



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 203 304.8**

(22) Anmeldetag: **06.03.2018**

(43) Offenlegungstag: **12.09.2019**

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

(71) Anmelder:

MTU Aero Engines AG, 80995 München, DE

(72) Erfinder:

**Brignole, Giovanni, Dr., 80939 München, DE;
Mayenberger, Tobias, 80335 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

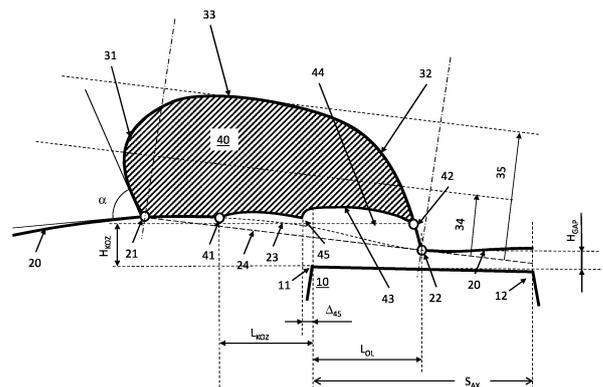
DE	103 30 084	B4
DE	10 2007 056 953	B4
EP	2 143 956	A2
EP	2 927 503	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Gasturbinenverdichter**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gasturbinenverdichter, mit wenigstens einer Schaufelspitze (10), die eine stromaufwärtige Vorderkante (11) und eine stromabwärtige Hinterkante (12) aufweist, und einer dieser Schaufelspitze radial gegenüberliegenden Strömungskanalwandung (20), in der eine Umfangsnut (31-33), die eine stromaufwärtige Nutkante (21) und eine stromabwärtige Nutkante (22) aufweist, angeordnet ist, wobei in der Umfangsnut wenigstens ein Steg (40) angeordnet ist, der einen radialen Rückschnitt (44) aufweist, wobei in wenigstens einem Meridianschnitt durch eine schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges ein axialer Abstand (L_{KOZ}) zwischen einem stromaufwärtigen Anfang (41) des Rückschnitts und der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze wenigstens 1% und/oder höchstens 40% einer Sehnenlänge (S_{AX}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) und der stromabwärtigen Hinterkante (12) der Schaufelspitze beträgt und/oder ein axialer Abstand (L_{OL}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze und der stromabwärtigen Nutkante (22) wenigstens 5% und/oder höchstens 40% der Sehnenlänge (S_{AX}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) und der stromabwärtigen Hinterkante (12) der Schaufelspitze beträgt und/oder ein axialer Abstand (Δ_{45}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze und einem Knick einer schaufelspitzenseitigen Oberkante (43) des Stegs im Rückschnitt höchstens 10% ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gasturbinenverdichter sowie ein Flugtriebwerk mit einem solchen Gasturbinenverdichter und ein Verfahren zum Auslegen eines solchen Gasturbinenverdichters.

[0002] Aus der EP2927503 A1 ist ein Gasturbinenverdichter mit Schaufelspitzen, die jeweils eine stromaufwärtige Vorder- und eine stromabwärtige Hinterkante aufweisen, und einer diesen Schaufelspitzen radial gegenüberliegenden Strömungskanalwandung bekannt, in der eine Umfangsnut, die eine stromauf- und eine stromabwärtige Nutkante aufweist, angeordnet ist, wobei in der Umfangsnut Stege angeordnet sind, die jeweils einen radialen Rückschnitt aufweisen.

[0003] Eine Aufgabe einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist es, einen Gasturbinenverdichter zu verbessern.

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen Gasturbinenverdichter mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ansprüche 10, 11 stellen ein Flugtriebwerk mit einem hier beschriebenen Gasturbinenverdichter bzw. ein Verfahren zum Auslegen eines hier beschriebenen Gasturbinenverdichters unter Schutz. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0005] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein, insbesondere axialer, Gasturbinenverdichter eine oder mehrere in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Schaufeln mit, insbesondere deckbandlosen, Schaufelspitzen und eine diesen radial gegenüberliegende Strömungskanalwandung auf.

[0006] Der Gasturbinenverdichter ist in einer Ausführung ein Gasturbinenverdichter für ein Flugtriebwerk bzw. eines Flugtriebwerks, er kann insbesondere ein in einer Gasturbine stromaufwärts vor einem weiteren Gasturbinenverdichter angeordneter Niederdruckverdichter oder ein stromabwärts nach einem weiteren Gasturbinenverdichter angeordneter Hochdruckverdichter sein. Die Schaufeln sind in einer Ausführung an einem drehbar gelagerten Rotor angeordnete, im Betrieb umlaufende Laufschaufeln, deren radial äußeren Schaufelspitzen die gehäusefeste Strömungskanalwandung radial außen gegenüberliegt. In einer anderen Ausführung sind die Schaufeln gehäusefeste Leitschaufeln, denen die im Betrieb umlaufende, drehbar gelagerte Strömungskanalwandung radial innen gegenüberliegt.

[0007] In einer Ausführung ist eine axiale Richtung in fachüblicher Weise parallel zur Drehachse des Verdichters, eine Umfangsrichtung eine Drehrichtung um

diese Drehachse und eine radiale Richtung senkrecht zur axialen und Umfangsrichtung. Stromauf- bzw. -abwärts bezieht sich in einer Ausführung in fachüblicher Weise auf eine (normale) Durchströmung(srichtung) des Verdichters, so dass in einer Ausführung stromaufwärtig einem Einlass und stromabwärtig einem Auslass des Verdichters näher liegt.

[0008] In der Strömungskanalwandung ist eine Umfangsnut angeordnet. Diese weist in einer Ausführung eine stromaufwärtige Nutflanke, die in einer stromaufwärtigen Nutkante in die Strömungskanalwandung übergeht, eine stromabwärtige Nutflanke, die in einer stromabwärtigen Nutkante in die Strömungskanalwandung übergeht, und einen diese Nutflanken verbindenden Nutgrund auf. Eine Nutkante kann in einer Ausführung scharfkantig bzw. eckig oder auch abgerundet sein bzw. einen Radius aufweisen, wobei dann für Maßangaben dessen Mittelpunkt oder Schnittpunkt seiner beiden äußersten Tangenten die Nutkante definieren kann.

