen Einlaufbelag ohne Gehäusestrukturierung ausbildet. Hierdurch werden entlang des gesamten Umfangs des Verdichtergehäuses enge Laufspalte zwischen den Schaufelspitzen und der Strömungspfadbegrenzung erreicht.

[0022] Eine weitere Variante sieht vor, dass nur das Umfangssegment oder nur die Umfangssegmente, die keine Gehäusestrukturierung ausbilden, einen Einlaufbelag aufweisen, während die Gehäusestrukturierung am eigentlichen Verdichtergehäuse, d.h. in der Gehäusewand des Verdichtergehäuses ausgebildet ist.

[0023] Für den Fall, dass nur eines oder nur einige der Umfangssegmente einen Einlaufbelag aufweisen, kann vorgesehen sein, dass die Umfangssegmente zwei unterschiedliche Häuseradien aufweisen (wobei der Häuseradius sich auf die Gehäusewand des eigentlichen Verdichtergehäuses und nicht auf den Radius des Ein-

laufbelags bezieht). Dabei ist der Gehäuseradius eines Umfangssegments, das einen Einlaufbelag aufweist, größer als der Gehäuseradius eines Umfangssegments, das keinen Einlaufbelag aufweist. Durch Umfangssegmente mit unterschiedlichen Radien kann erreicht werden, dass trotz des Umstands, dass ein Einlaufbelag nur in Teilsegmenten und nicht über 360° im Verdichtergehäuse ausgebildet ist, ein einheitlicher Radius der radial äußeren Strömungspfadbegrenzung realisiert ist.

[0024] Die Gehäusestrukturierung ist in einer Ausgestaltung umfangsdiskret ausgebildet und weist bei dieser Ausgestaltung beispielsweise Umfangsnuten auf, die sich jeweils in Umfangsrichtung erstrecken, wobei die Umfangsnuten in axialer Richtung beabstandet sind.

[0025] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die Gehäusestrukturierung umfangsdiskret ausgebildet. Sie weist bei dieser Ausgestaltung beispielsweise Axialnuten auf, die sich jeweils über eine definierte Länge in axialer Richtung erstrecken, wobei die Axialnuten in Umfangsrichtung beabstandet sind. Eine Ausführungsvariante hierzu sieht vor, dass die Gehäusestrukturierung in Form von Halbherz-Axialnuten ausgebildet ist. Eine Gehäusestrukturierung in Form von Halbherz-Axialnuten ist beispielsweise aus der DE 10 2007 056 953 A1 bekannt, auf die insofern Bezug genommen wird.

[0026] In weiteren Varianten sind die Umfangsnuten oder Axialnuten mit rechteckigem oder parallelogrammförmigem Querschnitt vorgesehen. Auch kann vorgesehen sein, dass die Gehäusestrukturierung über Rezirkulationskanäle anstatt von Nuten erfolgt. Dabei ist vorgesehen, dass ein Rezirkulationskanal an der Strömungspfadberandung zwei Öffnungen miteinander verbindet, nämlich eine Entnahmeöffnung mit einer weiter stromauf vorgesehene Zuführöffnung. Solche Zirkulationskanäle sind beispielsweise aus der DE 10 2008 037 154 A1 bekannt, auf die insofern Bezug genommen wird.

[0027] Das Laufrad der erfindungsgemäß betrachteten Strukturbaugruppe kann ein Fan, das Laufrad eines Niederdruckverdichters, das Laufrad eines Mitteldruckverdichters oder das Laufrad eines Hochdruckverdichters sein. Es kann durch die erste Stufe (Verdichtereingangsstufe) oder eine eingebettete Stufe des Verdichters gebildet sein.

[0028] Dabei kann vorgesehen sein, dass das Laufrad in BLISK-Bauweise ausgebildet. Bei Laufrädern in BLISK-Bauweise ergeben sich in besonderem Maße Probleme durch eine rotierende Ablösung, denen durch die vorliegende Erfindung entgegengewirkt wird.

[0029] Ein Ausführungsbeispiel sieht vor, dass das Laufrad ein in BLISK-Bauweise ausgebildeter Fan ist.

[0030] Ein weiteres Ausführungsbeispiel sieht vor, dass das Laufrad ein in BLISK-Bauweise ausgebildetes Laufrad einer Verdichtereingangsstufe eines Verdichters ist. Eine solche Verdichtereingangsstufe umfasst des Weiteren einen Stator mit im Staffelungswinkel verstellbaren Statorschaufeln, der vor dem ersten Rotors des Verdichters angeordnet ist. Ein solcher Stator wird als Eintrittsleitrad oder Vorleitrad bzw. als IGV (IGV - Inlet

Guide Vane) bezeichnet. Eintrittsleiträder erhöhen den Drall in der Strömung und verbessern den Arbeitsbereich eines Verdichters. In Verbindung mit der Bereitstellung einer Umfangsstrukturierung nur in Umfangssegmenten erfolgt in besonderem Maße eine Erweiterung des Arbeitsbereichs des Verdichters.

[0031] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Gehäusestrukturierung angrenzend an die Vorderkante der Laufschaufeln im Verdichtergehäuse ausgebildet ist. Sie erstreckt sich dabei in einem Bereich, der bezogen auf die axiale Richtung vor der Vorderkante der Laufschaufeln beginnt und hinter der Vorderkante der Laufschaufeln endet.

[0032] In einem weiteren Erfindungsaspekt stellt die Erfindung eine Strukturbaugruppe für einen Verdichter einer Strömungsmaschine bereit, die aufweist:

- ein in BLISK-Bauweise ausgebildetes Laufrad mit einer Mehrzahl von Schaufeln, die sich in einem Strömungspfad der Strömungsmaschine radial erstrecken,
- ein Verdichtergehäuse, das eine Strömungspfadberandung ausbildet, die den Strömungspfad durch die Strömungsmaschine radial außen begrenzt, wobei
- das Verdichtergehäuse eine obere Gehäusehälfte und eine untere Gehäusehälfte aufweist, die sich jeweils in Umfangsrichtung über einen Umfangsbereich von 180° erstrecken,
- das Verdichtergehäuse angrenzend an das Laufrad eine Gehäusestrukturierung aufweist,
- das Verdichtergehäuse zwei Umfangssegmente aufweist, die sich jeweils über einen Umfangswinkel von 180° erstrecken, wobei ein oberes Umfangssegment in der oberen Gehäusehälfte und ein unteres Umfangssegment in der unteren Gehäusehälfte ausgebildet ist,
- wobei die Gehäusestrukturierung ausschließlich in dem oberen Umfangssegment ausgebildet ist.

[0033] In einem weiteren Erfindungsaspekt betrifft die Erfindung ein Gasturbinentriebwerk, insbesondere für ein Luftfahrzeug, mit einer erfindungsgemäßen Strukturbaugruppe. Dabei kann vorgesehen sein, dass das Gasturbinentriebwerk aufweist:

- einen Triebwerkskern, der eine Turbine, einen Verdichter mit einer erfindungsgemäßen Strukturbaugruppe und eine die Turbine mit dem Verdichter verbindende, als Hohlwelle ausgebildete Turbinenwelle umfasst;
- einen Fan, der stromaufwärts des Triebwerkskerns positioniert ist, wobei der Fan mehrere Fanschaufeln umfasst; und
- ein Getriebe, das einen Eingang von der Turbinenwelle empfängt und Antrieb für den Fan zum Antreiben des Fans mit einer niedrigeren Drehzahl als die Turbinenwelle abgibt.

[0034] Eine Ausgestaltung hierzu kann vorsehen, dass

- die Turbine eine erste Turbine ist, der Verdichter ein erster Verdichter ist und die Turbinenwelle eine erste Turbinenwelle ist;
- der Triebwerkskern ferner eine zweite Turbine, einen zweiten Verdichter und eine zweite Turbinenwelle, die die zweite Turbine mit dem zweiten Verdichter verbindet, umfasst; und
- die zweite Turbine, der zweite Verdichter und die zweite Turbinenwelle dahingehend angeordnet sind, sich mit einer höheren Drehzahl als die erste Turbinenwelle zu drehen.

[0035] Es wird darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung bezogen auf ein zylindrisches Koordinatensystem beschrieben ist, das die Koordinaten x , r und φ aufweist. Dabei gibt x die axiale Richtung, r die radiale Richtung und φ den Winkel in Umfangsrichtung an. Die axiale Richtung ist dabei identisch mit der Maschinenachse eines Gasturbinentriebwerks, in dem die Strukturbaugruppe angeordnet ist. Von der x -Achse ausgehend zeigt die radiale Richtung radial nach außen. Begriffe wie "vor", "hinter", "vordere" und "hintere" beziehen sich auf die axiale Richtung bzw. die Strömungsrichtung im Triebwerk. Begriffe wie "äußere" oder "innere" beziehen sich auf die radiale Richtung.

[0036] Wie hier an anderer Stelle angeführt wird, kann sich die vorliegende Offenbarung auf ein Gasturbinentriebwerk beziehen. Solch ein Gasturbinentriebwerk kann einen Triebwerkskern umfassen, der eine Turbine, einen Brennraum, einen Verdichter und eine die Turbine mit dem Verdichter verbindende Kernwelle umfasst. Solch ein Gasturbinentriebwerk kann ein Gebläse (mit Gebläseschaufeln) umfassen, das stromaufwärts des Triebwerkskerns positioniert ist.

[0037] Anordnungen der vorliegenden Offenbarung können insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, für Gebläse, die über ein Getriebe angetrieben werden, von Vorteil sein. Entsprechend kann das Gasturbinentriebwerk ein Getriebe umfassen, das einen Eingang von der Kernwelle empfängt und Antrieb für das Gebläse zum Antreiben des Gebläses mit einer niedrigeren Drehzahl als die Kernwelle abgibt. Der Eingang für das Getriebe kann direkt von der Kernwelle oder indirekt von der Kernwelle, beispielsweise über eine Stirnwelle und/oder ein Stirnzahnrad, erfolgen. Die Kernwelle kann mit der Turbine und dem Verdichter starr verbunden sein, so dass sich die Turbine und der Verdichter mit derselben Drehzahl drehen (wobei sich das Gebläse mit einer niedrigeren Drehzahl dreht).

