

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. April 2021 (15.04.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/069186 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F16H 55/06 (2006.01) *F16H 55/14* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/075897

(22) Internationales Anmeldedatum:

16. September 2020 (16.09.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2019 215 467.0

09. Oktober 2019 (09.10.2019) DE

(71) Anmelder: **ROLLS-ROYCE DEUTSCHLAND LTD & CO KG** [DE/DE]; Eschenweg 11, OT Dahlewitz, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE).

(72) Erfinder: **VENTER, Gideon Daniel**; c/o Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE). **MERDER, Marcus**; c/o Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,

(54) Title: GEAR HAVING A CERAMIC SLEEVE

(54) Bezeichnung: ZAHNRAD MIT KERAMIKHÜLSE

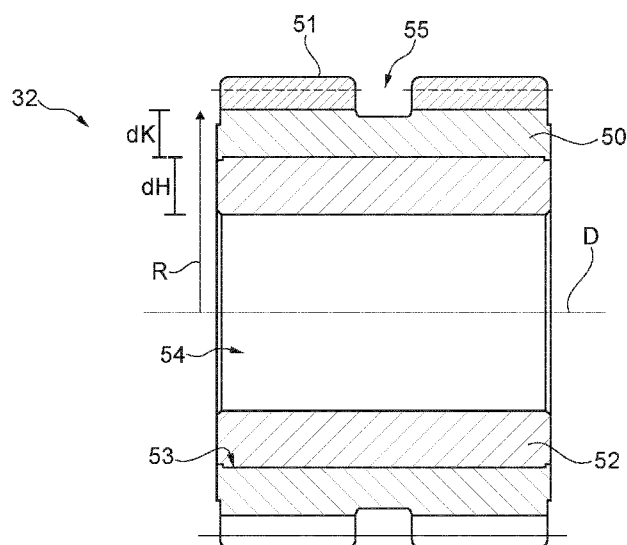


Fig. 4

(57) Abstract: A gear (32, 132) comprises: a rim (50, 150) with at least one external toothing (51, 151) which has a module and runs around an axis of rotation (D) of the gear (32, 132); and a sleeve (52, 152) which comprises or consists of a ceramic material and is inserted into a receiving portion (53) of the rim (50, 150). According to the invention, the sleeve (52, 152) has, in the radial direction (R) with respect to the axis of rotation (D), a radial thickness (dH) that corresponds at least to the module of the external toothing (51, 151) and/or at least a radial thickness (dK) of the rim (50, 150).

(57) Zusammenfassung: Ein Zahnrad (32, 132) umfasst: einen Kranz (50, 150) mit zumindest einer um eine Drehachse (D) des Zahnrads (32, 132) umlaufenden Außenverzahnung (51, 151) mit einem Modul und eine Hülse (52, 152), die ein Keramikmaterial

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

umfasst oder daraus besteht und in eine Aufnahme (53) des Kranzes (50, 150) eingesetzt ist. Dabei ist vorgesehen, dass die Hülse (52, 152) in radialer Richtung (R) in Bezug auf die Drehachse (D) eine radiale Dicke (dH) aufweist, die mindestens dem Modul der Außenverzahnung (51, 151) und/oder mindestens einer radialen Dicke (dK) des Kranzes (50, 150) entspricht.

5

10

Zahnrad mit Keramikhülse

15

Beschreibung

Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf ein Zahnrad, auf ein Getriebe, auf ein Gasturbinentriebwerk und auf ein Verfahren zur Herstellung eines Zahnrads.

20

Bekannte Zahnräder, insbesondere Planetenräder von Planetengetrieben, werden typischerweise entsprechend dem im Betrieb des jeweiligen Getriebes, insbesondere Planetengetriebes, zu übertragenden Kräften dimensioniert. Insbesondere wenn vergleichsweise große Kräfte zu übertragen sind, z.B. bei Getriebefan-

25

Gasturbinentriebwerken, sind Planetenräder üblicherweise entsprechend massiv. Werden die Planetenräder mit einer relativ hohen Drehzahl im Planetengetriebe rotiert, wie es z.B. bei Getriebefan-Gasturbinentriebwerken auch der Fall sein kann, können signifikante Zentrifugalkräfte auftreten, welche das Zahnrad verformen können und daher eine nochmals massivere Ausgestaltung bedingen können. In der Folge weisen Planetengetriebe in einigen Anwendungsfällen regelmäßig ein großes Gewicht auf.

30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein möglichst leichtes und gleichzeitig möglichst belastbares Zahnrad bereitzustellen.

Gemäß einem Aspekt wird ein Zahnrad bereitgestellt, das einen Kranz und eine Hülse umfasst. Der Kranz weist zumindest eine um eine Drehachse des Zahnrads umlaufende Außenverzahnung auf. Die Außenverzahnung weist ein Modul auf. Die Hülse umfasst ein Keramikmaterial oder besteht aus dem Keramikmaterial und ist in eine Aufnahme des Kranzes eingesetzt. Dabei ist vorgesehen, dass die Hülse in radialer Richtung in Bezug auf die Drehachse eine radiale Dicke aufweist, die mindestens dem Modul der Außenverzahnung und/oder mindestens einer radialen Dicke des Kranzes entspricht.

Hierdurch ist die Hülse ausreichend dick, um es zu ermöglichen, bei einem verhältnismäßig geringen Gewicht eine hohe Steifigkeit des Zahnrads zu erzielen, wodurch das Zahnrad vergleichsweise starken Belastungen standhalten kann. Hierdurch kann ein Verschleiß reduziert werden, was wiederum eine Verlängerung der Lebensdauer ermöglicht.

Die radiale Dicke des Kranzes wird z.B. von einer Innenseite des Kranzes radial nach außen bis zum tiefsten Punkt eines Zahnfußbereichs zwischen zwei benachbarten Zähnen der Außenverzahnung gemessen. Der Modul m ist gleich dem Quotienten aus der Zahnteilung p , also dem Abstand zweier benachbarter Zähne der Außenverzahnung, auch Umfangsteilung genannt, zur Kreiszahl π :

$$m = p/\pi.$$

Der Modul m der Außenverzahnung kann auch über den Quotienten des Teilkreisdurchmessers d und der Anzahl z der Zähne der Außenverzahnung ermittelt werden:

$$m = d/z.$$

Die Hülse bildet insbesondere eine Lageraufnahme aus, beispielsweise ist ein Lagerzapfen in die Hülse einsteckbar. Die Lageraufnahme der am Kranz angeordneten Hülse ist insbesondere durchgängig. Die Drehachse ist konzentrisch zur Außenverzahnung. Die Hülse erstreckt sich z.B. durch den Kranz hindurch,

insbesondere von einer Seite bis zur gegenüberliegenden Seite des Kranzes.

Optional entspricht die radiale Dicke der Hülse in radialer Richtung mindestens dem 1,2 bis 2,2-fachen des Moduls der Außenverzahnung. Das ermöglicht eine
5 Optimierung hinsichtlich Gewicht und Haltbarkeit, insbesondere für Planetengetriebe z.B. eines Getriebefan-Triebwerks.

Das Keramikmaterial der Hülse kann einen ersten thermischen
Expansionskoeffizienten aufweisen und der Kranz kann ein Material umfassen oder
10 daraus bestehen, das einen zweiten thermischen Expansionskoeffizienten aufweist. Dabei kann vorgesehen sein, dass der erste thermische Expansionskoeffizient mindestens 80% des zweiten thermischen Expansionskoeffizienten beträgt, gleich
groß ist wie der zweite thermische Expansionskoeffizient oder größer ist als der
zweite thermische Expansionskoeffizient. Hierdurch wird bei besonders starken
15 Belastungen, die zu einer Erwärmung des Zahnrads führen können, verhindert, dass sich ein Spalt zwischen der Hülse und dem Kranz bildet.

In einer optionalen Weiterbildung entspricht der erste thermische
Expansionskoeffizient dem zweiten thermischen Expansionskoeffizienten +/- 19%.
20 Insbesondere bei einer Anwendung in einem Getriebefan-Getriebe sind hiermit besonders gute Laufeigenschaften möglich.