[0009] In einer Ausführung weist die stromaufwärtige Nutflanke und/oder die stromabwärtige Nutflanke eine axiale Hinterschneidung auf, deren Querschnittsfläche in wenigstens einem Meridianschnitt in einer Weiterbildung weniger als 10% einer Querschnittsfläche der Umfangsnut zwischen ihrer stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante beträgt.

[0010] Ein Meridianschnitt im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein ebener Schnitt, der die Drehachse des Verdichters enthält. Eine axiale Hinterschneidung der stromaufwärtigen Nutflanke ist ein Bereich dieser Nutflanke, der in axialer Richtung stromaufwärts vor der stromaufwärtigen Nutkante angeordnet ist. Entsprechend ist eine axiale Hinterschneidung der stromabwärtigen Nutflanke ein Bereich dieser Nutflanke, der in axialer Richtung stromabwärts hinter der stromabwärtigen Nutkante angeordnet ist. Eine Querschnittsfläche der Umfangsnut zwischen ihrer stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante ist entsprechend die Fläche, die im Meridianschnitt vom Nutgrund, einer geraden Verbindungslinie zwischen der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante und Senkrechten durch die stromaufwärtige und stromabwärtige Nutkante begrenzt ist.

[0011] Die Umfangsnut erstreckt sich in einer Ausführung, insbesondere durchgehend bzw. unterbrechungsfrei, über den vollen Umfang der Strömungskanalwandung bzw. über 360°. Mit anderen Worten ist in einer Ausführung die stromaufwärtige und stromabwärtige Nutkante jeweils eine durchgehende Kante, die sich unterbrechungsfrei über 360° erstreckt. Hierdurch kann in einer Ausführung die Herstellung und/oder Aerodynamik der Umfangsnut verbessert werden.

[0012] In der Umfangsnut sind ein oder mehrere Stege angeordnet. Mehrere benachbarte, insbesondere alle Stege, können in einer Ausführung gleichartig ausgebildet sein, insbesondere, wenigstens im Wesentlichen, identische Abmessungen und Konturen aufweisen. Hierdurch kann in einer Ausführung die Herstellung und/oder Aerodynamik der Umfangsnut verbessert werden. Gleichermaßen können benachbarte Stege in einer Ausführung verschiedenartig ausgebildet sein, insbesondere unterschiedliche Abmessungen und/oder Konturen aufweisen. Hierdurch können in einer Ausführung gezielt Asymmetrien dargestellt oder kompensiert werden. Drei oder mehr, insbesondere alle, Stege können in Umfangsrichtung äquidistant beabstandet sein. Gleichermaßen können drei oder mehr, insbesondere alle, Stege in Umfangsrichtung paarweise unterschiedliche Abstände voneinander aufweisen.

[0013] Ein oder mehrere, vorzugsweise alle Stege weisen einen radialen Rückschnitt auf. Unter einem radialen Rückschnitt wird vorliegend insbesondere ein Leerraum zwischen einer schaufelseitigen Stirnseite des Steges und deren Projektion in eine Referenzfläche verstanden, die sich von der stromaufwärtigen Nutkante zu der stromabwärtigen Nutkante erstreckt, wobei die Krümmung der Referenzfläche in den Meridianschnitten durch die Stirnseite gleich Unendlich oder an der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante gleich der Krümmung der Strömungskanalwandung und dazwischen in axialer Richtung stetig linear ist. In einem Meridianschnitt wird als radialer Rückschnitt entsprechend die freie Fläche zwischen einer schaufelspitzenseitigen Oberkante des Querschnitts des Stegs und einer Referenzkurve verstanden, die sich von der stromaufwärtigen Nutkante zu der stromabwärtigen Nutkante erstreckt, wobei die Krümmung der Referenzkurve gleich Unendlich oder an der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante gleich der Krümmung der Strömungskanalwandung und dazwischen in axialer Richtung stetig linear ist. Mit anderen Worten wird unter einem radialen Rückschnitt in einer Ausführung der Leerraum bzw. die freie Fläche zwischen der schaufelseitigen Stirnseite bzw. Oberkante des Steges und einer virtuell über die Umfangsnut hinweg fortgesetzte Strömungskanalumkontur verstanden, wobei diese virtuell fortgesetzte Kontur eine gerade Verbindungsebene bzw. -linie sein oder die Nutkanten mit einer Krümmung verbinden kann, die an den Nutkanten der Krümmung der Strömungskanalumkontur entspricht und dazwischen linear interpoliert.

[0014] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung beträgt in einem oder mehreren, vorzugsweise allen, Meridianschnitten durch eine schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges ein Abstand in axialer Richtung („axialer Abstand“) zwischen einem stromaufwärtigen Anfang des Rückschnitts und einer stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufel-

spitze wenigstens 1%, insbesondere wenigstens 1, 5%, in einer Ausführung wenigstens 2%, und/oder höchstens 40%, insbesondere höchstens 30%, in einer Ausführung höchstens 15%, einer Sehnenlänge zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante und einer stromabwärtigen Hinterkante der Schaufelspitze bzw. wird der Gasturbinenverdichter derart ausgelegt bzw. dieser axiale Abstand derart gewählt.

[0015] Zusätzlich oder alternativ beträgt nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einem oder mehreren, vorzugsweise allen, Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges ein axialer Abstand zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze und der stromabwärtigen Nutkante wenigstens 5%, insbesondere wenigstens 7,5%, in einer Ausführung wenigstens 10%, und/oder höchstens 40%, insbesondere höchstens 35%, in einer Ausführung höchstens 30%, der Sehnenlänge zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante und der stromabwärtigen Hinterkante der Schaufelspitze bzw. wird der Gasturbinenverdichter derart ausgelegt bzw. dieser axiale Abstand derart gewählt.