[0038] Das Gasturbinentriebwerk, das hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann eine beliebige geeignete allgemeine Architektur aufweisen. Beispielsweise kann das Gasturbinentriebwerk eine beliebige gewünschte Anzahl an Wellen, die Turbinen und Verdichter verbinden, beispielsweise eine, zwei oder drei Wellen, aufweisen. Lediglich beispielhaft kann die mit der Kern-

welle verbundene Turbine eine erste Turbine sein, der mit der Kernwelle verbundene Verdichter kann ein erster Verdichter sein und die Kernwelle kann eine erste Kernwelle sein. Der Triebwerkskern kann ferner eine zweite Turbine, einen zweiten Verdichter und eine zweite Kernwelle, die die zweite Turbine mit dem zweiten Verdichter verbindet, umfassen. Die zweite Turbine, der zweite Verdichter und die zweite Kernwelle können dahingehend angeordnet sein, sich mit einer höheren Drehzahl als die erste Kernwelle zu drehen.

[0039] Bei solch einer Anordnung kann der zweite Verdichter axial stromabwärts des ersten Verdichters positioniert sein. Der zweite Verdichter kann dahingehend angeordnet sein, Strömung von dem ersten Verdichter aufzunehmen (beispielsweise direkt aufzunehmen, beispielsweise über einen allgemein ringförmigen Kanal).

[0040] Das Getriebe kann dahingehend angeordnet sein, von der Kernwelle, die dazu konfiguriert ist, sich (beispielsweise im Gebrauch) mit der niedrigsten Drehzahl zu drehen, (beispielsweise die erste Kernwelle in dem obigen Beispiel) angetrieben zu werden. Beispielsweise kann das Getriebe dahingehend angeordnet sein, lediglich von der Kernwelle, die dazu konfiguriert ist, sich (beispielsweise im Gebrauch) mit der niedrigsten Drehzahl zu drehen, (beispielsweise nur von der ersten Kernwelle und nicht der zweiten Kernwelle bei dem obigen Beispiel) angetrieben zu werden. Alternativ dazu kann das Getriebe dahingehend angeordnet sein, von einer oder mehreren Wellen, beispielsweise der ersten und/oder der zweiten Welle in dem obigen Beispiel, angetrieben zu werden.

[0041] Bei einem Gasturbinentriebwerk, das hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann ein Brennraum axial stromabwärts des Gebläses und des Verdichters (der Verdichter) vorgesehen sein. Beispielsweise kann der Brennraum direkt stromabwärts des zweiten Verdichters (beispielsweise an dessen Ausgang) liegen, wenn ein zweiter Verdichter vorgesehen ist. Als ein weiteres Beispiel kann die Strömung am Ausgang des Verdichters dem Einlass der zweiten Turbine zugeführt werden, wenn eine zweite Turbine vorgesehen ist. Der Brennraum kann stromaufwärts der Turbine (der Turbinen) vorgesehen sein.

[0042] Der oder jeder Verdichter (beispielsweise der erste Verdichter und der zweite Verdichter gemäß obiger Beschreibung) kann eine beliebige Anzahl an Stufen, beispielsweise mehrere Stufen, umfassen. Jede Stufe kann eine Reihe von Rotorscheaufeln und eine Reihe von Statorschaufeln, bei denen es sich um variable Statorschaufeln (dahingehend, dass ihr Anstellwinkel variabel sein kann) handeln kann, umfassen. Die Reihe von Rotorscheaufeln und die Reihe von Statorschaufeln können axial voneinander versetzt sein.

[0043] Die oder jede Turbine (beispielsweise die erste Turbine und die zweite Turbine gemäß obiger Beschreibung) kann eine beliebige Anzahl an Stufen, beispielsweise mehrere Stufen, umfassen. Jede Stufe kann eine Reihe von Rotorscheaufeln und eine Reihe von Stator-

schaufeln umfassen. Die Reihe von Rotorschaufeln und die Reihe von Statorschaufeln können axial voneinander versetzt sein.

[0044] Jede Gebläseschaufel kann mit einer radialen Spannweite definiert sein, die sich von einem Fuß (oder einer Nabe) an einer radial innenliegenden von Gas überströmten Stelle oder an einer Position einer Spannweite von 0 % zu einer Spitze an einer Position einer Spannweite von 100 % erstreckt. Das Verhältnis des Radius der Gebläseschaufel an der Nabe zu dem Radius der Gebläseschaufel an der Spitze kann weniger als (oder in der Größenordnung von): 0,4, 0,39, 0,38, 0,37, 0,36, 0,35, 0,34, 0,33, 0,32, 0,31, 0,3, 0,29, 0,28, 0,27, 0,26 oder 0,25 liegen. Das Verhältnis des Radius der Gebläseschaufel an der Nabe zu dem Radius der Gebläseschaufel an der Spitze kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Diese Verhältnisse können allgemein als das Nabe-Spitze-Verhältnis bezeichnet werden. Der Radius an der Nabe und der Radius an der Spitze können beide an dem vorderen Randteil (oder dem axial am weitesten vorne liegenden Rand) der Schaufel gemessen werden. Das Nabe-Spitze-Verhältnis bezieht sich natürlich auf den von Gas überströmten Abschnitt der Gebläseschaufel, d. h. den Abschnitt, der sich radial außerhalb jeglicher Plattform befindet.

[0045] Der Radius des Gebläses kann zwischen der Mittellinie des Triebwerks und der Spitze der Gebläseschaufel an ihrem vorderen Rand gemessen werden. Der Durchmesser des Gebläses (der einfach das Doppelte des Radius des Gebläses sein kann) kann größer als (oder in der Größenordnung von): 250 cm (etwa 100 Inch), 260 cm, 270 cm (etwa 105 Inch), 280 cm (etwa 110 Inch), 290 cm (etwa 115 Inch), 300 cm (etwa 120 Inch), 310 cm, 320 cm (etwa 125 Inch), 330 cm (etwa 130 Inch), 340 cm (etwa 135 Inch), 350 cm, 360 cm (etwa 140 Inch), 370 cm (etwa 145 Inch), 380 cm (etwa 150 Inch) oder 390 cm (etwa 155 Inch) sein (liegen). Der Gebläsedurchmesser kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

[0046] Die Drehzahl des Gebläses kann im Gebrauch variieren. Allgemein ist die Drehzahl geringer für Gebläse mit einem größeren Durchmesser. Lediglich als ein nicht einschränkendes Beispiel kann die Drehzahl des Gebläses bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen weniger als 2500 U/min, beispielsweise weniger als 2300 U/min, betragen. Lediglich als ein weiteres nicht einschränkendes Beispiel kann auch die Drehzahl des Gebläses bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen für ein Triebwerk mit einem Gebläsedurchmesser im Bereich von 250 cm bis 300 cm (beispielsweise 250 cm bis 280 cm) im Bereich von 1700 U/min bis 2500 U/min, beispielsweise im Bereich von 1800 U/min bis 2300 U/min, beispielsweise im Bereich von 1900 U/min bis 2100 U/min, liegen. Lediglich als ein weiteres nicht einschränkendes Beispiel

kann die Drehzahl des Gebläses bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen für ein Triebwerk mit einem Gebläsedurchmesser im Bereich von 320 cm bis 380 cm in dem Bereich von 1200 U/min bis 2000 U/min, beispielsweise in dem Bereich von 1300 U/min bis 1800 U/min, beispielsweise in dem Bereich von 1400 U/min bis 1600 U/min, liegen.

[0047] Im Gebrauch des Gasturbinentriebwerks dreht sich das Gebläse (mit zugehörigen Gebläseschaufeln) um eine Drehachse. Diese Drehung führt dazu, dass sich die Spitze der Gebläseschaufel mit einer Geschwindigkeit U_{Spitze} bewegt. Die von den Gebläseschaufeln an der Strömung verrichtete Arbeit resultiert in einem Anstieg der Enthalpie dH der Strömung. Eine Gebläsespitzenbelastung kann als dH/U_{Spitze}^2 definiert werden, wobei dH der Enthalpieanstieg (beispielsweise der durchschnittliche 1-D-Enthalpieanstieg) über das Gebläse hinweg ist und U_{Spitze} die (Translations-) Geschwindigkeit der Gebläsespitze, beispielsweise an dem vorderen Rand der Spitze, ist (die als Gebläsespitzenradius am vorderen Rand multipliziert mit der Winkelgeschwindigkeit definiert werden kann). Die Gebläsespitzenbelastung bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen kann mehr als (oder in der Größenordnung von): 0,3, 0,31, 0,32, 0,33, 0,34, 0,35, 0,36, 0,37, 0,38, 0,39 oder 0,4 betragen (liegen) (wobei alle Einheiten in diesem Abschnitt $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}/(\text{ms}^{-1})^2$ sind). Die Gebläsespitzenbelastung kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

[0048] Gasturbinentriebwerke gemäß der vorliegenden Offenbarung können ein beliebiges gewünschtes Bypassverhältnis aufweisen, wobei das Bypassverhältnis als das Verhältnis des Massendurchsatzes der Strömung durch den Bypasskanal zu dem Massendurchsatz der Strömung durch den Kern bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen definiert wird. Bei einigen Anordnungen kann das Bypassverhältnis mehr als (in der Größenordnung von): 10, 10,5, 11, 11,5, 12, 12,5, 13, 13,5, 14, 14,5, 15, 15,5, 16, 16,5 oder 17 betragen (liegen). Das Bypassverhältnis kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Der Bypasskanal kann im Wesentlichen ringförmig sein. Der Bypasskanal kann sich radial außerhalb des Triebwerkskerns befinden. Die radial äußere Fläche des Bypasskanals kann durch eine Triebwerksgondel und/oder ein Gebläsegehäuse definiert werden.