Beispielsweise besteht der Kranz (mit den Zähnen der Außenverzahnung) aus Stahl.

25 Das Keramikmaterial weist z.B. ein E-Modul von mindestens 300 GPa, insbesondere 350 GPa oder mehr auf. Hiermit ist es besonders gut möglich, das Zahnrad deutlich zu versteifen, sodass es z.B. mit weniger Material ausgebildet werden kann.

Das Keramikmaterial weist beispielsweise eine Druckfestigkeit von mindestens 1500
30 MPa, insbesondere 1600 MPa oder mehr auf.

Der Kranz umfasst optional ein Material oder besteht aus einem Material, dessen
Dichte größer ist als die Dichte des Keramikmaterials. Zum Beispiel beträgt die
Dichte des Keramikmaterials die Hälfte oder weniger als die Hälfte der Dichte des

Materials des Kranzes (beispielsweise Stahl), z.B. 48% davon. Damit ist es möglich, das Zahnrad durch das Keramikmaterial nicht nur zu versteifen, sodass weniger Material nötig ist, sondern darüber hinaus kann durch das Keramikmaterial aufgrund der geringeren Dichte das Gewicht weiter reduziert werden.

5

Der Kranz kann fest mit der Hülse verbunden sein, insbesondere durch eine Presspassung. Das ermöglicht eine besonders einfache und gleichzeitig belastbare Verbindung ohne zusätzliche Verbindungsteile wie etwa Schrauben. Für die Presspassung wurde z.B. der Kranz erwärmt, sodass er sich ausdehnt. Die Hülse weist eine solche Größe auf, dass sie gerade nicht in den Kranz eingeschoben werden kann, wenn der Kranz und die Hülse dieselbe Temperatur aufweisen, und gerade eingeschoben werden kann, wenn dieser eine höhere Temperatur aufweist. Nachdem die Hülse in die Aufnahme des Kranzes eingeschoben worden ist, erfährt der Kranz eine geringere Temperatur. Dabei entstand die Presspassung, bei der die Hülse im Kranz unter Spannung gehalten ist.

10

15

Gemäß einem Aspekt wird ein Getriebe bereitgestellt. Das Getriebe umfasst zumindest ein Zahnrad nach einer beliebigen, hierin beschriebenen Ausgestaltung. Hierdurch kann das Getriebe gleichzeitig besonders leicht und besonders belastbar ausgebildet werden.

20

Das Getriebe kann ein Planetengetriebe sein. Das Zahnrad kann ein Planetenrad für das Planetengetriebe sein. Im Planetengetriebe können besonders hohe Rotationsgeschwindigkeiten der Planetenräder vorkommen, sodass hier besonders starke Zentrifugalkräfte wirken können. Die mögliche Gewichtsersparung und erhöhte Steifigkeit des Zahnrads können hier also besonders vorteilhaft sein.

25

Das Getriebe umfasst also z.B. einen Planetenträger, der dazu ausgebildet ist, das Planetenrad, insbesondere mehrere solcher Planetenräder, zu halten. Der Planetenträger kann (für jedes Planetenrad) einen Lagerstift aufweisen, wobei der Lagerstift mit der Hülse ein Gleitlager ausbildet. Hierbei ist eine geringe Gleitreibung des Keramikmaterials ein zusätzlicher vorteilhafter Nebeneffekt.

30

Gemäß einem Aspekt wird ein Gasturbinentriebwerk bereitgestellt, insbesondere für

ein Luftfahrzeug. Das Gasturbinentriebwerk umfasst ein Kerntriebwerk, das eine Turbine, einen Verdichter und eine die Turbine mit dem Verdichter verbindende Kernwelle umfasst; einen Fan, der stromaufwärts des Kerntriebwerks positioniert ist, wobei der Fan mehrere Fanschaufeln umfasst; und ein Getriebe, das von der Kernwelle antreibbar ist, wobei der Fan mittels des Getriebes mit einer niedrigeren Drehzahl als die Kernwelle antreibbar ist. Dabei ist vorgesehen, dass das Getriebe nach einer beliebigen, hierin beschriebenen Ausgestaltung ausgebildet ist.

Bei dem Gasturbinentriebwerk kann ferner vorgesehen sein, dass die Turbine eine erste Turbine ist, der Verdichter ein erster Verdichter ist und die Kernwelle eine erste Kernwelle ist; das Kerntriebwerk ferner eine zweite Turbine, einen zweiten Verdichter und eine zweite Kernwelle, die die zweite Turbine mit dem zweiten Verdichter verbindet, umfasst; und die zweite Turbine, der zweite Verdichter und die zweite Kernwelle dahingehend angeordnet sind, sich mit einer höheren Drehzahl als die erste Kernwelle zu drehen.

Gemäß einem Aspekt wird ein Verfahren zur Herstellung eines Zahnrads bereitgestellt, insbesondere des Zahnrads nach einer beliebigen, hierin beschriebenen Ausgestaltung. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Bereitstellen eines Kranzes und, davor, danach oder gleichzeitig, Bereitstellen einer Hülse, die ein Keramikmaterial umfasst oder daraus besteht; und Einsetzen der Hülse in eine Aufnahme des Kranzes. Dabei ist vorgesehen, dass der Kranz zumindest eine um eine Drehachse des Zahnrads umlaufende Außenverzahnung mit einem Modul aufweist und die Hülse in radialer Richtung in Bezug auf die Drehachse eine radiale Dicke aufweist, die mindestens dem Modul der Außenverzahnung und/oder mindestens einer radialen Dicke des Kranzes entspricht.

Optional wird bei dem Einsetzen der Hülse in die Aufnahme des Kranzes eine feste Verbindung der beiden Teile hergestellt, insbesondere durch eine Presspassung.

Wie hier an anderer Stelle angeführt wird, kann sich die vorliegende Offenbarung auf ein Gasturbinentriebwerk, z.B. ein Flugzeugtriebwerk, beziehen. Solch ein Gasturbinentriebwerk kann ein Kerntriebwerk umfassen, das eine Turbine, eine Brennvorrichtung, einen Verdichter und eine die Turbine mit dem Verdichter

verbindende Kernwelle umfasst. Solch ein Gasturbinentriebwerk kann einen Fan (mit Fanschaufeln) umfassen, der stromaufwärts des Kerntriebwerks positioniert ist.

5 Anordnungen der vorliegenden Offenbarung können insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, für Getriebe-Fans, die über ein Getriebe angetrieben werden, von Vorteil sein. Entsprechend kann das Gasturbinentriebwerk ein Getriebe umfassen, das über die Kernwelle angetrieben wird und dessen Abtrieb den Fan so antreibt, dass er eine niedrigere Drehzahl als die Kernwelle aufweist. Der Eingang für das
10 Getriebe kann direkt von der Kernwelle oder indirekt über die 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 der Fan mit einer niedrigeren Drehzahl dreht).

15 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 aufweisen, die Turbinen und Verdichter verbinden, beispielsweise eine, zwei oder drei Wellen. Lediglich beispielhaft kann die mit der Kernwelle verbundene Turbine eine erste
20 Turbine sein, der mit der Kernwelle verbundene Verdichter kann ein erster Verdichter sein und die Kernwelle kann eine erste Kernwelle sein. Das Kerntriebwerk 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
25 angeordnet sein, sich mit einer höheren Drehzahl als die erste Kernwelle zu drehen.

Bei einer solchen Anordnung kann der zweite Verdichter axial stromabwärts des ersten Verdichters positioniert sein. Der zweite Verdichter kann dahingehend
30 angeordnet sein, eine Strömung von dem ersten Verdichter aufzunehmen (beispielsweise direkt aufzunehmen, beispielsweise über einen generell ringförmigen Kanal).

Das Getriebe kann dahingehend ausgebildet sein, dass es von der Kernwelle angetrieben wird, die dazu konfiguriert ist, sich (beispielsweise im Gebrauch) mit der

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

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

- Der oder jeder Verdichter (beispielsweise der erste Verdichter und der zweite
20 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 umfassen, bei denen es sich um variable Statorschaufeln handeln kann (d.h. der Anstellwinkel kann variabel sein). Die Reihe von Rotorscheaufeln und die Reihe von Statorschaufeln können axial
25 zueinander versetzt sein.