[0016] Zusätzlich oder alternativ beträgt nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einem oder mehreren, vorzugsweise allen, Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges ein axialer Abstand zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze und einem Knick einer schaufelspitzenseitigen Oberkante des Stegs im Rückschnitt höchstens 10%, insbesondere höchstens 7,5%, in einer Ausführung höchstens 5%, der Sehnenlänge zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante und der stromabwärtigen Hinterkante der Schaufelspitze, wobei in einer Ausführung der Knick stromabwärts, in einer anderen Ausführung der Knick stromaufwärts von der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze angeordnet ist, bzw. wird der Gasturbinenverdichter derart ausgelegt bzw. dieser axiale Abstand derart gewählt. Der Knick der schaufelspitzenseitigen Oberkante kann in einer Ausführung scharfkantig bzw. eckig oder auch abgerundet sein bzw. einen Radius aufweisen, wobei dann für Maßangaben dessen Mittelpunkt oder Schnittpunkt seiner beiden äußersten Tangenten den Knick definieren kann. Als Knick wird insbesondere eine Unstetigkeit(sstelle) der Tangente an die Oberkante des Steges bezeichnet. In einer anderen Ausführung kann die schaufelspitzenseitige Stirnseite bzw. Oberkante des Steges im Rückschnitt auch Knickfrei sein.

[0017] Zusätzlich oder alternativ beträgt nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einem oder mehreren, vorzugsweise allen, Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges ein, insbesondere minimaler, maximaler und/oder mittlerer, Abstand in radialer Richtung („minimaler/maximaler/mittlerer“) radialer Abstand“) zwi-

schen der Schaufelspitze, insbesondere ihrer stromaufwärtigen Vorderkante, und einer schaufelspitzenseitigen Oberkante des Stegs im Rückschnitt wenigstens 50%, insbesondere wenigstens 75%, in einer Ausführung wenigstens 100%, und/oder höchstens 1500%, insbesondere höchstens 1250%, in einer Ausführung höchstens 1000%, eines radialen Abstands zwischen der Schaufelspitze und der dieser radial gegenüberliegenden stromabwärtigen Nutkante bzw. wird der Gasturbinenverdichter derart ausgelegt bzw. dieser radiale Abstand derart gewählt.

[0018] Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass bei einem solchen quantitativ von einer Sehnenlänge der Schaufelspitze abhängigen „Vorlauf“ des Rückschnitts vor der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze, einer solchen quantitativ von der Sehnenlänge der Schaufelspitze abhängigen Überlappung der Umfangsnut durch die Schaufelspitze sowie einer solchen quantitativ von der Sehnenlänge der Schaufelspitze abhängigen axialen Positionierung eines eventuellen Knicks der schaufelspitzenseitigen Oberkante des Stegs im Rückschnitt bezüglich der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze jeweils bereits alleine, insbesondere in Kombination von wenigstens zwei dieser quantitativen Verhältnisse, die Vorteile der Gehäusestrukturierung im Nicht-Auslegungsbetrieb („Off-Design“), wenigstens im Wesentlichen, beibehalten werden, während gleichzeitig im Auslegungsbetrieb bzw. unter Nennbetriebsbedingungen ungewollte Strömungsphänomene reduziert und in einer Ausführung das Betriebsverhalten gegenüber einem aus der EP 2 927 503 A1 bekannten Gasturbinenverdichter weiter verbessert werden können.

[0019] Die Sehnenlänge bezeichnet in einer Ausführung in fachüblicher Weise die Länge der Profilsehne bzw. -mittellinie der Schaufelspitze oder deren Projektion in die axiale Richtung bzw. den axialen Abstand zwischen Vorder- und Hinterkante der Schaufelspitze.

[0020] Ebenso überraschend hat sich herausgestellt, dass bei einer solchen quantitativ von der Spalthöhe unmittelbar nach der Umfangsnut abhängigen Höhe des Rückschnitts bzw. radialen Abstandes zwischen dessen Oberkante und der Schaufelspitze bereits alleine, insbesondere aber in Kombination mit einem oder mehreren der vorgenannten Verhältnisse, die Vorteile der Gehäusestrukturierung im Nicht-Auslegungsbetrieb („Off-Design“), wenigstens im Wesentlichen, beibehalten werden, während gleichzeitig im Auslegungsbetrieb bzw. unter Nennbetriebsbedingungen ungewollte Strömungsphänomene reduziert und in einer Ausführung das Betriebsverhalten gegenüber einem aus der EP 2 927 503 A1 bekannten Gasturbinenverdichter weiter verbessert werden können.

[0021] In einer Ausführung ist bzw. wird, insbesondere in einem oder mehreren, vorzugsweise allen, Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges, ein stromaufwärtiger Anfang des Rückschnitts axial stromabwärts von der stromaufwärtigen Nutkante zwischen dieser Nutkante und der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze und/oder ein stromabwärtiges Ende des Rückschnitts in einer schaufelspitzennäheren Hälfte einer radialen Höhe der Umfangsnut angeordnet.

[0022] Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass durch einen solchen Rückschnitt, der stromabwärts nach der stromaufwärtigen Nutkante und stromaufwärts vor der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze beginnt bzw. in der schaufelspitzennäheren Hälfte der Umfangsnut endet, in einer Ausführung in Kombination mit einem oder mehreren der vorgenannten Verhältnisse die Vorteile der Gehäusestrukturierung im Nicht-Auslegungsbetrieb („Off-Design“), wenigstens im Wesentlichen, beibehalten werden, während gleichzeitig im Auslegungsbetrieb bzw. unter Nennbetriebsbedingungen ungewollte Strömungsphänomene reduziert werden können.

[0023] Unter einem stromaufwärtigen Anfang des Rückschnitts wird in einer Ausführung diejenige Axialposition verstanden, ab der die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante des Steges von der virtuell fortgesetzten Strömungskanalkontur bzw. der Referenzfläche bzw. -kurve von der Schaufelspitze weg zum Nutgrund hin abweicht. In einer anderen Ausführung wird unter einem stromaufwärtigen Anfang des Rückschnitts diejenige Axialposition verstanden, ab der die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante des Steges von der geraden Referenzfläche bzw. -kurve in radialer Richtung zum Nutgrund hin um wenigstens 1%, insbesondere wenigstens 5% eines maximalen radialen Abstandes zwischen einer schaufelspitzennäheren Nutkante und dem Nutgrund abweicht.

[0024] Der stromaufwärtige Anfang des Rückschnitts ist in einer Ausführung axial stromabwärts nach der stromaufwärtigen Nutkante und stromaufwärts vor der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze angeordnet. Bis zum Anfang des Rückschnitts setzt die schaufelseitige Stirnseite (bzw. in einem oder mehreren, vorzugsweise allen, Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges die Oberkante) des Steges in einer Ausführung die Strömungskanalkontur mit stetiger Krümmung bzw. ohne sprunghafte Änderung der Krümmung fort.