[0049] Das Gesamtdruckverhältnis eines Gasturbinentriebwerks, das hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann als das Verhältnis des Staudrucks stromaufwärts des Gebläses zu dem Staudruck am Ausgang des Hochdruckverdichters (vor dem Eingang in den Brennraum) definiert werden. Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann das Gesamtdruckverhältnis eines Gasturbinentriebwerks, das hier beschrieben

und/oder beansprucht wird, bei Konstantgeschwindigkeit mehr als (oder in der Größenordnung von): 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 betragen (liegen). Das Gesamt-druckverhältnis kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

[0050] Der spezifische Schub eines Triebwerks kann als der Nettoschub des Triebwerks dividiert durch den Gesamtmassenstrom durch das Triebwerk hindurch definiert werden. Bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen kann der spezifische Schub eines Triebwerks, das hier beschrieben und/oder beansprucht wird, weniger als (oder in der Größenordnung von): $110 \text{ Nkg}^{-1}\text{s}$, $105 \text{ Nkg}^{-1}\text{s}$, $100 \text{ Nkg}^{-1}\text{s}$, $95 \text{ Nkg}^{-1}\text{s}$, $90 \text{ Nkg}^{-1}\text{s}$, $85 \text{ Nkg}^{-1}\text{s}$ oder $80 \text{ Nkg}^{-1}\text{s}$ betragen (liegen). Der spezifische Schub kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Solche Triebwerke können im Vergleich zu herkömmlichen Gasturbinentriebwerken besonders effizient sein.

[0051] Ein Gasturbinentriebwerk, das hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann einen beliebigen gewünschten Höchstschub aufweisen. Lediglich als ein nicht einschränkendes Beispiel kann eine Gasturbine, die hier beschrieben und/oder beansprucht wird, zur Erzeugung eines Höchstschubs von mindestens (oder in der Größenordnung von): 160kN, 170kN, 180kN, 190kN, 200kN, 250kN, 300kN, 350kN, 400kN, 450kN, 500kN oder 550kN in der Lage sein. Der Höchstschub kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Der Schub, auf den oben Bezug genommen wird, kann der Nettohöchstschub bei standardmäßigen atmosphärischen Bedingungen auf Meereshöhe plus 15 Grad C (Umgebungsdruck 101,3 kPa, Temperatur 30 Grad C) bei statischem Triebwerk sein.

[0052] Im Gebrauch kann die Temperatur der Strömung am Eingang der Hochdruckturbine besonders hoch sein. Diese Temperatur, die als TET bezeichnet werden kann, kann an dem Ausgang zum Brennraum, beispielsweise unmittelbar stromaufwärts der ersten Turbinenschaufel, die wiederum als eine Düsenleitschaufel bezeichnet werden kann, gemessen werden. Bei Konstantgeschwindigkeit kann die TET mindestens (oder in der Größenordnung von): 1400K, 1450K, 1500K, 1550K, 1600K oder 1650K betragen (liegen). Die TET bei Konstantgeschwindigkeit kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Die maximale TET im Gebrauch des Triebwerks kann beispielsweise mindestens (oder in der Größenordnung von): 1700K, 1750K, 1800K, 1850K, 1900K, 1950K oder 2000K betragen (liegen). Die maximale TET kann in einem einschließenden Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere

Grenzen bilden). Die maximale TET kann beispielsweise bei einer Bedingung von hohem Schub, beispielsweise bei einer MTO-Bedingung (MTO - Maximum Take-Off thrust - maximaler Startschub), auftreten.

[0053] Eine Gebläseschaufel und/oder ein Blattabschnitt einer Gebläseschaufel, die hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann aus einem beliebigen geeigneten Material oder einer Kombination aus Materialien hergestellt werden. Beispielsweise kann zumindest ein Teil der Gebläseschaufel und/oder des Blatts zumindest zum Teil aus einem Verbundstoff, beispielsweise einem Metallmatrix-Verbundstoff und/oder einem Verbundstoff mit organischer Matrix, wie z. B. Kohlefaser, hergestellt werden. Als ein weiteres Beispiel kann zumindest ein Teil der Gebläseschaufel und/oder des Blatts zumindest zum Teil aus einem Metall, wie z. B. einem auf Titan basierendem Metall oder einem auf Aluminium basierendem Material (wie z. B. einer Aluminium-Lithium-Legierung) oder einem auf Stahl basierendem Material hergestellt werden. Die Gebläseschaufel kann mindestens zwei Bereiche umfassen, die unter Verwendung verschiedener Materialien hergestellt werden. Beispielsweise kann die Gebläseschaufel einen vorderen Schutzrand aufweisen, der unter Verwendung eines Materials hergestellt wird, das dem Aufschlagen (beispielsweise von Vögeln, Eis oder anderem Material) besser widerstehen kann als der Rest der Schaufel. Solch ein vorderer Rand kann beispielsweise unter Verwendung von Titan oder einer auf Titan basierenden Legierung hergestellt werden. Somit kann die Gebläseschaufel lediglich als ein Beispiel einen auf Kohlefaser oder Aluminium basierenden Körper (wie z. B. eine Aluminium-Lithium-Legierung) mit einem vorderen Rand aus Titan aufweisen.

[0054] Ein Gebläse, das hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann einen mittleren Abschnitt umfassen, von dem sich die Gebläseschaufeln, beispielsweise in einer radialen Richtung, erstrecken können. Die Gebläseschaufeln können auf beliebige gewünschte Art und Weise an dem mittleren Abschnitt angebracht sein. Beispielsweise kann jede Gebläseschaufel eine Fixierungsvorrichtung umfassen, die mit einem entsprechenden Schlitz in der Nabe (oder Scheibe) in Eingriff gelangen kann. Lediglich als ein Beispiel kann solch eine Fixierungsvorrichtung in Form eines Schwalbenschwanzes vorliegen, der zur Fixierung der Gebläseschaufel an der Nabe/Scheibe in einen entsprechenden Schlitz in der Nabe/Scheibe eingesteckt und/oder damit in Eingriff gebracht werden kann. Als ein weiteres Beispiel können die Gebläseschaufeln integral mit einem mittleren Abschnitt ausgebildet sein. Solch eine Anordnung kann als eine Blisk oder ein Bling bezeichnet werden. Ein beliebiges geeignetes Verfahren kann zur Herstellung solch einer Blisk oder solch eines Bling verwendet werden. Beispielsweise kann zumindest ein Teil der Gebläseschaufeln aus einem Block maschinell herausgearbeitet werden und/oder mindestens ein Teil der Gebläseschaufeln kann durch Schweißen, wie z. B. lineares Reibschweißen, an der Nabe/Scheibe angebracht werden.

[0055] Die Gasturbinentriebwerke, die hier beschrieben und/oder beansprucht werden, können oder können nicht mit einer VAN (Variable Area Nozzle - Düse mit variablem Querschnitt) versehen sein. Solch eine Düse mit variablem Querschnitt kann eine Variation des Ausgangsquerschnitts des Bypasskanals im Gebrauch gestatten. Die allgemeinen Prinzipien der vorliegenden Offenbarung können auf Triebwerke mit oder ohne eine VAN zutreffen.

[0056] Das Gebläse einer Gasturbine, die hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann eine beliebige gewünschte Anzahl an Gebläseschaufeln, beispielsweise 16, 18, 20 oder 22 Gebläseschaufeln, aufweisen.

[0057] Gemäß der hier erfolgenden Verwendung können Konstantgeschwindigkeitsbedingungen Konstantgeschwindigkeitsbedingungen eines Luftfahrzeugs, an dem das Gasturbinentriebwerk angebracht ist, bedeuten. Solche Konstantgeschwindigkeitsbedingungen können herkömmlicherweise als die Bedingungen während des mittleren Teils des Flugs definiert werden, beispielsweise die Bedingungen, denen das Luftfahrzeug und/oder das Triebwerk zwischen (hinsichtlich Zeit und/oder Entfernung) dem Ende des Steigflugs und dem Beginn des Sinkflugs ausgesetzt wird bzw. werden.

[0058] Lediglich als ein Beispiel kann die Vorwärtsgeschwindigkeit bei der Konstantgeschwindigkeitsbedingung bei einem beliebigen Punkt im Bereich von Mach 0,7 bis 0,9, beispielsweise 0,75 bis 0,85, beispielsweise 0,76 bis 0,84, beispielsweise 0,77 bis 0,83, beispielsweise 0,78 bis 0,82, beispielsweise 0,79 bis 0,81, beispielsweise in der Größenordnung von Mach 0,8, in der Größenordnung von Mach 0,85 oder in dem Bereich von 0,8 bis 0,85 liegen. Eine beliebige Geschwindigkeit innerhalb dieser Bereiche kann die Konstantfahrtbedingung sein. Bei einigen Luftfahrzeugen können die Konstantfahrtbedingungen außerhalb dieser Bereiche, beispielsweise unter Mach 0,7 oder über Mach 0,9, liegen.

[0059] Lediglich als ein Beispiel können die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen standardmäßigen atmosphärischen Bedingungen bei einer Höhe, die im Bereich von 10.000 m bis 15.000 m, beispielsweise im Bereich von 10.000 m bis 12.000 m, beispielsweise im Bereich von 10.400 m bis 11.600 m (etwa 38.000 Fuß) beispielsweise im Bereich von 10.500 m bis 11.500 m, beispielsweise im Bereich von 10.600 m bis 11.400 m, beispielsweise im Bereich von 10.700 m (etwa 35.000 Fuß) bis 11.300 m, beispielsweise im Bereich von 10.800 m bis 11.200 m, beispielsweise im Bereich von 10.900 m bis 11.100 m, beispielsweise in der Größenordnung von 11.000 m, liegt, entsprechen. Die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen können standardmäßigen atmosphärischen Bedingungen bei einer beliebigen gegebenen Höhe in diesen Bereichen entsprechen.