- 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
30 Reihe von Statorschaufeln umfassen. Die Reihe von Rotorscheaufeln und die Reihe von Statorschaufeln können axial zueinander versetzt sein.

Jede Fanschaufel kann eine radiale Spannweite aufweisen, die sich von einem Fuß (oder einer Nabe) an einer radial innenliegenden, von Gas überströmten Stelle oder

sich von einer Position einer Spannweite von 0 % zu einer Spitze mit einer Spannweite von 100 % erstreckt. Das Verhältnis des Radius der Fanschaufel an der Nabe zu dem Radius der Fanschaufel an der Spitze kann bei 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 Fanschaufel an der Nabe zu dem Radius der Fanschaufel an der Spitze kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei Werten im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Diese Verhältnisse können allgemein hin als das Nabe-Spitze-Verhältnis bezeichnet werden. Der Radius an der Nabe und der Radius an der Spitze können beide an der vorderen Kante (oder der axial am weitesten vorne liegenden Kante) der Schaufel gemessen werden. Das Nabe-Spitze-Verhältnis bezieht sich natürlich auf den von Gas überströmten Abschnitt der Fanschaufel, d. h. den Abschnitt, der sich radial außerhalb jeglicher Plattform befindet.

Der Radius des Fans kann zwischen der Mittellinie des Triebwerks und der Spitze der Fanschaufel an ihrer vorderen Kante gemessen werden. Der Durchmesser des Fans (der allgemein das Doppelte des Radius des Fans 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 Fandurchmesser kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

Die Drehzahl des Fans kann im Betrieb variieren. Allgemein ist die Drehzahl geringer für Fans mit einem größeren Durchmesser. Lediglich als ein nicht einschränkendes Beispiel kann die Drehzahl des Fans 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 Fans bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen für ein Triebwerk mit einem Fandurchmesser 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 Fans bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen für ein Triebwerk mit einem Fandurchmesser im Bereich von 320 cm bis 380 cm in dem Bereich von 1200 U/min bis 2000 U/min, 5 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.

Im Gebrauch des Gasturbinentriebwerks dreht sich der Fan (mit zugehörigen Fanschaufeln) um eine Drehachse. Diese Drehung führt dazu, dass sich die Spitze 10 der Fanschaufel mit einer Geschwindigkeit U_{Spitze} bewegt. Die von den Fanschaufeln an der Strömung verrichtete Arbeit resultiert in einem Anstieg der Enthalpie dH der Strömung. Eine Fanspitzenbelastung kann als dH/U_{Spitze}^2 definiert werden, wobei dH der Enthalpieanstieg (beispielsweise der durchschnittliche 1-D-Enthalpieanstieg) über den Fan hinweg ist und U_{Spitze} die (Translations-) Geschwindigkeit der 15 Fanspitze, beispielsweise an der vorderen Kante der Spitze, ist (die als Fanspitzenradius am vorderen Rand multipliziert mit der Winkelgeschwindigkeit definiert werden kann). Die Fanspitzenbelastung 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 20 (liegen) (wobei alle Einheiten in diesem Abschnitt $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}/(\text{ms}^{-1})^2$ sind). Die Fanspitzenbelastung kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

25 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 30 das Bypassverhältnis mehr als (oder 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 abgeschlossenen 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 Kerntriebwerks befinden. Die radial äußere Fläche des Bypasskanals kann durch eine Triebwerksgondel und/oder ein Fangehäuse definiert werden.

5 Das Gesamtdruckverhältnis eines Gasturbinentriebwerks, das hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann als das Verhältnis des Staudrucks stromaufwärts des Fans zu dem Staudruck am Ausgang des Höchstdruckverdichters (vor dem Eingang in die Brennvorrichtung) definiert werden. Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann das Gesamtdruckverhältnis eines Gasturbinentriebwerks, das hier
10 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 Gesamtdruckverhältnis kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

15 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
20 in der Größenordnung von): 110 N kg⁻¹s, 105 Nkg⁻¹s, 100 Nkg⁻¹s, 95 Nkg⁻¹s, 90 Nkg⁻¹s, 85 Nkg⁻¹s oder 80 Nkg⁻¹s betragen (liegen). Der spezifische Schub kann in einem abgeschlossenen 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
25 besonders effizient sein.

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
30 beansprucht wird, zur Erzeugung eines Höchstschubs von mindestens (oder in der Größenordnung von): 160 kN, 170 kN, 180 kN, 190 kN, 200 kN, 250 kN, 300 kN, 350 kN, 400 kN, 450 kN, 500 kN oder 550kN in der Lage sein. Der Höchstschub kann in einem abgeschlossenen 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 °C (Umgebungsdruck 101,3 kPa, Temperatur 30 °C) bei statischem Triebwerk sein.

- 5 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 zur Brennvorrichtung, beispielsweise unmittelbar stromaufwärts der ersten Turbinenschaufel, die wiederum als eine Düsenleitschaufel bezeichnet werden kann, gemessen werden. Bei Konstantgeschwindigkeit kann die TET mindestens
10 (oder in der Größenordnung von): 1400 K, 1450 K, 1500 K, 1550 K, 1600 K oder 1650 K betragen (liegen). Die TET bei Konstantgeschwindigkeit kann in einem abgeschlossenen 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
15 der Größenordnung von): 1700 K, 1750 K, 1800 K, 1850 K, 1900 K, 1950 K oder 2000 K betragen (liegen). Die maximale TET kann in einem abgeschlossenen 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
20 MTO-Bedingung (MTO – Maximum Take-Off thrust - maximaler Startschub), auftreten.

- Eine Fanschaufel und/oder ein Blattabschnitt (aerofoil) einer Fanschaufel, die hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann aus einem beliebigen geeigneten
25 Material oder einer Kombination aus Materialien hergestellt werden. Beispielsweise kann zumindest ein Teil der Fanschaufel 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 Fanschaufel und/oder des Blatts
30 zumindest zum Teil aus einem Metall, wie z. B. einem auf Titan basierendem Metall oder einem auf Aluminium basierenden Material (wie z. B. einer Aluminium-Lithium-Legierung) oder einem auf Stahl basierenden Material hergestellt werden. Die Fanschaufel kann mindestens zwei Bereiche umfassen, die unter Verwendung verschiedener Materialien hergestellt werden. Beispielsweise kann die Fanschaufel

eine vordere Schutzkante aufweisen, die 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 eine vordere Kante kann beispielsweise unter Verwendung von Titan oder einer auf Titan basierenden Legierung hergestellt werden. Somit kann die Fanschaufel 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.

Ein Fan, der hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann einen mittleren Abschnitt umfassen, von dem sich die Fanschaufeln, beispielsweise in einer radialen Richtung, erstrecken können. Die Fanschaufeln können auf beliebige gewünschte Art und Weise an dem mittleren Abschnitt angebracht sein. Beispielsweise kann jede Fanschaufel 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 Fanschaufel 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 Fanschaufeln 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 Fanschaufeln aus einem Block maschinell herausgearbeitet werden und/oder mindestens ein Teil der Fanschaufeln kann durch Schweißen, wie z. B. lineares Reibschweißen, an der Nabe/Scheibe angebracht werden.

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 im Betrieb eine Variation des Ausgangsquerschnitts des Bypasskanals erlauben. Die allgemeinen Prinzipien der vorliegenden Offenbarung können auf Triebwerke mit oder ohne eine VAN zutreffen.

Der Fan einer Gasturbine, die hier beschrieben und/oder beansprucht wird, kann

eine beliebige gewünschte Anzahl an Fanschaufeln, beispielsweise 16, 18, 20 oder 22 Fanschaufeln, aufweisen.

Gemäß der hier erfolgenden Verwendung können
5 Konstantgeschwindigkeitsbedingungen die 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
10 (hinsichtlich Zeit und/oder Entfernung) dem Ende des Steigflugs und dem Beginn des Sinkflugs ausgesetzt wird bzw. werden.