[0025] Unter einem stromabwärtigen Ende des Rückschnitts wird entsprechend in einer Ausführung diejenige Axialposition verstanden, an der die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante des Steges wieder in die Referenzfläche bzw. -kurve oder in die

stromabwärtige Nutflanke mündet. In einer anderen Ausführung wird unter einem stromabwärtigen Ende des Rückschnitts diejenige Axialposition verstanden, ab der die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante des Steges von der geraden Referenzfläche bzw. -kurve zum Nutgrund hin in radialer Richtung wieder um weniger als 5%, insbesondere weniger als 1% des maximalen radialen Abstandes zwischen der schaufelspitzennäheren Nutkante und dem Nutgrund abweicht.

[0026] Das stromabwärtige Ende des Rückschnitts ist in einer Ausführung in einer schaufelspitzennäheren Hälfte einer radialen Höhe der Umfangsnut angeordnet. Unter einer radialen Höhe der Umfangsnut wird im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere ein maximaler Abstand zwischen dem Nutgrund und der Referenzfläche bzw. -kurve, insbesondere also ein maximaler Abstand zwischen dem Nutgrund und der schaufelspitzennäheren Nutkante, in radialer Richtung oder einer Richtung senkrecht zur Verbindungslinie der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante verstanden, wobei auch ein solcher Abstand senkrecht zur Verbindungslinie verallgemeinernd als radiale Höhe der Umfangsnut bezeichnet wird.

[0027] In einer Ausführung endet der radiale Rückschnitt in der Referenzfläche bzw. -kurve, in einer Weiterbildung axial stromaufwärts vor oder stromabwärts hinter der stromaufwärtigen Vorderkante der Schaufelspitze. Bis zum Ende des Rückschnitts setzt die schaufelseitige Stirnseite (bzw. in einem oder mehreren, vorzugsweise allen, Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges die Oberkante) des Steges in einer Ausführung die Strömungskanalkontur mit stetiger Krümmung bzw. ohne abrupte Änderung der Krümmung von der stromabwärtigen Nutkante stromaufwärts fort.

[0028] In einer anderen Ausführung endet der radiale Rückschnitt in der radial oberen Hälfte der stromabwärtigen Nutflanke, der Steg ist ab dem Anfang des Rückschnitts durchgehend radial rückgeschnitten. Als radial obere Hälfte wird verallgemeinernd der Teil der stromabwärtigen Nutflanke bezeichnet, der sich in radialer Richtung oder einer Richtung senkrecht zur Verbindungslinie der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante über 50% des maximalen Abstandes der stromabwärtigen Nutkante vom Nutgrund in dieser Richtung erstreckt.

[0029] In einer Ausführung mündet der Steg in der stromaufwärtigen und/oder der stromabwärtigen Nutflanke der Umfangsnut, er kann sich somit insbesondere axial durch die Nut hindurch bzw. deren maximale axiale Länge erstrecken.

[0030] Dann kann, wie vorstehend bereits ausgeführt, in einem oder mehreren, insbesondere allen Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges eine schaufelspitzenseitige Oberkante des Stegs an der stromaufwärtigen Nutkante dieselbe Krümmung aufweisen wie die Strömungskanalkontur, d.h. an der stromaufwärtigen Nutkante eine stetige Krümmung aufweisen, und diese bis zum Anfang des Rückschnitts stetig fortsetzen.

[0031] In einer Abwicklung kann der Steg gerade oder gekrümmt sein bzw. verlaufen. Insbesondere kann in einer Ausführung die schaufelseitige Stirnseite des Steges, wenigstens im Wesentlichen, axial in die stromaufwärtige Nutkante münden. Zusätzlich oder alternativ kann die schaufelseitige Stirnseite in oder entgegen einer Drehrichtung der Schaufelspitze gekrümmt in die stromabwärtige Nutflanke münden.

[0032] Vorzugsweise ist die Fläche des Rückschnitts in wenigstens einem Meridianschnitt auf höchstens 30%, insbesondere höchstens 25% der Querschnittsfläche der Umfangsnut limitiert. Entsprechend weist in einer Ausführung der Steg in einem oder mehreren, insbesondere allen Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges eine Querschnittsfläche auf, die wenigstens 70%, insbesondere wenigstens 75%, der Querschnittsfläche der Umfangsnut in diesem Meridianschnitt beträgt. Eine Querschnittsfläche der Umfangsnut ist entsprechend der vorstehend erläuterten Definition die Fläche, die im Meridianschnitt vom Nutgrund, den Nutflanken und einer geraden Verbindungslinie zwischen der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante begrenzt ist.

[0033] In einer Ausführung schließt die Umfangsnut in einem oder mehreren, insbesondere allen Meridianschnitten durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges an der stromaufwärtigen Nutkante mit der Strömungskanalwandung einen Winkel ein, der zwischen 60° und 90° beträgt. Hierdurch kann insbesondere eine vorteilhafte axiale Hinterschneidung dargestellt werden.

[0034] In einer Ausführung ist ein axialer Abstand zwischen der stromaufwärtigen Nutkante und der hiervon stromabwärts angeordneten Vorderkante der Schaufelspitze größer als ein axialer Abstand zwischen der stromabwärtigen Nutkante und der hiervon stromaufwärts angeordneten Vorderkante der Schaufelspitze. Mit anderen Worten ist die Vorderkante der Schaufelspitze zwischen der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante und näher bei der stromabwärtigen Nutkante angeordnet.

[0035] In einer Ausführung beträgt ein axialer Abstand zwischen der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Nutkante wenigstens 25% eines axialen Abstands zwischen der stromaufwärtigen Vorderkan-

te und der stromabwärtigen Hinterkante der Schaufelspitze.

[0036] In einem Schnitt senkrecht zu einer Drehachse des Verdichters kann der Steg gerade oder gekrümmt sein, wobei er bzw. seine Tangenten radial verlaufen oder gegen die radiale Richtung geneigt sein können. Entsprechend ist in einer Ausführung in einem oder mehreren, insbesondere allen Schnitten senkrecht zur Drehachse des Verdichters durch die schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges der Steg zum Nutgrund der Umfangsnut hin in Drehrichtung der Schaufelspitze geneigt, insbesondere um wenigstens 25° und/oder höchstens 65° gegen die radiale Richtung.