[0060] Lediglich als ein Beispiel können die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen Folgendem entsprechen: einer Vorwärts-Mach-Zahl von 0,8; einem Druck von 23.000 Pa und einer Temperatur von -55 Grad C.

[0061] So wie sie hier durchweg verwendet werden, können "Konstantgeschwindigkeit" oder "Konstantgeschwindigkeitsbedingungen" den aerodynamischen Auslegungspunkt bedeuten. Solch ein aerodynamischer Auslegungspunkt (oder ADP - Aerodynamic Design Point) kann den Bedingungen (darunter beispielsweise die Mach-Zahl, Umgebungsbedingungen und Schubanforderung), für die der Gebläsebetrieb ausgelegt ist, entsprechen. Dies kann beispielsweise die Bedingungen, bei denen das Gebläse (oder das Gasturbinentriebwerk) konstruktionsgemäß den optimalen Wirkungsgrad aufweist, bedeuten.

[0062] Im Gebrauch kann ein Gasturbinentriebwerk, das hier beschrieben und/oder beansprucht wird, bei den Konstantgeschwindigkeitsbedingungen, die hier an anderer Stelle definiert werden, betrieben werden. Solche Konstantgeschwindigkeitsbedingungen können von den Konstantgeschwindigkeitsbedingungen (beispielsweise den Bedingungen während des mittleren Teils des Fluges) eines Luftfahrzeugs, an dem mindestens ein (beispielsweise 2 oder 4) Gasturbinentriebwerk zur Bereitstellung von Schubkraft befestigt sein kann, bestimmt werden.

[0063] Für den Fachmann ist verständlich, dass ein Merkmal oder Parameter, das bzw. der in Bezug auf einen der obigen Aspekte beschrieben wird, bei einem beliebigen anderen Aspekt angewendet werden kann, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen. Des Weiteren kann ein beliebiges Merkmal oder ein beliebiger Parameter, das bzw. der hier beschrieben wird, bei einem beliebigen Aspekt angewendet werden und/oder mit einem beliebigen anderen Merkmal oder Parameter, das bzw. der hier beschrieben wird, kombiniert werden, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen.

[0064] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Seitenschnittansicht eines Gasturbinentriebwerks;

Figur 2 eine Seitenschnittgroßansicht eines stromaufwärtigen Abschnitts eines Gasturbinentriebwerks;

Figur 3 eine zum Teil weggeschnittene Ansicht eines Getriebes für ein Gasturbinentriebwerk;

Figur 4 schematisch eine Strukturbaugruppe, die ein Eintrittsleitrad, ein Laufrad und ein Verdichtergehäuse mit einer Gehäusestrukturierung aufweist;

Figur 5 einen Schnitt senkrecht zur axialen Richtung entlang der Linie D-D der Figur 4; und

Figur 6 ein Ausführungsbeispiel einer Axialnut, die in Form einer Halberz-Nut ausgebildet ist.

[0065] Figur 1 stellt ein Gasturbinentriebwerk 10 mit einer Hauptdrehachse 9 dar. Das Triebwerk 10 umfasst einen Lufteinlass 12 und ein Schubgebläse bzw. Fan 23, das zwei Luftströme erzeugt: einen Kernluftstrom A und einen Bypassluftstrom B. Das Gasturbinentriebwerk 10 umfasst einen Kern 11, der den Kernluftstrom A aufnimmt. Der Triebwerkskern 11 umfasst in Axialströmungsreihenfolge einen Niederdruckverdichter 14, einen Hochdruckverdichter 15, eine Verbrennungseinrichtung 16, eine Hochdruckturbine 17, eine Niederdruckturbine 19 und eine Kernschubdüse 20. Eine Triebwerks gondel 21 umgibt das Gasturbinentriebwerk 10 und definiert einen Bypasskanal 22 und eine Bypassschubdüse 18. Der Bypassluftstrom B strömt durch den Bypasskanal 22. Das Gebläse 23 ist über eine Welle 26 und ein Epizykloidengetriebe 30 an der Niederdruckturbine 19 angebracht und wird durch diese angetrieben.

[0066] Im Gebrauch wird der Kernluftstrom A durch den Niederdruckverdichter 14 beschleunigt und verdichtet und in den Hochdruckverdichter 15 geleitet, wo eine weitere Verdichtung erfolgt. Die aus dem Hochdruckverdichter 15 ausgestoßene verdichtete Luft wird in die Verbrennungseinrichtung 16 geleitet, wo sie mit Kraftstoff vermischt wird und das Gemisch verbrannt wird. Die resultierenden heißen Verbrennungsprodukte breiten sich dann durch die Hochdruck- und die Niederdruckturbine 17, 19 aus und treiben diese dadurch an, bevor sie zur Bereitstellung einer gewissen Schubkraft durch die Düse 20 ausgestoßen werden. Die Hochdruckturbine 17 treibt den Hochdruckverdichter 15 durch eine geeignete Verbindungswelle 27 an. Das Gebläse 23 stellt allgemein den Hauptteil der Schubkraft bereit. Das Epizykloidengetriebe 30 ist ein Untersetzungsgetriebe.

[0067] Eine beispielhafte Anordnung für ein Getriebegebläse-Gasturbinentriebwerk 10 wird in Figur 2 gezeigt. Die Niederdruckturbine 19 (siehe Figur 1) treibt die Welle 26 an, die mit einem Sonnenrad 28 der Epizykloidengetriebeanordnung 30 gekoppelt ist. Mehrere Planetenräder 32, die durch einen Planetenträger 34 miteinander gekoppelt sind, befinden sich von dem Sonnenrad 28 radial außen und kämmt damit. Der Planetenträger 34 beschränkt die Planetenräder 32 darauf, synchron um das Sonnenrad 28 zu kreisen, während er ermöglicht, dass sich jedes Planetenrad 32 um seine eigene Achse drehen kann. Der Planetenträger 34 ist über Gestänge 36 mit dem Gebläse 23 dahingehend gekoppelt, seine Drehung um die Triebwerksachse 9 anzutreiben. Ein Außenrad oder Hohlrad 38, das über Gestänge 40 mit einer stationären Stützstruktur 24 gekoppelt ist, befindet sich von den Planetenrädern 32 radial außen und kämmt damit.

[0068] Es wird angemerkt, dass die Begriffe "Niederdruckturbine" und "Niederdruckverdichter", so wie sie hier verwendet werden, so aufgefasst werden können, dass sie die Turbinenstufe mit dem niedrigsten Druck bzw. die Verdichterstufe mit dem niedrigsten Druck (d. h. dass sie nicht das Gebläse 23 umfassen) und/oder die Turbinen- und Verdichterstufe, die durch die Verbin-

dungswelle 26 mit der niedrigsten Drehzahl in dem Triebwerk (d. h. dass sie nicht die Getriebeausgangswelle, die das Gebläse 23 antreibt, umfasst) miteinander verbunden sind, bedeuten. In einigen Schriften können die "Niederdruckturbine" und der "Niederdruckverdichter", auf die hier Bezug genommen wird, alternativ dazu als die "Mitteldruckturbine" und "Mitteldruckverdichter" bekannt sein. Bei der Verwendung derartiger alternativer Nomenklatur kann das Gebläse 23 als eine erste Verdichtungsstufe oder Verdichtungsstufe mit dem niedrigsten Druck bezeichnet werden.

[0069] Das Epizykloidengetriebe 30 wird in Figur 3 beispielhaft genauer gezeigt. Das Sonnenrad 28, die Planetenräder 32 und das Hohlrad 38 umfassen jeweils Zähne um ihre Peripherie zum Kämmen mit den anderen Zahnrädern. Jedoch werden der Übersichtlichkeit halber lediglich beispielhafte Abschnitte der Zähne in Figur 3 dargestellt. Obgleich vier Planetenräder 32 dargestellt werden, liegt für den Fachmann auf der Hand, dass innerhalb des Schutzzumfangs der beanspruchten Erfindung mehr oder weniger Planetenräder 32 vorgesehen sein können. Praktische Anwendungen eines Epizykloidengetriebes 30 umfassen allgemein mindestens drei Planetenräder 32.

[0070] Das in Figur 2 und 3 beispielhaft dargestellte Epizykloidengetriebe 30 ist ein Planetengetriebe, bei dem der Planetenträger 34 über Gestänge 36 mit einer Ausgangswelle gekoppelt ist, wobei das Hohlrad 38 festgelegt ist. Jedoch kann eine beliebige andere geeignete Art von Epizykloidengetriebe 30 verwendet werden. Als ein weiteres Beispiel kann das Epizykloidengetriebe 30 eine Sternanordnung sein, bei der der Planetenträger 34 festgelegt gehalten wird, wobei gestattet wird, dass sich das Hohlrad (oder Außenrad) 38 dreht. Bei solch einer Anordnung wird das Gebläse 23 von dem Hohlrad 38 angetrieben. Als ein weiteres alternatives Beispiel kann das Getriebe 30 ein Differenzialgetriebe sein, bei dem gestattet wird, dass sich sowohl das Hohlrad 38 als auch der Planetenträger 34 drehen.

[0071] Es versteht sich, dass die in Figur 2 und 3 gezeigte Anordnung lediglich beispielhaft ist und verschiedene Alternativen in dem Schutzzumfang der vorliegenden Offenbarung liegen. Lediglich beispielhaft kann eine beliebige geeignete Anordnung zur Positionierung des Getriebes 30 in dem Triebwerk 10 und/oder zur Verbindung des Getriebes 30 mit dem Triebwerk 10 verwendet werden. Als ein weiteres Beispiel können die Verbindungen (z. B. die Gestänge 36, 40 in dem Beispiel von Figur 2) zwischen dem Getriebe 30 und anderen Teilen des Triebwerks 10 (wie z. B. der Eingangswelle 26, der Ausgangswelle und der festgelegten Struktur 24) einen gewissen Grad an Steifigkeit oder Flexibilität aufweisen. Als ein weiteres Beispiel kann eine beliebige geeignete Anordnung der Lager zwischen rotierenden und stationären Teilen des Triebwerks (beispielsweise zwischen der Eingangs- und der Ausgangswelle des Getriebes und den festgelegten Strukturen, wie z. B. dem Getriebegehäuse) verwendet werden, und die Offenbarung ist nicht

auf die beispielhafte Anordnung von Figur 2 beschränkt. Beispielsweise ist für den Fachmann ohne Weiteres erkenntlich, dass sich die Anordnung von Ausgang und Stützgestängen und Lagerpositionierungen bei einer Sternanordnung (oben beschrieben) des Getriebes 30 in der Regel von jenen, die beispielhaft in Figur 2 gezeigt werden, unterscheiden würden.