Lediglich als ein Beispiel kann die Vorwärtsgeschwindigkeit bei der Konstantgeschwindigkeitsbedingung bei einem beliebigen Punkt im Bereich von
15 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
20 Konstantgeschwindigkeitsbedingung sein. Bei einigen Luftfahrzeugen können die Konstantgeschwindigkeitsbedingung außerhalb dieser Bereiche, beispielsweise unter Mach 0,7 oder über Mach 0,9, liegen.

Lediglich als ein Beispiel können die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen
25 standardmäßigen atmosphärischen Bedingungen bei einer Höhe entsprechen, 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)
30 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. Die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen können standardmäßigen atmosphärischen Bedingungen bei einer beliebigen gegebenen Höhe in diesen Bereichen entsprechen.

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 °C.

5

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 Fanbetrieb ausgelegt ist, entsprechen. Dies kann beispielsweise die Bedingungen, bei denen der Fan (oder das Gasturbinentriebwerk) konstruktionsgemäß den optimalen Wirkungsgrad aufweist, bedeuten.

10

15 Im Betrieb 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 zwei oder vier) Gasturbinentriebwerk(e) zur Bereitstellung von Schubkraft befestigt sein kann, bestimmt werden.

20

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.

25

30

Es werden nun beispielhaft Ausführungsformen mit Bezug auf die Figuren beschrieben; in den Figuren 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 eine Querschnittsansicht eines Zahnrads mit einer
Doppelverzahnung;

Figur 5 eine Querschnittsansicht eines Zahnrads mit einer Verzahnung;
und

Figur 6 ein Verfahren zur Herstellung eines Zahnrads.

Figur 1 stellt ein Gasturbinentriebwerk 10 (z.B. eines Luftfahrzeugs) mit einer
Hauptdrehachse 9 dar. Das Gasturbinentriebwerk 10 umfasst einen Lufteinlass 12
und ein Fan 23, der zwei Luftströme erzeugt: einen Kernluftstrom A und einen
Bypassluftstrom B. Das Gasturbinentriebwerk 10 umfasst einen Kern 11, der den
Kernluftstrom A aufnimmt. Das Kerntriebwerk 11 umfasst in
Axialströmungsreihenfolge einen Niederdruckverdichter 14, einen
Hochdruckverdichter 15, eine Verbrennungseinrichtung 16, eine Hochdruckturbine
17, eine Niederdruckturbine 19 und eine Kernschubdüse 20. Eine Triebwerksgondel
21 umgibt das Gasturbinentriebwerk 10 und definiert einen Bypasskanal 22 und eine
Bypassschubdüse 18. Der Bypassluftstrom B strömt durch den Bypasskanal 22. Der
Fan 23 ist über eine Welle 26 und ein epizykisches Planetengetriebe 30 an der
Niederdruckturbine 19 angebracht und wird durch diese angetrieben.

Im Betrieb 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. Der Fan 23 stellt allgemein den Hauptteil der Schubkraft bereit. Das epizyklische Planetengetriebe 30 ist ein Untersetzungsgetriebe.

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

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 den Fan 23 umfassen) und/oder die Turbinen- und Verdichterstufe, die durch die verbindende Welle 26 mit der niedrigsten Drehzahl in dem Triebwerk (d. h. dass sie nicht die Getriebeausgangswelle, die den Fan 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 der Fan 23 als eine erste Verdichtungsstufe oder Verdichtungsstufe mit dem niedrigsten Druck bezeichnet werden.

Das epizyklische Planetengetriebe 30 wird in Figur 3 beispielhaft genauer gezeigt.

Das Sonnenrad 28, die Planetenräder 32 und das Hohlrad 38 umfassen jeweils Zähne an ihrem Umfang, um ein Kämmen mit den anderen Zahnrädern zu ermöglichen. 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 epizylichen Planetengetriebes 30 umfassen allgemein mindestens drei Planetenräder 32.

Das in Figur 2 und 3 beispielhaft dargestellte epizyklische Planetengetriebe 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 Planetengetriebe 30 verwendet werden. Als ein weiteres Beispiel kann das Planetengetriebe 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 der Fan 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.

Jedes der Planetenräder 32 ist auf einem Lagerstift 35 des Planetenträgers 34 drehbar gelagert, vorliegend über ein Gleitlager, das im konkreten Beispiel mit einem Schmiermittel, z.B. einem Triebwerksöl, geschmiert ist. Alternativ sind die Planetenräder 32 mittels eines Kugel- oder Rollenlagers gelagert.

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 Gasturbinentriebwerk 10 und/oder zur Verbindung des Getriebes 30 mit dem Gasturbinentriebwerk 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 Gasturbinentriebwerks 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 Gasturbinentriebwerks 10 (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.

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

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

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 Turbofantriebwerk bezieht, kann die Offenbarung beispielsweise bei einer beliebigen Art von Gasturbinentriebwerk, wie z. B. bei einem Open-Rotor- (bei dem die Fanstufe nicht von einer Triebwerksgondel umgeben wird)

oder einem Turboprop-Triebwerk, angewendet werden.

Die Geometrie des Gasturbinentriebwerks 10 und Komponenten davon wird bzw. werden durch ein herkömmliches Achsensystem definiert, das eine axiale Richtung
5 (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.

10 Figur 4 zeigt ein Zahnrad 32, bei dem es sich vorliegend um eines der Planetenräder 32 des Getriebes 30 gemäß Figur 3 handelt.

Das Planetenrad 32 ist zweiteilig ausgebildet. Es umfasst einen Kranz 50 und eine Hülse 52.

15 Am Kranz 50 ist eine Außenverzahnung 51 ausgebildet. Die Außenverzahnung 51 verläuft konzentrisch zu einer Drehachse D des Planetenrads 32. Im Beispiel gemäß Figur 4 ist die Außenverzahnung 51 als Doppelverzahnung ausgebildet, die zwei parallel zur Drehachse D voneinander beabstandete Verzahnungsabschnitte
20 aufweist. Die Doppelverzahnung ist optional als Doppelschrägverzahnung ausgebildet, z.B. mit V-förmig angeordneten Zähnen.

Zwischen den Verzahnungsabschnitten ist eine umlaufende Rille 55 ausgebildet, über welche z.B. Schmiermittel effektiv eingebracht werden kann. Wenn das
25 Planetenrad 32 im Getriebe 30 montiert ist, dann ist es um die Drehachse D drehbar am Lagerstift 35 gelagert. Der Kranz 50 ist hohl und bildet eine Aufnahme 53 aus. Die Aufnahme 53 ist zumindest abschnittsweise kreiszylindrisch geformt. Der Kranz 50 weist in radialer Richtung R in Bezug auf die Drehachse D eine radiale Dicke dK auf. Die radiale Dicke dK des Kranzes 50 wird von einer Innenseite des Kranzes 50
30 (die vorliegend die Aufnahme 53 definiert) radial nach außen bis zum tiefsten Punkt eines Zahnfußbereichs zwischen zwei benachbarten Zähnen der Außenverzahnung 51 gemessen. Die radiale Dicke dK des Kranzes 50 ist z.B. gleich dem Modul m der Außenverzahnung 51, oder größer dem Modul m der Außenverzahnung 51:
 $dK \geq m$.

Die Hülse 52 ist in die Aufnahme 53 des Kranzes 50 eingesetzt, vorliegend mit einer Presspassung. Die Hülse 52 ist zumindest abschnittsweise, insbesondere vollständig, kreiszylindrisch ausgebildet. Ferner ist die Hülse 52 hohl und bildet eine Lageraufnahme 54 aus. Mit der Lageraufnahme 54 kann das Planetenrad 32 auf den Lagerstift 35 aufgesetzt werden. Die Hülse 53 weist in radialer Richtung R eine radiale Dicke d_H auf. Die radiale Dicke d_H wird von der Innenseite der Hülse 52 (die vorliegend die Lageraufnahme 54 definiert) bis zu einer Außenseite der Hülse 52 gemessen (die vorliegend in flächiger Anlage mit der Innenseite des Kranzes 50 steht).