[0037] Maßangaben beziehen sich in einer Ausführung auf eine Bauteiltemperatur von 20°C und/oder Bauteile ohne elastische Deformation.

[0038] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert, die einzige:

Fig. 1 einen Teil eines Gasturbinenverdichters nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einem Meridianschnitt.

[0039] **Fig. 1** zeigt in einem Meridianschnitt einen Teil eines Gasturbinenverdichters nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung bzw. eines nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ausgelegten Gasturbinenverdichters. Der Meridianschnitt enthält die Drehachse des Verdichters (horizontal in **Fig. 1**), die in **Fig. 1** vertikale Richtung ist eine radiale Richtung.

[0040] Der Gasturbinenverdichter weist in Umfangsrichtung (senkrecht zur Zeichenebene der **Fig. 1**) nebeneinander angeordnete Laufschaufeln mit deckbandlosen Schaufelspitzen, von denen im Meridianschnitt der **Fig. 1** eine Laufschaufelspitze **10** teilweise dargestellt ist, und eine diesen radial außen gegenüberliegende gehäusefeste Strömungskanalwandung **20** auf.

[0041] In der Strömungskanalwandung ist eine Umfangsnut angeordnet, die eine stromaufwärtige Nutflanke **31**, die in einer stromaufwärtigen Nutkante **21** in die Strömungskanalwandung übergeht, eine stromabwärtige Nutflanke **32**, die in einer stromabwärtigen Nutkante **22** in die Strömungskanalwandung übergeht, und einen diese Nutflanken verbindenden Nutgrund **33** aufweist.

[0042] Die stromaufwärtige Nutflanke weist eine axiale Hinterschneidung auf, deren Querschnittsfläche in dem Meridianschnitt weniger als 10% einer Querschnittsfläche der Umfangsnut zwischen ihrer

stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante trägt. Diese Querschnittsfläche der Umfangsnut zwischen ihrer stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante ist die Fläche, die im Meridianschnitt der **Fig. 1** vom Nutgrund, einer geraden Verbindungslinie **24** zwischen der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante und Senkrechten durch die stromaufwärtige und stromabwärtige Nutkante begrenzt ist, die in **Fig. 1** strichpunktiert angedeutet sind, die Querschnittsfläche der Hinterschneidung entsprechend die Fläche zwischen der stromaufwärtigen Nutflanke **31** und der in **Fig. 1** linken strichpunktierten Senkrechten auf die Verbindungslinie **24**.

[0043] In der Umfangsnut sind mehrere Stege in Umfangsrichtung (senkrecht auf der Zeichenebene der **Fig. 1**) beabstandet angeordnet, von denen in dem Meridianschnitt der **Fig. 1** ein Steg **40** geschnitten dargestellt ist.

[0044] Mit **24** ist in **Fig. 1**, wie vorstehend bereits erläutert, eine gerade Verbindungslinie **24** zwischen der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante **21**, **22** bezeichnet. Diese stellt somit eine Referenzkurve dar, die sich von der stromaufwärtigen Nutkante zu der stromabwärtigen Nutkante erstreckt, wobei ihre Krümmung gleich Unendlich ist.

[0045] Mit **23** ist in **Fig. 1** eine andere Referenzkurve bezeichnet, die sich ebenfalls von der stromaufwärtigen Nutkante zu der stromabwärtigen Nutkante erstreckt, wobei die Krümmung dieser Referenzkurve an der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante jeweils gleich der Krümmung der Strömungskanalwandung und dazwischen in axialer Richtung stetig linear ist, d.h. die Krümmung der Strömungskanalwandung **20** zwischen den Nutkanten **21**, **22** linear interpoliert. Diese Referenzkurve **23** setzt die Strömungskanalwandung **20** somit virtuell über die Umfangsnut hinweg fort.

[0046] Die Referenzkurven **23**, **24** stellen jeweils eine sich in Umfangsrichtung erstreckende entsprechende Referenzfläche **23**, **24** in dem Meridianschnitt der **Fig. 1** durch eine schaufelspitzenseitige Stirnfläche bzw. Oberkante **43** des Steges **40** dar.

[0047] Wie im Meridianschnitt der **Fig. 1** erkennbar, weicht die schaufelspitzenseitige Stirnfläche bzw. Oberkante **43** von einem Punkt bzw. einer Umfangslinie **41** ab bis zu einem weiteren Punkt bzw. einer weiteren Umfangslinie **42** von der Referenzkurve bzw. -fläche **23** bzw. der virtuell fortgesetzten Strömungskanalwandung von der Schaufelspitze weg zum Nutgrund hin radial (nach oben in **Fig. 1**) ab.

[0048] Ab dem Punkt bzw. der Umfangslinie **41** weicht die schaufelseitigen Stirnseite bzw. Oberkante **43** zudem von der geraden Referenzfläche bzw. -kurve **24** zum Nutgrund hin um wenigstens 1% eines

maximalen radialen Abstandes zwischen der schaufelspitzennäheren Nutkante **22** und dem Nutgrund **33** ab.

[0049] Der Punkt bzw. die Umfangslinie **41** definiert damit einen stromaufwärtigen Anfang eines radialen Rückschnitts **44** des Steges.

[0050] Bis zu diesem Anfang **41** des Rückschnitts **44** setzt die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante des Steges die Strömungskanalkontur **20** mit stetiger Krümmung fort.

[0051] Der Punkt bzw. die Umfangslinie **42** definiert ein stromabwärtiges Ende des radialen Rückschnitts **44**, an dem bzw. der die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante **43** des Steges in die stromabwärtige Nutflanke **32** mündet.

[0052] In einer nicht dargestellten Abwandlung mündet die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante **43** des Steges hingegen wieder in die Referenzfläche bzw. -kurve **23**. Dann stellt der Punkt bzw. die Umfangslinie, an dem bzw. der die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante **43** des Steges wieder in die Referenzfläche bzw. -kurve **23** mündet, oder der Punkt bzw. die Umfangslinie, ab dem bzw. der die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante des Steges von der geraden Referenzfläche bzw. -kurve **24** zum Nutgrund **33** hin wieder um weniger als 1% des maximalen radialen Abstandes zwischen der schaufelspitzennäheren Nutkante **22** und dem Nutgrund **33** abweicht, das stromabwärtigen Ende des radialen Rückschnitts dar.