[0072] Entsprechend dehnt sich die vorliegende Offenbarung auf ein Gasturbinentriebwerk mit einer beliebigen Anordnung der Getriebearten (beispielsweise sternförmig oder planetenartig), Stützstrukturen, Eingangs- und Ausgangswellenanordnung und Lagerpositionierungen aus.

[0073] Optional kann das Getriebe Neben- und/oder alternative Komponenten (z. B. den Mitteldruckverdichter und/oder einen Nachverdichter) antreiben.

[0074] Andere Gasturbinentriebwerke, bei denen die vorliegende Offenbarung Anwendung finden kann, können alternative Konfigurationen aufweisen. Beispielsweise können derartige Triebwerke eine alternative Anzahl an Verdichtern und/oder Turbinen und/oder eine alternative Anzahl an Verbindungswellen aufweisen. Als ein weiteres Beispiel weist das in Figur 1 gezeigte Gasturbinentriebwerk eine Teilungsstromdüse 20, 22 auf, was bedeutet, dass der Strom durch den Bypasskanal 22 seine eigene Düse aufweist, die von der Triebwerkskerndüse 20 separat und davon radial außen ist. Jedoch ist dies nicht einschränkend und ein beliebiger Aspekt der vorliegenden Offenbarung kann auch auf Triebwerke zutreffen, bei denen der Strom durch den Bypasskanal 22 und der Strom durch den Kern 11 vor (oder stromaufwärts) einer einzigen Düse, die als eine Mischstromdüse bezeichnet werden kann, vermischt oder kombiniert werden. Eine oder beide Düsen (ob Misch- oder Teilungsstrom) kann einen festgelegten oder variablen Bereich aufweisen. Obgleich sich das beschriebene Beispiel auf ein Turbogeläsetriebwerk bezieht, kann die Offenbarung beispielsweise bei einer beliebigen Art von Gasturbinentriebwerk, wie z. B. bei einem Open-Rotor- (bei dem die Gebläsestufe nicht von einer Triebwerks gondel umgeben wird) oder einem Turboprop-Triebwerk, angewendet werden. Bei einigen Anordnungen umfasst das Gasturbinentriebwerk 10 möglicherweise kein Getriebe 30.

[0075] Die Geometrie des Gasturbinentriebwerks 10 und Komponenten davon wird bzw. werden durch ein herkömmliches Achsensystem definiert, das eine axiale Richtung (die auf die Drehachse 9 ausgerichtet ist), eine radiale Richtung (in der Richtung von unten nach oben in Figur 1) und eine Umfangsrichtung (senkrecht zu der Ansicht in Figur 1) umfasst. Die axiale, die radiale und die Umfangsrichtung verlaufen senkrecht zueinander.

[0076] Im Kontext der vorliegenden Erfindung ist die Ausbildung einer Gehäusestrukturierung im Verdichtergehäuse von Bedeutung. Die Erfindung ist dabei grundsätzlich in der Fanstufe, in einem Niederdruckverdichter, einem Mitteldruckverdichter (sofern vorhanden) und/oder einem Hochdruckverdichter realisierbar.

[0077] Die Figur 4 zeigt in Schnittansicht eine Struk-

turbaugruppe, die einen Strömungspfad 25 definiert und ein Eintrittsleitrad 5, einen Rotor 6 und Strömungspfadberandungen umfasst. Der Strömungspfad 25 leitet den Kernluftstrom A gemäß der Figur 1 durch das Kerntriebwerk.

[0078] Der Strömungspfad 25 wird radial innen durch innere Wand- oder Nabenstrukturen 95 begrenzt, die eine innere Strömungspfadberandung 950 ausbilden. Radial außen wird der Strömungspfad 25 durch ein Verdichtergehäuse 4 begrenzt, dass eine radial äußere Strömungspfadberandung 410 ausbildet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel, jedoch nicht notwendigerweise, befindet sich die Strukturbaugruppe im Bereich der ersten Stufe eines Verdichters. Dabei umfasst der Verdichter das Eintrittsleitrad 5, das im Staffelungswinkel verstellbare Statorschaufeln 50 aufweist. Durch das Eintrittsleitrad 5 wird der Drall in der Strömung erhöht und dadurch der nachfolgende Rotor 6 in effektiverer Weise angestrebt.

[0079] Der Rotor 6 umfasst eine Reihe von Rotor-schaufeln bzw. Laufschaufeln 60, die sich im Strömungspfad 25 radial erstrecken. Die Laufschaufeln 60 weisen eine Vorderkante 61, eine Hinterkante 62 und eine Schaufelspitze 63 auf. Zwischen der Schaufelspitze 63 und dem Verdichtergehäuse 4 ist ein Spalt realisiert.

[0080] Zur Minimierung dieses Spaltes ist in das Verdichtergehäuse 4 ein Einlaufbelag 7 integriert. Die dem Strömungspfad 25 zugewandte Gehäusewand des Verdichtergehäuses 4 bildet hierzu eine entsprechende Aussparung 45 auf. An seiner dem Strömungspfad 25 zugewandten Seite bildet der Einlaufbelag 7 die Strömungspfadberandung 410 aus. An seiner radial äußeren Seite ist der Einlaufbelag 7 in der Aussparung 45 befestigt.

[0081] In den Einlaufbelag 7 ist eine Gehäusestrukturierung 8 integriert. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist diese durch Axialnuten 81 in Halbherz-Form realisiert. Eine solche Axialnut 81 in Halbherz-Form 81 ist in der Figur 4 schematisch dargestellt. Die Darstellung ist jedoch nicht dahingehend zu verstehen, dass die Gehäusestrukturierung 8 in radialer Richtung aus dem Einlaufbelag 7 herausstehen würde. Die Darstellung dient lediglich dazu, den axialen Verlauf der Axialnut 81 in Halbherz-Form anzuzeigen.

[0082] Ein weitergehendes Verständnis des Aufbaus der Gehäusestrukturierung 8 ergibt sich aus der Figur 5, die eine Schnittansicht durch ein Verdichtergehäuse 4 und einen Einlaufbelag 7 in einer Ebene senkrecht zur axialen Richtung, die durch die Maschinenachse 9 definiert ist, zeigt (entlang der Linie D-D der Figur 4). Die Drehrichtung des Rotors 6 ist mit u gekennzeichnet.

[0083] Zunächst wird terminologisch darauf hingewiesen, dass das Verdichtergehäuse 4 ein oberes Verdichtergehäuse 410 und ein unteres Verdichtergehäuse 420 aufweist. Das obere Verdichtergehäuse 410 und das untere Verdichtergehäuse 420 geben dabei räumliche Bereiche des Verdichtergehäuses 4 an. Diese sind durch die horizontale Ebene 100 voneinander getrennt. Das obere Verdichtergehäuse 410 und das untere Verdich-

tergehäuse 420 können grundsätzlich durch beliebige Strukturen gebildet sein.

[0084] Wie in der Figur 5 dargestellt, umfasst das Verdichtergehäuse ein oberes Umfangssegment 41 und ein unteres Umfangssegment 42. Die Umfangssegmente 41, 42 grenzen an den Strömungspfad 25 an. Das obere Umfangssegmente 41 erstreckt sich im dargestellten Ausführungsbeispiel, jedoch nicht notwendigerweise, im Bereich des oberen Verdichtergehäuses 410. Das untere Umfangssegmente 42 erstreckt sich im Bereich des unteren Verdichtergehäuses 420.

[0085] Die Umfangssegmente 41, 42 unterscheiden sich jedenfalls dadurch, dass nur eines der Umfangssegmente eine Gehäusestrukturierung ausbildet. So ist vorgesehen, dass lediglich das obere Umfangssegment 41 eine Gehäusestrukturierung 8 aufweist, während das untere Umfangssegment 42 keine Gehäusestrukturierung aufweist.

[0086] Wie in Bezug auf die Figur 4 erläutert, ist die Gehäusestrukturierung im dargestellten Ausführungsbeispiel, jedoch nicht notwendigerweise in dem Einlaufbelag ausgebildet. Dementsprechend weist das Gehäuse 4 einen oberen Einlaufbelag 71 auf, in dem eine Gehäusestrukturierung 8 realisiert ist, und einen unteren Einlaufbelag 72 auf, der ohne eine Gehäusestrukturierung realisiert ist. Die beiden Einlaufbeläge 71, 72 erstrecken sich in Umfangsrichtung jeweils über 180° und grenzen in der horizontalen Ebene 100 aneinander an. Dabei kann vorgesehen sein, dass das Gehäuse 4 ein geteiltes Gehäuse ist, das zwei Gehäusenhälften 411, 421 aufweist, wobei die Teilungsebene (d.h. die horizontale Ebene 100) zwischen den beiden Gehäusenhälften 411, 421 auch die Grenze zwischen den beiden Umfangssegmenten 41, 42 bzw. Einlaufbelägen 71, 72 darstellt.