Die radiale Dicke d_H der Hülse 52 entspricht mindestens dem Modul m der Außenverzahnung 51: $d_H \geq m$, insbesondere mindestens dem 1,2-fachen des Moduls m : $d_H \geq 1,2 \cdot m$. Alternativ oder zusätzlich entspricht die radiale Dicke d_H der Hülse 52 mindestens der radialen Dicke d_K des Kranzes 50. Im vorliegenden Beispiel entspricht die radiale Dicke der Hülse dem 1,3-fachen des Moduls m der Außenverzahnung 51.

Die Hülse 52 erstreckt sich durch den Kranz 50 hindurch. Vorliegend weisen die Hülse 52 und der Kranz 50 entlang der Drehachse D dieselbe Breite auf.

Der Kranz 50 ist einstückig mit den Zähnen der Außenverzahnung 51 ausgebildet. Der Kranz 50 besteht aus Stahl (auch die Außenverzahnung 51 besteht aus Stahl).

Die Hülse 52 ist einstückig ausgebildet. Die Hülse 52 besteht aus einer Keramik. Die Keramik weist ein E-Modul von 350 GPa oder mehr auf, sowie eine Druckfestigkeit von 1600 MPa oder mehr. Die Keramik weist eine niedrigere Dichte auf als der Stahl.

Durch den Einsatz der Hülse 52 aus Keramik mit der vorstehend angegebenen Dicke erhält das Zahnrad 32 eine Steifigkeit, die über einer einstückigen Ausbildung des Zahnrad mit derselben Geometrie und vollständig aus Stahl liegt. Zudem ist durch den Einsatz der Keramik das Gewicht des Zahnrad 32 gegenüber einer vollständigen Ausbildung aus Stahl reduziert. Hierdurch werden die im Betrieb wirkenden Zentrifugalkräfte verringert, was eine Reduzierung des Materialeinsatzes

und eine Erhöhung der Lebensdauer erlaubt. Somit ist ein besonders leichtes, belastbares und langlebiges Zahnrad 32 möglich. Im Ergebnis wird eine steifigkeitserhöhte Lagerung der Planetenräder 32 ermöglicht. In einem Test konnte eine um 70% gegenüber einem alternativen, nur als Stahl gefertigten Planetenrad erhöhte Steifigkeit erreicht werden. Die erhöhte Steifigkeit erlaubt es zusätzlich, mögliche Verformungen des Kranzes 50 durch im Betrieb auf die Zähne der Außenverzahnung 51 wirkende Kräfte zu reduzieren. Durch ein reduziertes Gewicht der Planetenräder 32 werden auch die Lagerstifte 35 weniger stark durch die dann kleineren Zentrifugalkräfte deformiert. Hierdurch kann wiederum eine verbesserte Verteilung eines Ölfilms an den Lagerstiften 35 erzielt werden.

Durch die erhöhte Steifigkeit ist es ferner möglich, geringere Spaltmaße zu wählen, sodass ein verbesserter Zahneingriff möglich ist.

Zusätzlich sind durch den Einsatz des Keramikmaterials verbesserte Trockenlaufeigenschaften möglich.

Optional umfasst/umfassen der Kranz 50 an seiner Innenseite und/oder die Hülse 52 an ihrer Außenseite eine Rändelung und/oder eine aufgeraute Oberfläche, um den Halt der beiden Teile aneinander weiter zu verbessern.

Figur 5 zeigt ein Zahnrad 132, welches in Form eines Planetenrades und analog zum Planetenrad 32 gemäß Fig. 4 ausgebildet ist, im Unterschied dazu jedoch keine Doppelverzahnung sondern eine Einfachverzahnung als Außenverzahnung 151 aufweist. Die Außenverzahnung 151 kann ebenfalls gerade oder schräg ausgebildet sein.

In Figur 5 ist ferner gezeigt, dass der Kranz 150 und die Hülse 152 mit zueinander passenden Stufen 56, 57 ausgebildet sein können. An den Stufen 56, 57 weisen der Kranz 150 und die Hülse 152 jeweils einen gegenüber benachbarten Bereichen (leicht) reduzierten Innendurchmesser auf. Die Stufen 56, 57 können an beiden gegenüberliegenden Seitenflächen des Kranzes 50 und der Hülse 52 ausgebildet sein. Die Stufen 56, 57 tragen durch einen zusätzlichen Formschluss dazu bei, dass der Kranz 50 unverlierbar an der Hülse 52 gesichert ist. In radialer Richtung R in

Bezug auf die Drehachse D sind die Stufen 56, 57 weniger hoch als der Betrag, um den der Radius des Kranzes 50 beim Erwärmen für die Presspassung aufgeweitet wird. Beispielsweise liegen die Höhen der Stufen 56, 57 im Bereich von Mikrometern. Die Stufen 56, 57 sind optional.

5

Figur 6 zeigt ein Verfahren zur Herstellung eines Zahnrads 32, 132. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

10 Schritt S1: Bereitstellen des Kranzes 50, 150, der die um die Drehachse D des Zahnrads 32, 132 umlaufenden Außenverzahnung 51, 151 aufweist

15 Schritt S2: Bereitstellen der Hülse 52, 152, die das Keramikmaterial umfasst oder daraus besteht und in radialer Richtung R in Bezug auf die Drehachse D die radiale Dicke d_H aufweist, die mindestens dem Modul der Außenverzahnung 51, 151 und/oder mindestens der radialen Dicke d_K des Kranzes 50, 150 entspricht.

Die Schritte S1 und S2 können in dieser Reihenfolge, umgekehrt oder gleichzeitig durchgeführt werden.

20 Schritt S3: Einsetzen der Hülse 52, 152 in die Aufnahme 53 des Kranzes 50, 150 und Herstellen einer festen Verbindung zwischen der Hülse 52, 152 und dem Kranz 50, 150, und zwar vorliegend mittels einer Presspassung.

25 Für die Presspassung wird der Kranz erwärmt, sodass er sich ausdehnt. Die Hülse weist eine solche Größe auf, dass sie in den Kranz eingeschoben werden kann, wenn dieser erwärmt ist und infolge des Abkühlens des Kranzes in flächiger Anlage mit dem Kranz gelangt und daran unter Spannung befestigt ist. Insbesondere kann also der Kranz 50, 151 auf die Hülse 52, 152 aufgeschrumpft werden.

30 In dem Getriebe 30 können im Betrieb typischerweise Temperaturen zwischen -40°C und $+140^{\circ}\text{C}$ auftreten. Für den Kranz 50 und die Hülse werden Materialkombinationen gewählt, die folgende Bedingung erfüllen: das Keramikmaterial der Hülse 52, 152 weist bei den im Betrieb typischerweise auftretenden Temperaturen einen ersten thermischen Expansionskoeffizienten auf

und der Stahl des Kranzes 50, 150 weist einen zweiten thermischen Expansionskoeffizienten auf, wobei der erste thermische Expansionskoeffizient mindestens 80% des zweiten thermischen Expansionskoeffizienten beträgt, gleich groß ist wie oder größer ist als der zweite thermische Expansionskoeffizient.

5 Insbesondere kann der erste thermische Expansionskoeffizient dem zweiten thermischen Expansionskoeffizienten +/- 60%, insbesondere +/- 19% entsprechen. Zum Beispiel ist der erste thermische Expansionskoeffizient gleich groß oder größer als der zweite thermische Expansionskoeffizient und darüber hinaus kleiner als das 1,19-fache des zweiten thermischen Expansionskoeffizienten. Hierdurch wird jeweils
10 erreicht, dass sich die beiden Teile im Betrieb nicht voneinander lösen, wobei die letztgenannten Bedingungen zu einer besonders sicheren Verbindung führen.

Der Stahl des Kranzes 50, 150 weist z.B. einen Expansionskoeffizienten auf, der 11 bis $13 / (10^6 \text{K})$ beträgt.