[0053] In dieser nicht dargestellten Abwandlung kann die schaufelseitige Stirnseite bzw. Oberkante des Steges die Strömungskanalkontur mit stetiger Krümmung von der stromabwärtigen Nutkante **22** stromaufwärts (nach links in **Fig. 1**) bis zu diesem Ende des Rückschnitts fortsetzen, wie dies analog für den Bereich zwischen der stromaufwärtigen Nutkante **21** und dem stromaufwärtigen Anfang **41** des Rückschnitts gezeigt bzw. erläutert ist.

[0054] Der Leerraum bzw. die freie Fläche zwischen der schaufelseitigen Stirnseite bzw. Oberkante **43** des Steges und der Referenzfläche bzw. -kurve **23** definiert somit den radialen Rückschnitt **44** mit seinem stromaufwärtigen Anfang **41** und seinem stromabwärtigen Ende **42**.

[0055] Wie im Meridianschnitt der **Fig. 1** erkennbar, wird bzw. ist dieser stromaufwärtige Anfang **41** des Rückschnitts **44** axial stromabwärts (rechts in **Fig. 1**) von der stromaufwärtigen Nutkante **21** zwischen dieser Nutkante **21** und der stromaufwärtigen Vorderkante **11** der Schaufelspitze **10** und das stromabwärtige Ende **42** des Rückschnitts **44** in einer schaufel-

spitzennäheren Hälfte **34** einer radialen Höhe **35** der Umfangsnut angeordnet.

[0056] Dabei kann als radiale Höhe der maximale Abstand zwischen dem Nutgrund **33** und der schaufelspitzennäheren Nutkante **22** in radialer Richtung (vertikal in **Fig. 1**) oder, wie in **Fig. 1** angedeutet, der maximale Abstand **35** zwischen dem Nutgrund **33** und der schaufelspitzennäheren Nutkante **22** in einer Richtung senkrecht zur geraden Verbindungslinie **24** der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante definiert sein.

[0057] In der dargestellten Ausführung endet der radiale Rückschnitt in der radial oberen Hälfte **34** der stromabwärtigen Nutflanke **32**, der Steg ist ab dem Anfang **41** durchgehend radial rückgeschnitten. Als radial obere Hälfte wird der Teil bzw. Bereich der stromabwärtigen Nutflanke **32** bezeichnet, der sich in radialer Richtung oder der Richtung senkrecht zur Verbindungslinie **24** der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante über 50% des maximalen Abstandes der stromabwärtigen Nutkante **22** vom Nutgrund **33** in dieser Richtung erstreckt.

[0058] In der Ausführung der **Fig. 1** mündet der Steg **40** in der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutflanke **31**, **32** der Umfangsnut, er erstreckt sich somit axial durch die Nut hindurch.

[0059] Wie vorstehend bereits ausgeführt, weist die schaufelspitzenseitige Stirnfläche bzw. Oberkante des Stegs an der stromaufwärtigen Nutkante **21** dieselbe Krümmung auf wie die Strömungskanalkontur **20** und setzt diese bis zum Anfang **41** des Rückschnitts **44** stetig fort.

[0060] In der Ausführung der **Fig. 1** weist der Steg **40** eine in **Fig. 1** schraffiert angedeutete Querschnittsfläche auf, die wenigstens 75% der Querschnittsfläche der Umfangsnut in diesem Meridianschnitt beträgt, welche durch die Nutflanken **31**, **32**, den Nutgrund **33** und die Verbindungslinie **24** zwischen den beiden Nutkanten **21**, **22** definiert ist.

[0061] In der Ausführung der **Fig. 1** schließt die Umfangsnut an der stromaufwärtigen Nutkante **21** mit der Strömungskanalkontur **20** einen Winkel α ein, der zwischen 60° und 90° beträgt.

[0062] In der Ausführung der **Fig. 1** ist ein axialer Abstand zwischen der stromaufwärtigen Nutkante **21** und der hiervon stromabwärts (rechts in **Fig. 1**) angeordneten Vorderkante **11** der Schaufelspitze **10** größer als ein axialer Abstand zwischen der stromabwärtigen Nutkante **22** und der hiervon stromaufwärts angeordneten Vorderkante **11**.

[0063] In der Ausführung der **Fig. 1** beträgt ein axialer Abstand zwischen der stromaufwärtigen und der

stromabwärtigen Nutkante **21**, **22** wenigstens 25% eines axialen Abstands zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante **11** und einer stromabwärtigen Hinterkante **12** der Schaufelspitze **10**.

[0064] Mit S_{AX} ist schematisch eine axiale Sehnenlänge der Schaufelspitze **10** angedeutet, wobei diese gleichermaßen dem axialen Abstand zwischen Vorder- und Hinterkante **11**, **12** oder auch der Länge der Profillehne bzw. -mittellinie der Schaufelspitze **10** entsprechen kann.

[0065] Ein axialer Abstand L_{KOZ} zwischen dem stromaufwärtigen Anfang **41** des Rückschnitts **44** und der stromaufwärtigen Vorderkante **11** der Schaufelspitze beträgt zwischen 1% und 40%, vorzugsweise zwischen 2% und 15%, dieser solcherart definierten Sehnenlänge S_{AX} .

[0066] Ein axialer Abstand L_{OL} zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante **11** der Schaufelspitze und der stromabwärtigen Nutkante **22** beträgt zwischen 5% und 40%, vorzugsweise zwischen 10% und 30%, der Sehnenlänge S_{AX} .

[0067] Ein axialer Abstand Δ_{45} zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante **11** der Schaufelspitze und einem Knick **45** der schaufelspitzenseitigen Stirnseite bzw. Oberkante **43** des Stegs im Rückschnitt beträgt höchstens 10%, vorzugsweise höchstens 5%, der Sehnenlänge S_{AX} .

[0068] Ein radialer Abstand zwischen der Schaufelspitze **10** und der schaufelspitzenseitigen Stirnseite bzw. Oberkante **43** des Stegs im Rückschnitt **44** beträgt zwischen 50% und 1500%, vorzugsweise zwischen 100% und 1000%, eines radialen Abstands H_{GAP} zwischen der Schaufelspitze **10** und der dieser radial gegenüberliegenden stromabwärtigen Nutkante **22**. Exemplarisch ist in **Fig. 1** der minimale radiale Abstand H_{KOZ} zwischen der Schaufelspitze **10** und der schaufelspitzenseitigen Stirnseite bzw. Oberkante **43** angedeutet, gleichermaßen kann auch ein maximaler oder mittlerer Abstand bzw. Abstand an der Vorderkante **11** zugrunde gelegt werden.