[0087] Der obere Einlaufbelag 71, in dem eine Gehäusestrukturierung 8 realisiert ist, und der untere Einlaufbelag 72, der ohne eine Gehäusestrukturierung realisiert ist, bestehen gemäß einem Ausführungsbeispiel aus dem Material Metco 601NS, Metco 320NS oder Metco 314NS der Oerlikon Metco Switzerland in 8808 Pfäffikon, Schweiz. Metco 601 NS ist eine Mischung aus Silizium-Aluminium-Pulvern und Polyester-Pulvern. Metco 320NS ist ein Aluminium-Silizium Bornitrid Pulver. Metco 314NS ist ein thermisches Spritzpulver aus einer Nickel Chrom Aluminium Bentonit Mischung.

[0088] Alternativ werden als Material für die Einlaufbeläge 71, 72 hochtemperaturfähige Kunststoffe, poröse Materialien oder metallische Wabenstrukturen eingesetzt.

[0089] Die radiale Dicke des oberen Einlaufbelags 71 und die radiale Dicke des unteren Einlaufbelags 72 sind jedenfalls in Ausführungsbeispielen der Erfindung identisch.

[0090] Entsprechend der verwendeten Terminologie sind die Einlaufbeläge 71, 72 Teil des Verdichtergehäuses 4. Die Umfangssegmente 41, 42, die nur teilweise mit einer Gehäusestrukturierung versehen sind, sind in der Figur 5 durch die Einlaufbeläge 71, 72 gebildet oder

umfassen jedenfalls diese Einlaufbeläge 71, 72. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Umfangssegmente 41, 42 durch das eigentliche Verdichtergehäuse, d.h. die dem Strömungspfad 25 zugewandte Wand des Verdichtergehäuses gebildet sein. Im Falle einer Gehäusestrukturierung sind die entsprechenden Strukturen wie z.B. Axialnuten unmittelbar in der Gehäusewand ausgebildet.

[0091] In der Figur 5 sind in Schnittdarstellung auch die Axialnuten 81 in Halbherz-Form dargestellt. Wie erläutert, ist der axiale Verlauf dieser Axialnuten 81 in Halbherz-Form in der Figur 4 dargestellt. Gemäß der Figur 5 sind die Axialnuten 81 bezogen auf die radiale Richtung leicht geneigt. Dies kann in die eine oder in die andere Umfangsrichtung erfolgen. Auch können die Axialnuten 81 exakt in radialer Richtung verlaufen.

[0092] In einer Abwandlung des Ausführungsbeispiels der Figuren 4 und 5 ist ein Einlaufbelag 72 lediglich in dem unteren Umfangssegment 72 vorgesehen. Für diesen Fall ist die Gehäusestrukturierung 8 nicht in einem oberen Einlaufbelag, sondern in einem oberen Umfangssegment 41 realisiert, das durch die Gehäusewand des Verdichtergehäuses realisiert ist. Damit in einem solchen Fall der Strömungspfad 25 keine Querschnittsveränderung aufweist, kann vorgesehen sein, dass das Gehäuse 4 entlang des axialen Bereichs, in dem es den unteren Einlaufbelag 72 aufnimmt, im unteren Verdichtergehäuse 420 einen größeren Gehäuseradius aufweist als im oberen Verdichtergehäuse 410.

[0093] In einer weiteren Abwandlung des Ausführungsbeispiels der Figuren 4 und 5 weist weder die obere Gehäusenhälfte 410 noch die untere Gehäusenhälfte 420 einen Einlaufbelag auf. In der oberen Gehäusenhälfte ist ein Umfangssegment mit Gehäusestrukturierung ausgebildet. In der unteren Gehäusenhälfte ist ein Umfangssegment ohne Gehäusestrukturierung ausgebildet.

[0094] Die Figur 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Strukturbaugruppe gemäß der vorliegenden Erfindung. Entsprechend der Beschreibung der Figur 4 umfasst die Strukturbaugruppe ein Verdichtergehäuse 4, das eine Strömungspfadberandung 410 ausbildet. Ein Rotor 6 umfasst Laufschaufeln 60, die jeweils eine Vorderkante 61, eine Hinterkante 62 und eine Schaufelspitze 63 aufweisen. Es ist zu erkennen, dass zwischen der Schaufelspitze 63 und der Strömungspfadberandung 410 ein Spalt ausgebildet ist. Die Maschinenachse 9 ist ebenfalls dargestellt.

[0095] Beim Ausführungsbeispiel der Figur 6 ist eine Gehäusestrukturierung 8 ohne die Verwendung eines Einlaufbelags direkt in der Gehäusewand des Verdichtergehäuses 4 ausgebildet. Die Gehäusestrukturierung wird wie auch beim Ausführungsbeispiel der Figuren 4 und 5 durch Axialnuten 81 in Halbherz-Form gebildet. Solche Axialnuten in Halbherz-Form sind in der DE 10 2007 056 953 A1 beschrieben, auf die insofern Bezug genommen wird.

[0096] Danach kann die Axialnut 81 mit Halbherz-Form weitergehend durch zwei Winkel α , β definiert werden. Diese spannen den Anfangsbereich und den End-

bereich der durch die halbe Herzform vorgegebenen Querschnittskurve auf. Dabei sind die Winkelschenkel tangential zu dem anfangsseitigen bzw. endseitigen Kurvenverlauf angeordnet. Der Winkel α liegt beispielsweise im Bereich zwischen 20° und 70° zur Wand des Verdichtergehäuses und der Winkel β liegt beispielsweise im Bereich zwischen 30° und 80° zur Wand des Verdichtergehäuses.

[0097] Die Figur 6 zeigt des Weiteren, dass in Ausführungsbeispielen der Erfindung die Gehäusestrukturierung 8 im Bereich der Vorderkante 61 der Laufschaufeln 60 des Rotors 6 ausgebildet ist. Dabei ist die axiale Erstreckung der Axialnuten 81 derart gewählt, dass die Axialnuten 81 sich ausgehend von der Vorderkante 630 der Schaufelspitze 63 um eine bestimmte Erstreckungslänge entgegen der axialen Richtung und ausgehend von der Vorderkante 630 um eine bestimmte Erstreckungslänge in der axialen Richtung erstrecken. Die Erstreckungslänge in die beiden genannten Richtungen beträgt dabei beispielsweise maximal 50 % der axialen Länge der Schaufelspitze 63. Eine derartige axiale Erstreckung der Gehäusestrukturierung kann auch bei in anderer Weise ausgebildeten Gehäusestrukturierungen vorgesehen sein.

[0098] Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist und verschiedene Modifikationen und Verbesserungen vorgenommen werden können, ohne von den hier beschriebenen Konzepten abzuweichen. Beispielsweise kann eine andere segmentale Aufteilung des Verdichtergehäuses vorgesehen sein.

[0099] Es wird weiter darauf hingewiesen, dass beliebige der beschriebenen Merkmale separat oder in Kombination mit beliebigen anderen Merkmalen eingesetzt werden können, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen. Die Offenbarung dehnt sich auf alle Kombinationen und Unterkombinationen eines oder mehrerer Merkmale aus, die hier beschrieben werden und umfasst diese. Sofern Bereiche definiert sind, so umfassen diese sämtliche Werte innerhalb dieser Bereiche sowie sämtliche Teilbereiche, die in einen Bereich fallen.

Patentansprüche

1. Strukturbaugruppe für einen Verdichter einer Strömungsmaschine, die aufweist:

- ein Laufrad (6) mit einer Mehrzahl von Schaufeln (60), die sich in einem Strömungspfad (25) der Strömungsmaschine radial erstrecken, und
- ein Verdichtergehäuse (4), das eine Strömungspfadberandung (410) ausbildet, die den Strömungspfad (25) durch die Strömungsmaschine radial außen begrenzt, wobei
- das Verdichtergehäuse (4) angrenzend an das Laufrad (6) eine Gehäusestrukturierung (8) aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Verdichtergehäuse (4) eine Mehrzahl von Umfangssegmenten (41, 42) aufweist, die sich in Umfangsrichtung erstrecken, wobei nur eines oder nur einige der Umfangssegmente (41) eine Gehäusestrukturierung (8) ausbilden.

2. Strukturbaugruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdichtergehäuse (4) eine obere Gehäusehälfte (410) und eine untere Gehäusehälfte (420) aufweist, die sich jeweils in Umfangsrichtung über einen Umfangsbereich von 180° erstrecken, und dass das Umfangssegment (41) oder die Umfangssegmente, die eine Gehäusestrukturierung (8) ausbilden, in der oberen Gehäusehälfte (410) des Verdichtergehäuses (4) ausgebildet sind.
3. Strukturbaugruppe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdichtergehäuse (4) genau zwei Umfangssegmente (41, 42) aufweist, wobei ein oberes Umfangssegment (41) in der oberen Gehäusehälfte und ein unteres Umfangssegment (42) in der unteren Gehäusehälfte ausgebildet ist, und wobei die Gehäusestrukturierung (8) in dem oberen Umfangssegment (41) ausgebildet ist.
4. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umfangssegmente (41, 42) den gleichen Erstreckungswinkel in Umfangsrichtung aufweisen.
5. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abfolge der Umfangssegmente (41, 42) in Umfangsrichtung umfangsasymmetrisch ist.
6. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Umfangssegment (41, 42) des Verdichtergehäuses (4) einen Einlaufbelag (7, 71, 72) aufweist.
7. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Umfangssegment (41), das eine Gehäusestrukturierung (8) aufweist, einen Einlaufbelag (71) aufweist, wobei die Gehäusestrukturierung (8) in dem Einlaufbelag (71) ausgebildet ist.
8. Strukturbaugruppe nach Anspruch 7, soweit rückbezogen auf Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das obere Umfangssegment (41) einen Einlaufbelag (71) aufweist, der eine Gehäusestrukturierung (8) ausbildet, und das untere Umfangssegment (42) einen Einlaufbelag (72) ohne Gehäusestrukturierung (8) ausbildet.
9. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden

Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Fall, dass nur eines oder nur einige der Umfangssegmente (41) einen Einlaufbelag (71) aufweisen, die Umfangssegmente (41, 42) zwei unterschiedliche Gehäuseradien aufweisen, wobei der Gehäuseradius eines Umfangssegments, das einen Einlaufbelag aufweist, größer ist als der Gehäuseradius eines Umfangssegments, das keinen Einlaufbelag aufweist.