15 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. Beliebige der Merkmale können separat oder in
20 Kombination mit beliebigen anderen Merkmalen eingesetzt werden, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen, und die Offenbarung dehnt sich auf alle Kombinationen und Unterkombinationen eines oder mehrerer Merkmale, die hier beschrieben werden, aus und umfasst diese.

Bezugszeichenliste

	9	Hauptdrehachse
	10	Gasturbinentriebwerk
5	11	Kerntriebwerk
	12	Lufteinlass
	14	Niederdruckverdichter
	15	Hochdruckverdichter
	16	Verbrennungseinrichtung
10	17	Hochdruckturbine
	18	Bypassschubdüse
	19	Niederdruckturbine
	20	Kernschubdüse
	21	Triebwerksgondel
15	22	Bypasskanal
	23	Fan
	24	stationäre Stützstruktur
	26	Welle
	27	Verbindungswelle
20	28	Sonnenrad
	30	Getriebe
	32, 132	Planetenrad (Zahnrad)
	34	Planetenträger
	35	Lagerstift
25	36	Gestänge
	38	Hohlrad
	40	Gestänge
	50, 150	Kranz
	51, 151	Außenverzahnung
30	52, 152	Hülse
	53	Aufnahme
	54	Lageraufnahme
	55	Rille
	56, 57	Stufe

	A	Kernluftstrom
	B	Bypassluftstrom
	D	Drehachse
	dH	radiale Dicke der Hülse
5	dK	radiale Dicke des Kranzes
	R	radiale Richtung

Ansprüche

1. Zahnrad (32, 132), umfassend:

- 5 - einen Kranz (50, 150) mit zumindest einer um eine Drehachse (D) des Zahnrads (32, 132) umlaufenden Außenverzahnung (51, 151) mit einem Modul und
- eine Hülse (52, 152), die ein Keramikmaterial umfasst oder daraus besteht und in eine Aufnahme (53) des Kranzes (50, 150) eingesetzt ist,

10

wobei die Hülse (52, 152) in radialer Richtung (R) in Bezug auf die Drehachse (D) eine radiale Dicke (dH) aufweist, die mindestens dem Modul der Außenverzahnung (51, 151) und/oder mindestens einer radialen Dicke (dK) des Kranzes (50, 150) entspricht.

15

2. Zahnrad (32, 132) nach Anspruch 1, wobei die radiale Dicke (dH) der Hülse (52, 152) dem 1,2 bis 1,5-fachen des Moduls der Außenverzahnung (51, 151) entspricht.

20

3. Zahnrad (32, 132) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Keramikmaterial der Hülse (52, 152) einen ersten thermischen Expansionskoeffizienten aufweist und der Kranz (50, 150) ein Material umfasst oder daraus besteht, das einen zweiten thermischen Expansionskoeffizienten aufweist, wobei der erste thermische Expansionskoeffizient mindestens 80% des zweiten thermischen Expansionskoeffizienten beträgt, gleich groß ist wie oder größer ist als der zweite thermische Expansionskoeffizient.

25

30

4. Zahnrad (32, 132) nach Anspruch 3, wobei der erste thermische Expansionskoeffizient dem zweiten thermischen Expansionskoeffizienten +/- 19% entspricht.

5. Zahnrad (32, 132) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kranz (50, 151) aus Stahl besteht.

5

6. Zahnrad (32, 132) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Keramikmaterial ein E-Modul von 350 GPa oder mehr aufweist.

- 10 7. Zahnrad (32, 132) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Keramikmaterial eine Druckfestigkeit von 1600 MPa oder mehr aufweist.

- 15 8. Zahnrad (32, 132) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kranz (50, 150) ein Material umfasst oder daraus besteht, dessen Dichte größer ist als die Dichte des Keramikmaterials.

- 20 9. Zahnrad (32, 132) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kranz (50, 150) durch eine Presspassung fest mit der Hülse (52, 152) verbunden ist.

- 25 10. Getriebe (30), umfassend zumindest ein Zahnrad (32, 132) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

11. Getriebe (30) nach Anspruch 10, wobei das Getriebe (30) ein Planetengetriebe ist und das Zahnrad (32, 132) ein Planetenrad.

30

12. Getriebe (30) nach Anspruch 11, umfassend einen Planetenträger (34) mit einem Lagerstift (35), wobei der Lagerstift (35) mit der Hülse (52, 152) ein Gleitlager ausbildet.

13. Gasturbinentriebwerk (10) für ein Luftfahrzeug, das Folgendes umfasst:

- 5
- ein Kerntriebwerk (11), das eine Turbine (19), einen Verdichter (14) und eine die Turbine mit dem Verdichter verbindende Kernwelle (26) umfasst;
 - einen Fan (23), der stromaufwärts des Kerntriebwerks (11) positioniert ist, wobei der Fan (23) mehrere Fanschaufeln umfasst; und
 - ein Getriebe (30), das von der Kernwelle (26) antreibbar ist, wobei der Fan (23) mittels des Getriebes (30) mit einer niedrigeren Drehzahl als die Kernwelle (26) antreibbar ist;
- 10
- wobei das Getriebe (30) nach einem der Ansprüche 10 bis 12 ausgebildet ist.

15

14. Gasturbinentriebwerk (10) nach Anspruch 13, wobei:

- die Turbine eine erste Turbine (19) ist, der Verdichter ein erster Verdichter (14) ist und die Kernwelle eine erste Kernwelle (26) ist;
- 20
- das Kerntriebwerk (11) ferner eine zweite Turbine (17), einen zweiten Verdichter (15) und eine zweite Kernwelle (27), die die zweite Turbine mit dem zweiten Verdichter verbindet, umfasst; und
 - die zweite Turbine, der zweite Verdichter und die zweite Kernwelle dahingehend angeordnet sind, sich mit einer höheren Drehzahl als die erste Kernwelle zu drehen.
- 25

15. Verfahren zur Herstellung eines Zahnrads (32, 132), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend die folgenden Schritte:

30

- Bereitstellen (S1) eines Kranzes;
- Bereitstellen (S2) einer Hülse (52, 152), die ein Keramikmaterial umfasst oder daraus besteht; und
- Einsetzen (S3) der Hülse (52, 152) in eine Aufnahme (53) des Kranzes (50,

150),

wobei der Kranz (50, 150) zumindest eine um eine Drehachse (D) des Zahnrads (32, 132) umlaufende Außenverzahnung (51, 151) mit einem Modul aufweist und die Hülse (52, 152) in radialer Richtung (R) in Bezug auf die Drehachse (D) eine radiale Dicke (dH) aufweist, die mindestens dem Modul der Außenverzahnung (51, 151) und/oder mindestens einer radialen Dicke (dK) des Kranzes (50, 150) entspricht.

10

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei bei dem Einsetzen (S3) der Hülse eine Presspassung hergestellt wird.