[0069] Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist. Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich

reich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

Bezugszeichenliste

10	Schaufelspitze
11	Vorderkante
12	Hinterkant
20	Strömungskanalkontur
21	stromaufwärtige Nutkante
22	stromabwärtige Nutkante
23	Referenzfläche/-kurve
24	gerade Referenzfläche/-kurve
31	stromaufwärtige Nutflanke
32	stromabwärtige Nutflanke
33	Nutgrund
34	schaufelspitzennähere Hälfte der Umfangsnut
35	radiale Höhe der Umfangsnut
40	Steg
41	stromaufwärtiger Anfang des Rückschnitts
42	stromabwärtiges Ende des Rückschnitts
43	schaufelspitzenseitige Stirnseite/Oberkante
44	Rückschnitt
45	Knick
α	Winkel
H_{KOZ}	radialer Abstand Schaufelspitze - schaufelspitzenseitige Stirnseite/Oberkante
H_{GAP}	radialer Abstand Schaufelspitze - stromabwärtige Nutkante
L_{KOZ}	axialer Abstand Rückschnittanfang - Schaufelspitzenvorderkante
L_{OL}	axialer Abstand Schaufelspitzenvorderkante - stromabwärtige Nutkante
S_{AX}	axiale Sehnenlänge
Δ_{45}	axialer Abstand Knick - Schaufelspitzenvorderkante

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 2927503 [0002]
- EP 2927503 A1 [0018, 0020]

Patentansprüche

1. Gasturbinenverdichter, mit wenigstens einer Schaufelspitze (10), die eine stromaufwärtige Vorderkante (11) und eine stromabwärtige Hinterkante (12) aufweist, und einer dieser Schaufelspitze radial gegenüberliegenden Strömungskanalwandung (20), in der eine Umfangsnut (31-33), die eine stromaufwärtige Nutkante (21) und eine stromabwärtige Nutkante (22) aufweist, angeordnet ist, wobei in der Umfangsnut wenigstens ein Steg (40) angeordnet ist, der einen radialen Rückschnitt (44) aufweist; **dadurch gekennzeichnet**, dass in wenigstens einem Meridianschnitt durch eine schaufelspitzenseitige Stirnseite des Steges ein axialer Abstand (L_{KOZ}) zwischen einem stromaufwärtigen Anfang (41) des Rückschnitts und der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze wenigstens 1% und/oder höchstens 40% einer Sehnenlänge (S_{AX}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) und der stromabwärtigen Hinterkante (12) der Schaufelspitze beträgt und/oder ein axialer Abstand (L_{OL}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze und der stromabwärtigen Nutkante (22) wenigstens 5% und/oder höchstens 40% der Sehnenlänge (S_{AX}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) und der stromabwärtigen Hinterkante (12) der Schaufelspitze beträgt und/oder ein axialer Abstand (Δ_{45}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze und einem Knick (45) einer schaufelspitzenseitigen Oberkante (43) des Stegs im Rückschnitt höchstens 10% der Sehnenlänge (S_{AX}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) und der stromabwärtigen Hinterkante (12) der Schaufelspitze beträgt und/oder ein radialer Abstand (H_{KOZ}) zwischen der Schaufelspitze (10) und einer schaufelspitzenseitigen Oberkante (43) des Stegs im Rückschnitt wenigstens 50% und/oder höchstens 1500% eines radialen Abstands (H_{GAP}) zwischen der Schaufelspitze (10) und der dieser radial gegenüberliegenden stromabwärtigen Nutkante (22) beträgt.

2. Gasturbinenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der stromaufwärtige Anfang (41) des Rückschnitts axial stromabwärts von der stromaufwärtigen Nutkante (21) zwischen dieser Nutkante und der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze und/oder ein stromabwärtiges Ende (42) des Rückschnitts in einer schaufelspitzennäheren Hälfte (34) einer radialen Höhe (35) der Umfangsnut angeordnet ist.

3. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in wenigstens einem Meridianschnitt die schaufelspitzenseitige Oberkante (43) des Stegs an der stromaufwärtigen Nutkante, insbesondere bis zum Anfang des Rückschnitts, eine stetige Krümmung aufweist; und/oder dass eine schaufelseitige Stirnsei-

te (43) des Steges, wenigstens im Wesentlichen, axial in die stromaufwärtige Nutkante und/oder in oder entgegen einer Drehrichtung der Schaufelspitze gekrümmt in die stromabwärtige Nutflanke mündet.

4. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Steg in einer stromaufwärtigen und/oder einer stromabwärtigen Nutflanke (31, 32) der Umfangsnut mündet und/oder in wenigstens einem Meridianschnitt eine Querschnittsfläche aufweist, die wenigstens 70%, insbesondere wenigstens 75%, einer Querschnittsfläche der Umfangsnut beträgt.

5. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umfangsnut sich über den vollen Umfang der Strömungskanalwandung erstreckt und/oder in wenigstens einem Meridianschnitt an der stromaufwärtigen Nutkante mit der Strömungskanalwandung einen Winkel (α) einschließt, der zwischen 60° und 90° beträgt.

6. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein axialer Abstand zwischen der stromaufwärtigen Nutkante und der hiervon stromabwärts angeordneten Vorderkante der Schaufelspitze größer ist als der axiale Abstand zwischen der stromabwärtigen Nutkante und der hiervon stromaufwärts angeordneten Vorderkante der Schaufelspitze; und/oder dass ein axialer Abstand zwischen der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Nutkante wenigstens 25% eines axialen Abstands zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante und der stromabwärtigen Hinterkante der Schaufelspitze beträgt.

7. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Steg in wenigstens einem Schnitt senkrecht zu einer Drehachse des Verdichters zu einem Nutgrund der Umfangsnut hin in Drehrichtung der Schaufelspitze geneigt ist, insbesondere um wenigstens 25° und/oder höchstens 65° gegen eine radiale Richtung; und/oder dass in der Umfangsnut wenigstens drei gleich- oder verschiedenartige Stege in Umfangsrichtung äquidistant oder mit unterschiedlichen Abständen voneinander angeordnet sind.

8. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaufelspitze eine radial äußere Schaufelspitze (11) einer Laufschaufel (10), der die Strömungskanalwandung radial außen gegenüberliegt, oder eine radial innere Schaufelspitze einer Leit-schaufel, der die Strömungskanalwandung radial innen gegenüberliegt, ist.

9. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

dass eine stromaufwärtige Nutflanke (31) und/oder eine stromabwärtige Nutflanke (32) der Umfangsnut eine axiale Hinterschneidung aufweisen, deren Querschnittsfläche in wenigstens einem Meridianschnitt weniger als 10% einer Querschnittsfläche der Umfangsnut zwischen ihrer stromaufwärtigen und stromabwärtigen Nutkante beträgt.

10. Flugtriebwerk mit einem Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

11. Verfahren zum Auslegen eines Gasturbinenverdichters nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in wenigstens einem Meridianschnitt ein axialer Abstand (L_{KOZ}) zwischen einem stromaufwärtigen Anfang (41) des Rückschnitts und der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze so gewählt wird, dass er wenigstens 1% und/oder höchstens 40% einer Sehnenlänge (S_{AX}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) und der stromabwärtigen Hinterkante (12) der Schaufelspitze beträgt und/oder ein axialer Abstand (L_{OL}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze und der stromabwärtigen Nutkante (22) so gewählt wird, dass er wenigstens 5% und/oder höchstens 40% der Sehnenlänge (S_{AX}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) und der stromabwärtigen Hinterkante (12) der Schaufelspitze beträgt und/oder ein axialer Abstand (Δ_{45}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) der Schaufelspitze und einem Knick einer schaufelspitzenseitigen Oberkante (43) des Stegs im Rückschnitt so gewählt wird, dass er höchstens 10% der Sehnenlänge (S_{AX}) zwischen der stromaufwärtigen Vorderkante (11) und der stromabwärtigen Hinterkante (12) der Schaufelspitze beträgt und/oder ein radialer Abstand (H_{KOZ}) zwischen der Schaufelspitze (10) und einer schaufelspitzenseitigen Oberkante (43) des Stegs im Rückschnitt so gewählt wird, dass er wenigstens 50% und/oder höchstens 1500% eines radialen Abstands (H_{GAP}) zwischen der Schaufelspitze (10) und der dieser radial gegenüberliegenden stromabwärtigen Nutkante (22) beträgt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

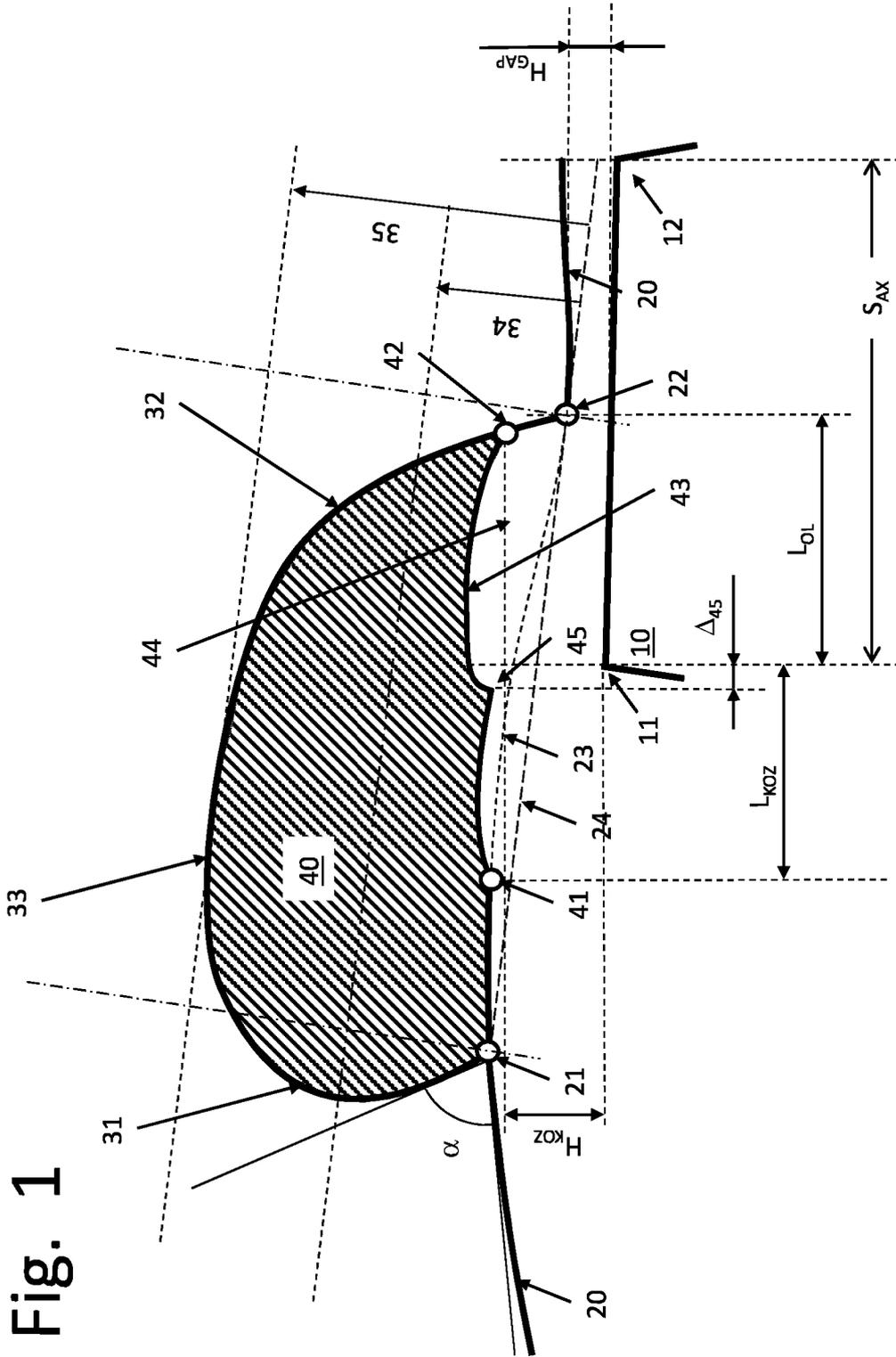


Fig. 1