5

10

10. Strukturbaugruppe nach Anspruch 9, soweit rückbezogen auf Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das nur das obere Umfangssegment (41) oder nur das untere Umfangssegment (42) einen Einlaufbelag aufweist und die beiden Umfangssegmente (41, 42) einen unterschiedlichen Gehäuseradius aufweisen.

15

11. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdichtergehäuse (4) durch ein zweigeteiltes Gehäuse gebildet ist, dass zwei Teile (411, 421) aufweist, die sich jeweils über 180° in Umfangsrichtung erstrecken.

20

25

12. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gehäusestrukturierung (8) umfangsdiskret ausgebildet ist.

30

13. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gehäusestrukturierung (8) in Form von Halbherz-Axialnuten (81) ausgebildet ist.

35

14. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gehäusestrukturierung (8) angrenzend an die Vorderkante der Laufschaufeln im Verdichtergehäuse (4) ausgebildet ist.

40

15. Strukturbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Laufrad (6) in BLISK-Bauweise ausgebildet ist.

45

50

55

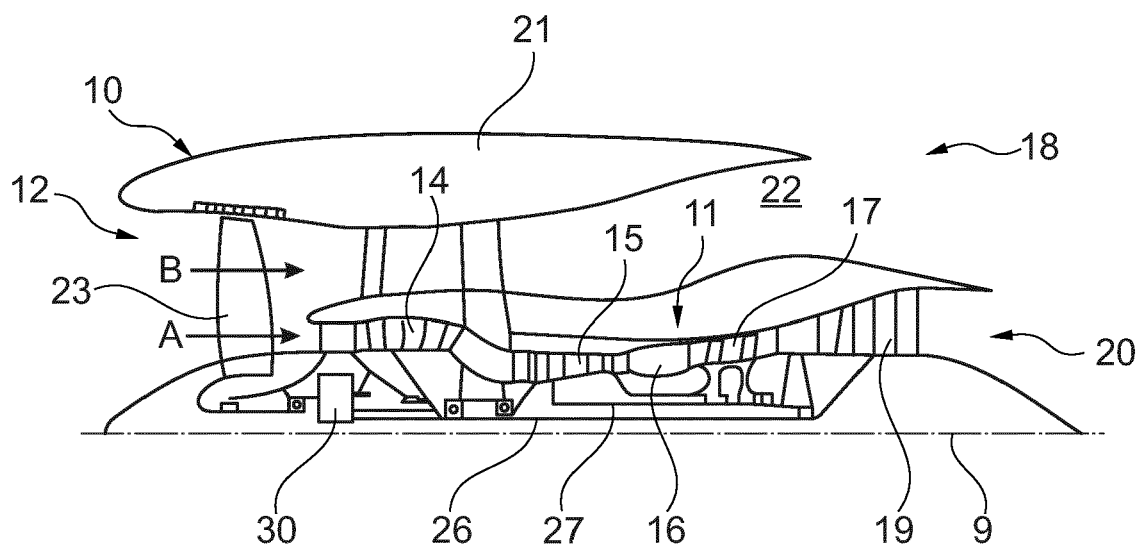


Fig. 1

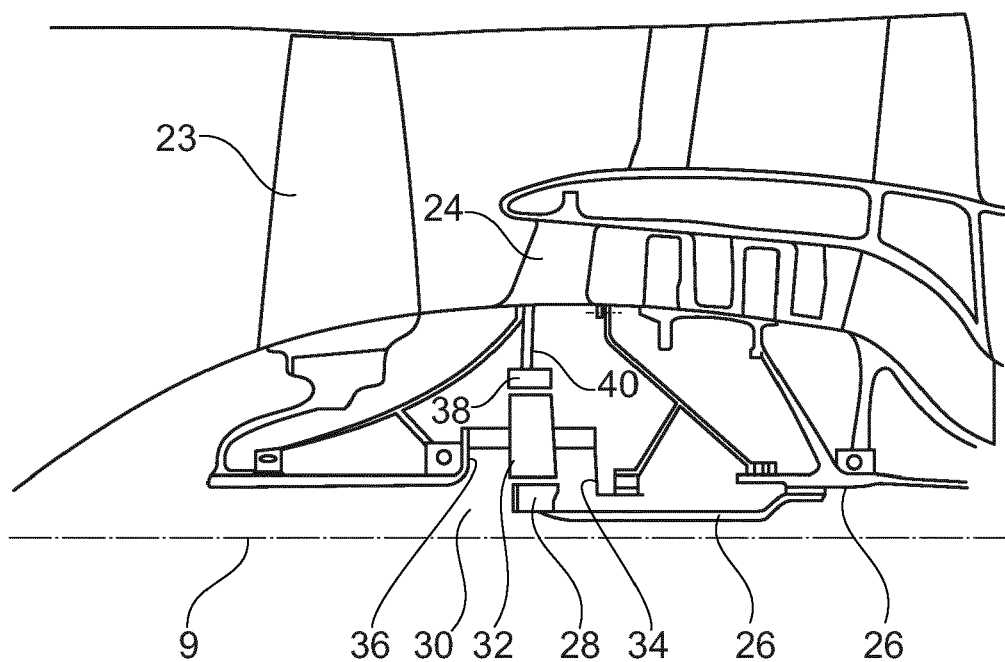


Fig. 2

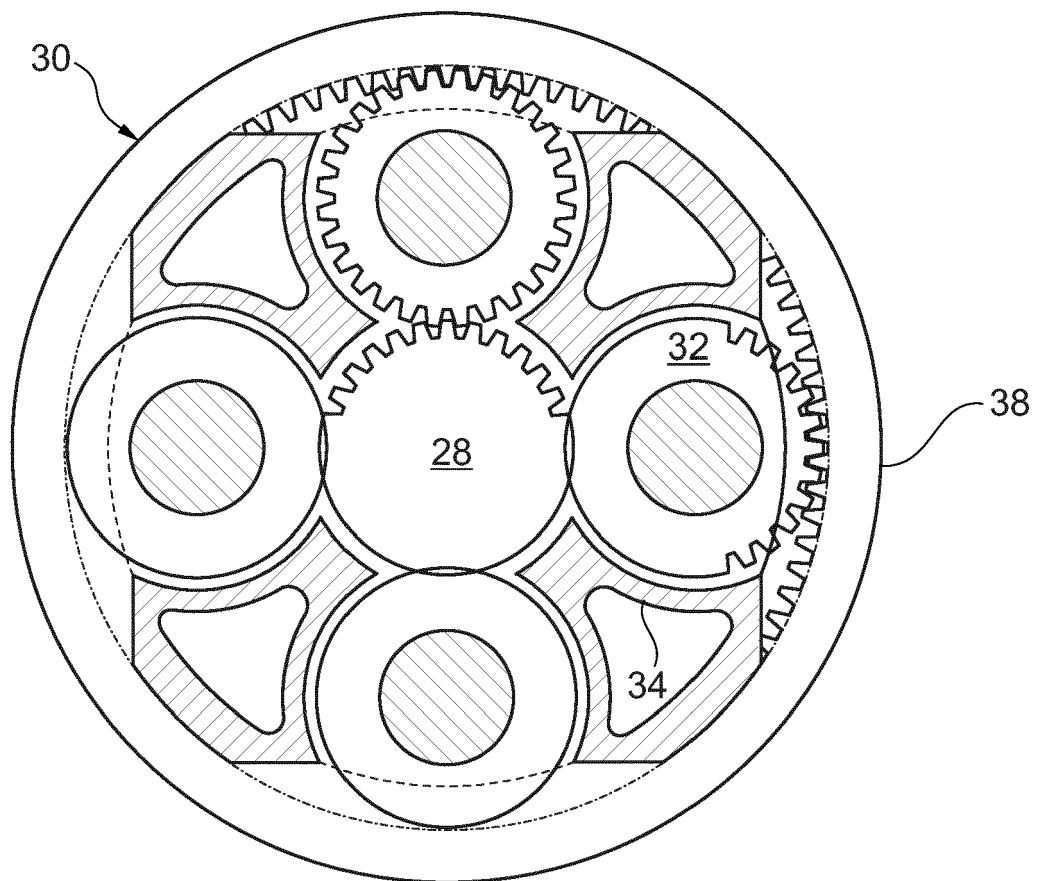


Fig. 3

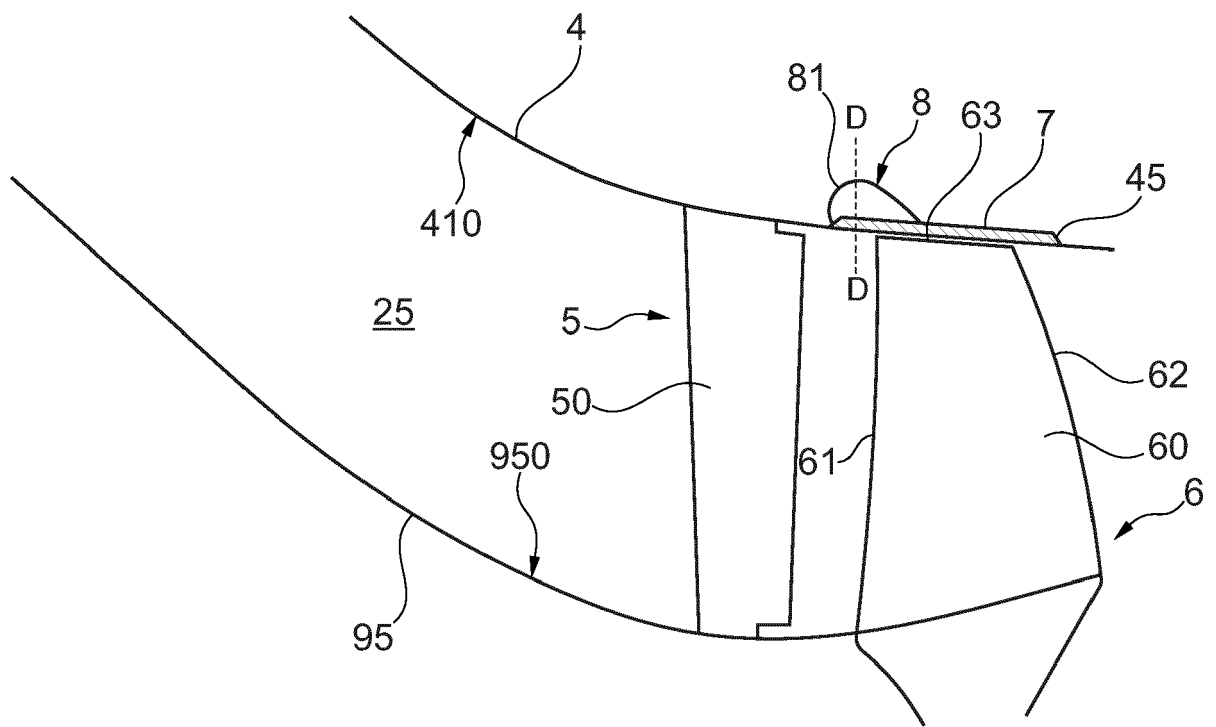


Fig. 4

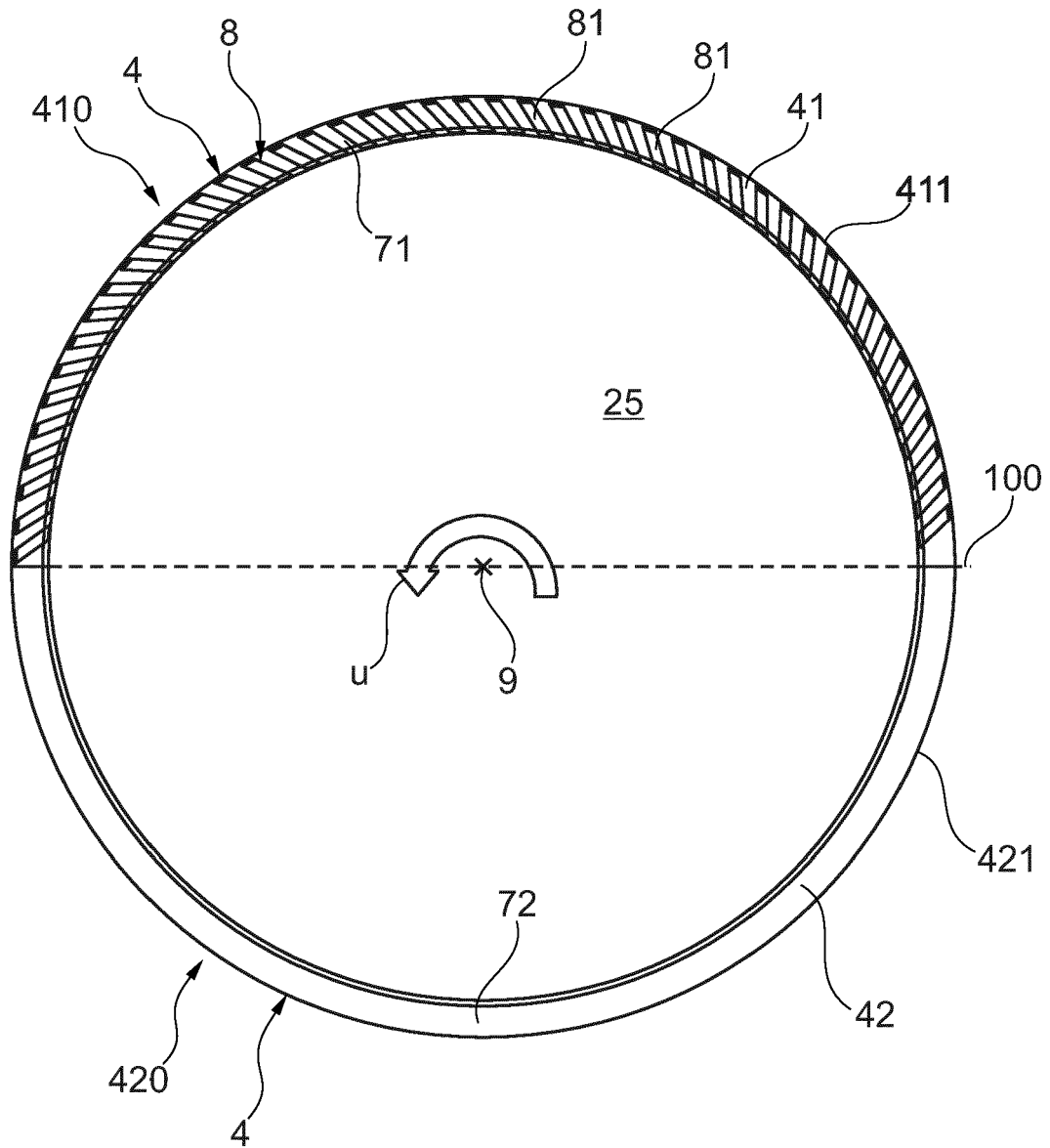


Fig. 5

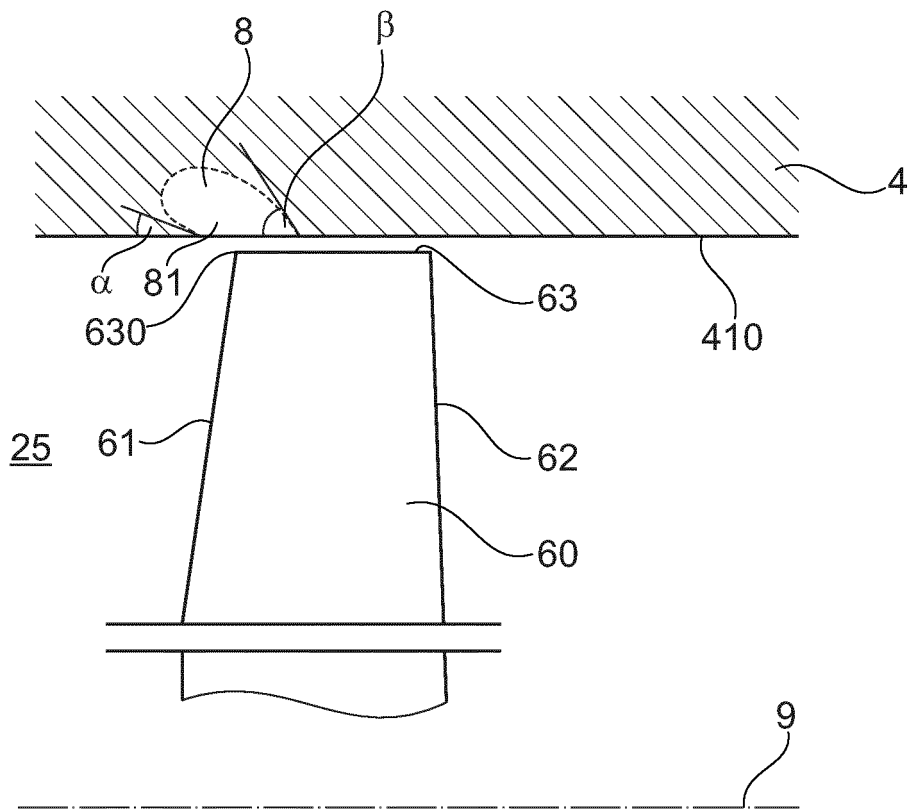


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 18 1591

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	GB 2 477 745 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 17. August 2011 (2011-08-17) * Seite 3, Zeile 28 - Seite 4, Zeile 4 * * Seite 5, Zeilen 14-32 * * Seite 6, Zeile 22 * * Ansprüche 1,7-9 * * Abbildungen 1-3,7 *	1-8, 11-15 9,10	INV. F04D29/52 F04D29/68