1/4

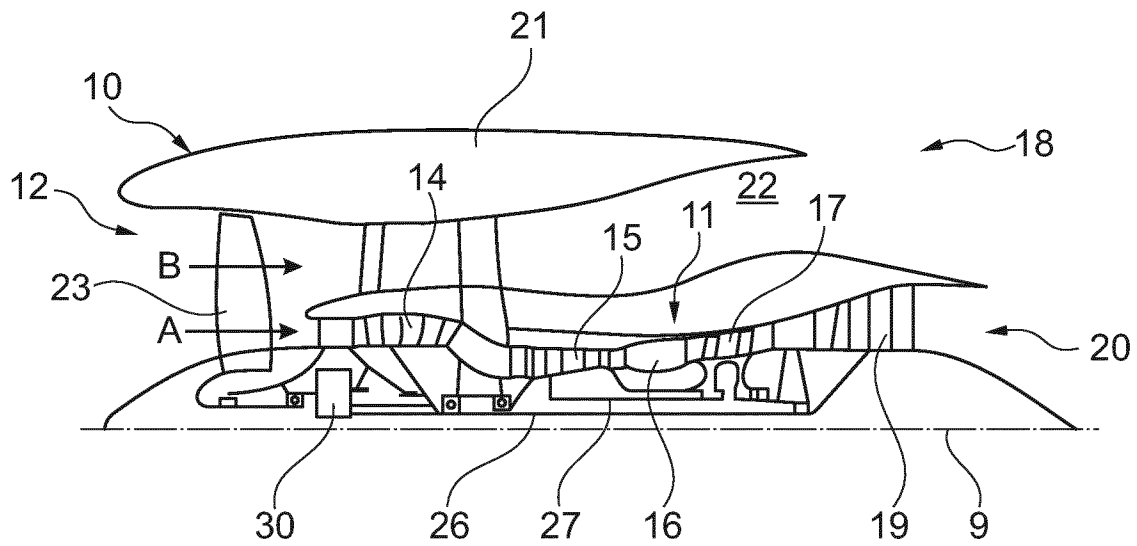


Fig. 1

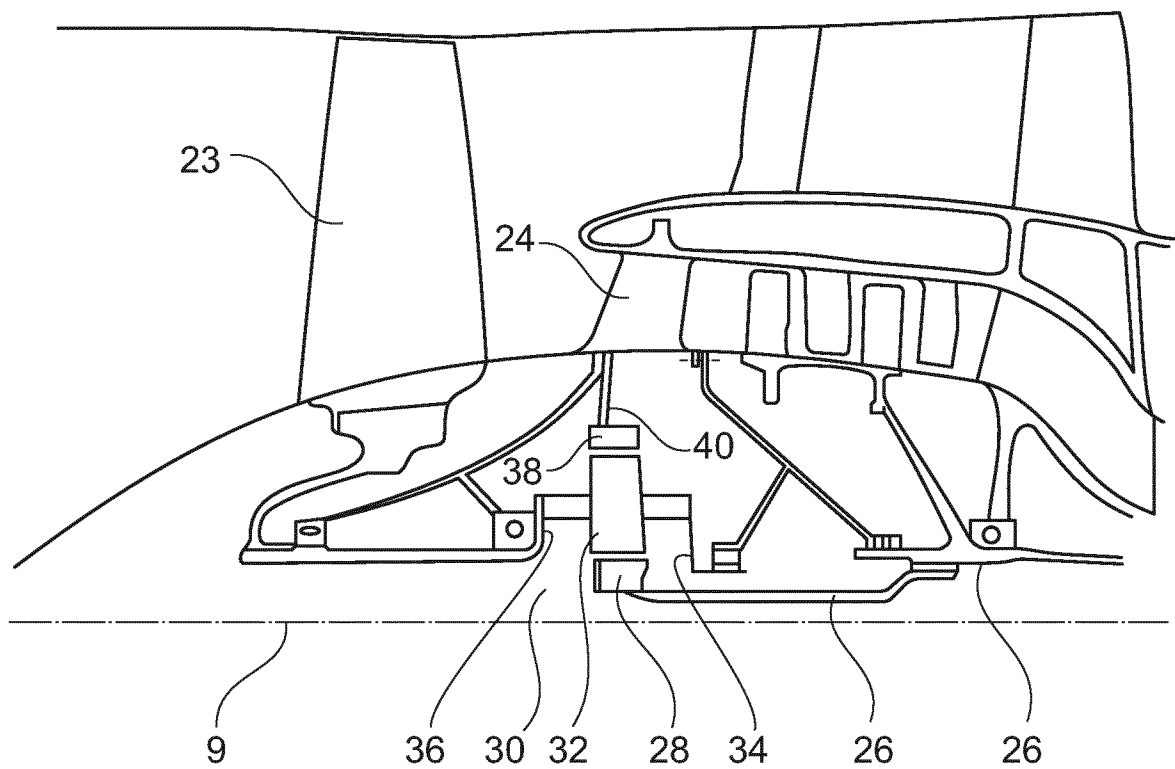


Fig. 2

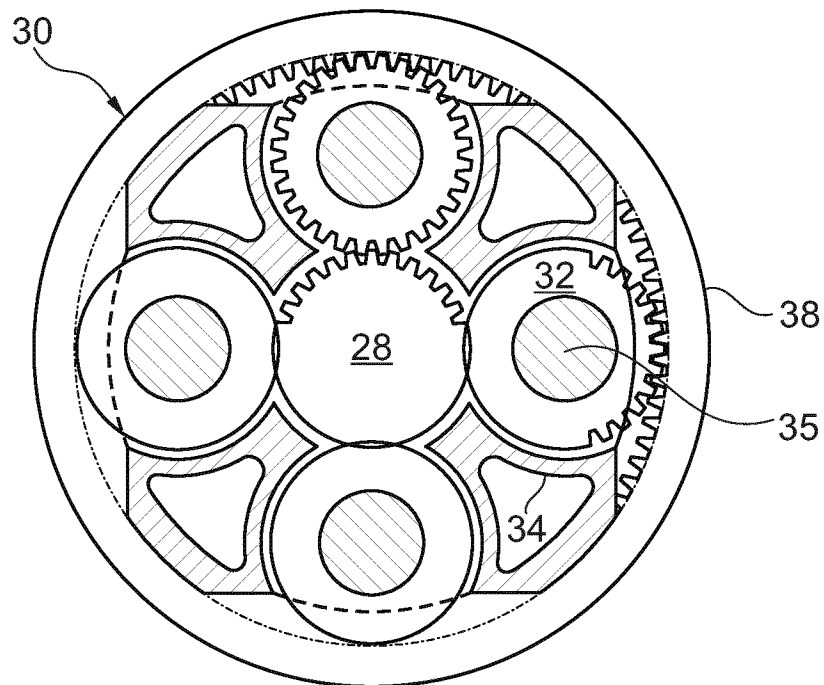


Fig. 3

3/4

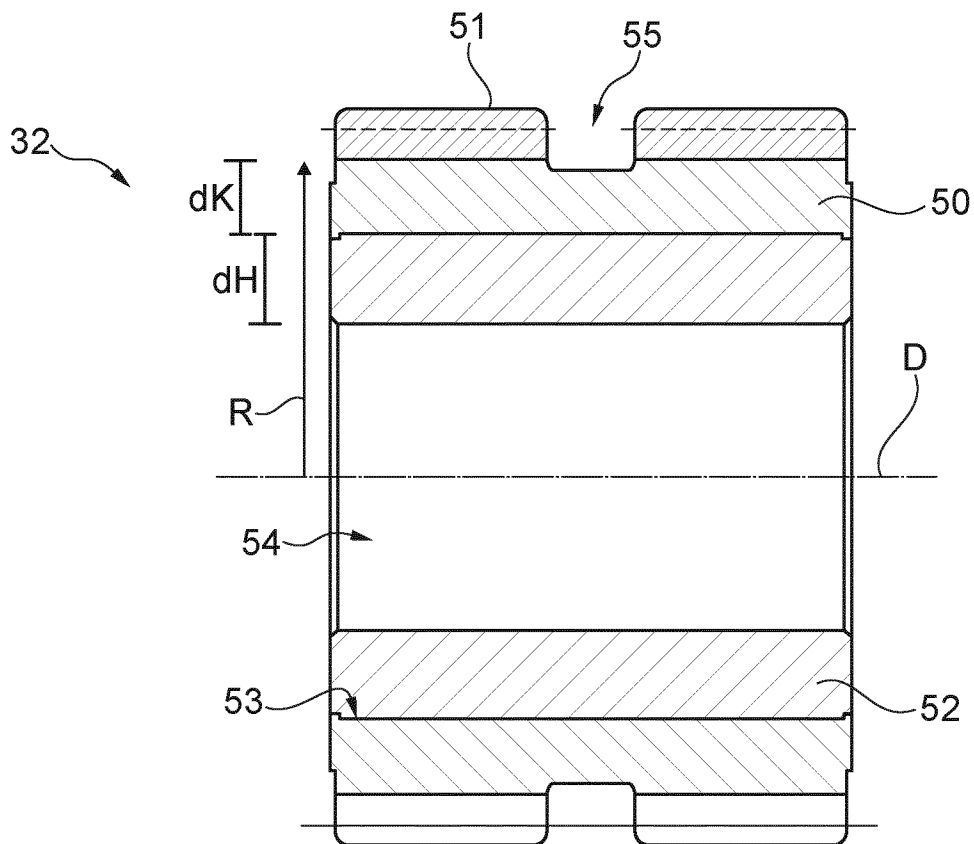


Fig. 4

4/4

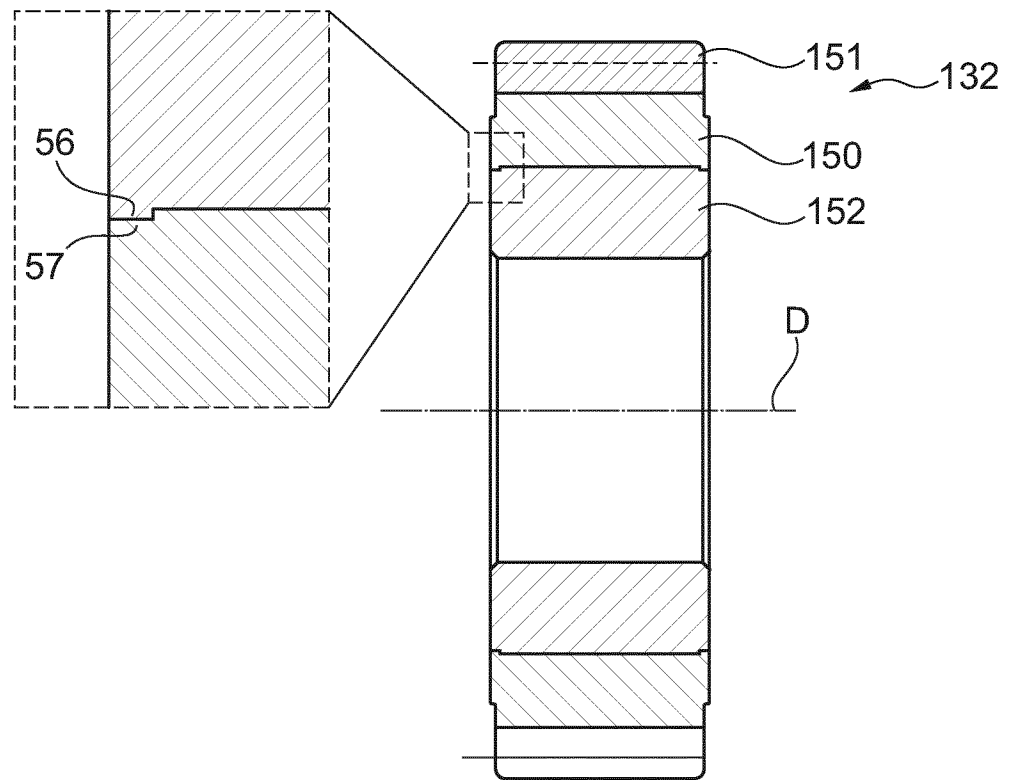


Fig. 5

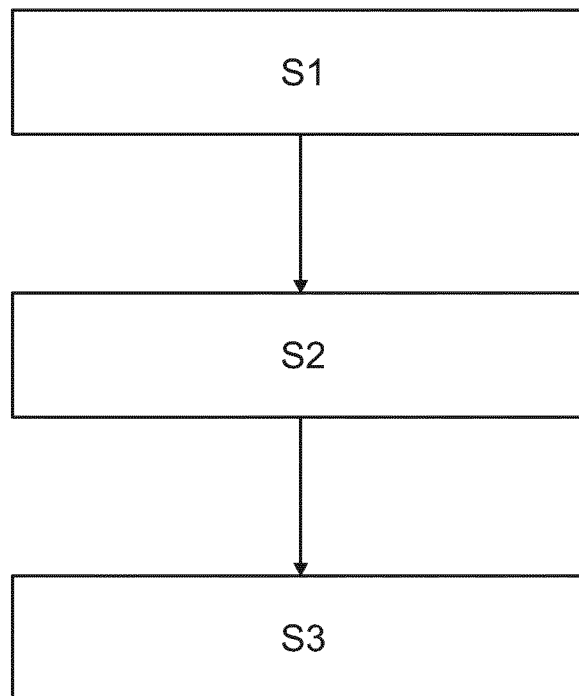


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/075897

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F16H 55/06**(2006.01)i; **F16H 55/14**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008146402 A1 (SHINOHARA RYUTARO [JP]) 19 June 2008 (2008-06-19) paragraphs [0020], [0004]; figure 2	1-16
A	DE 10061397 A1 (DESCH ANTRIEBSTECHNIK GMBH & CO KG [DE]) 08 May 2002 (2002-05-08) paragraph [0025]; figure 1	1-16
A	US 5827147 A (STEWART MATTHEW M [US]) 27 October 1998 (1998-10-27) column 1, line 60 - column 2, line 7; figure 4	1-16
A	US 2018306247 A1 (PLOGMANN MICHAEL [DE] ET AL) 25 October 2018 (2018-10-25) paragraphs [0013], [0034]; figure 1	1-16
A	WO 2012130304 A1 (KAERCHER GMBH & CO KG ALFRED [DE]; MUELLER WOLFGANG [DE] ET AL.) 04 October 2012 (2012-10-04) figure 3	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 October 2020

Date of mailing of the international search report

29 October 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Revilla, Xavier

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/075897

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2008146402	A1	19 June 2008	CN	101205967	A	25 June 2008
				DE	102007063422	A1	17 July 2008
				JP	4919154	B2	18 April 2012
				JP	2008151277	A	03 July 2008
				US	2008146402	A1	19 June 2008
DE	10061397	A1	08 May 2002	NONE			
US	5827147	A	27 October 1998	NONE			
US	2018306247	A1	25 October 2018	CN	108138838	A	08 June 2018
				DE	102016219800	A1	13 April 2017
				EP	3362696	A1	22 August 2018
				US	2018306247	A1	25 October 2018
				WO	2017063650	A1	20 April 2017
WO	2012130304	A1	04 October 2012	BR	112013018724	A2	25 October 2016
				CN	103477122	A	25 December 2013
				EP	2691673	A1	05 February 2014
				WO	2012130304	A1	04 October 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F16H55/06 F16H55/14
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F16H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2008/146402 A1 (SHINOHARA RYUTARO [JP]) 19. Juni 2008 (2008-06-19) Absätze [0020], [0004]; Abbildung 2 -----	1-16
A	DE 100 61 397 A1 (DESCH ANTRIEBSTECHNIK GMBH & CO KG [DE]) 8. Mai 2002 (2002-05-08) Absatz [0025]; Abbildung 1 -----	1-16
A	US 5 827 147 A (STEWART MATTHEW M [US]) 27. Oktober 1998 (1998-10-27) Spalte 1, Zeile 60 - Spalte 2, Zeile 7; Abbildung 4 -----	1-16
A	US 2018/306247 A1 (PLOGMANN MICHAEL [DE] ET AL) 25. Oktober 2018 (2018-10-25) Absätze [0013], [0034]; Abbildung 1 ----- -/-	1-16

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Oktober 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/10/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Revilla, Xavier

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2012/130304 A1 (KAERCHER GMBH & CO KG ALFRED [DE]; MUELLER WOLFGANG [DE] ET AL.) 4. Oktober 2012 (2012-10-04) Abbildung 3 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/075897

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008146402	A1	19-06-2008	CN 101205967 A	25-06-2008
			DE 102007063422 A1	17-07-2008
			JP 4919154 B2	18-04-2012
			JP 2008151277 A	03-07-2008
			US 2008146402 A1	19-06-2008

DE 10061397	A1	08-05-2002	KEINE	

US 5827147	A	27-10-1998	KEINE	

US 2018306247	A1	25-10-2018	CN 108138838 A	08-06-2018
			DE 102016219800 A1	13-04-2017
			EP 3362696 A1	22-08-2018
			US 2018306247 A1	25-10-2018
			WO 2017063650 A1	20-04-2017

WO 2012130304	A1	04-10-2012	BR 112013018724 A2	25-10-2016
			CN 103477122 A	25-12-2013
			EP 2691673 A1	05-02-2014
			WO 2012130304 A1	04-10-2012