X A	DE 25 04 073 A1 (GEN ELECTRIC) 21. August 1975 (1975-08-21) * Seite 4, letzter Absatz - Seite 6, erster Absatz * * Abbildungen 1,2 *	1-5,11, 12,14,15 6-10,13	
X A	EP 2 514 975 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 24. Oktober 2012 (2012-10-24) * Absätze [0022] - [0024], [0035] - [0044], [0046] - [0053] * * Abbildungen 2-4 *	1-3,5-8, 11,12, 14,15 4,9,10, 13	
X A	CN 201 152 282 Y (UNIV BEIJING BUAA [CN]) 19. November 2008 (2008-11-19) * Abbildungen 1,5-7 * DE 10 2007 053135 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 14. Mai 2009 (2009-05-14) * Absätze [0019], [0022], [0027] - [0031] * * Abbildung 2 *	1-3,5, 11-15 1,6-10, 15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 23. Oktober 2019	Prüfer Gombert, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 19 18 1591

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.

23-10-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	GB 2477745	A	17-08-2011	KEINE	
15	DE 2504073	A1	21-08-1975	BE 825517 A	29-05-1975
				DE 2504073 A1	21-08-1975
				FR 2261583 A1	12-09-1975
				GB 1499724 A	01-02-1978
				IT 1031366 B	30-04-1979
20				JP S6010168 B2	15-03-1985
				JP S50118114 A	16-09-1975
				US 3890060 A	17-06-1975
	EP 2514975	A2	24-10-2012	DE 102011007767 A1	25-10-2012
25				EP 2514975 A2	24-10-2012
				US 2012269619 A1	25-10-2012
	CN 201152282	Y	19-11-2008	KEINE	
	DE 102007053135	A1	14-05-2009	DE 102007053135 A1	14-05-2009
30				WO 2009059580 A1	14-05-2009
35					
40					
45					
50					
55					

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

- CN 201190695 Y [0004]
- DE 102007056953 A1 [0025] [0095]
- DE 102008037154 A1 [0026]