(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 514 975 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.08.2017 Patentblatt 2017/31

(21) Anmeldenummer: **12164964.4**

(22) Anmeldetag: **20.04.2012**

(51) Int Cl.:
F04D 29/66 *(2006.01)* ***F04D 29/68*** *(2006.01)*
F01D 25/04 *(2006.01)* ***F04D 29/52*** *(2006.01)*
F04D 29/16 *(2006.01)*

(54) Strömungsmaschine

Flow engine

Turbomachine

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

(30) Priorität: **20.04.2011 DE 102011007767**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.10.2012 Patentblatt 2012/43

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

(72) Erfinder: **Johann, Erik**
10623 Berlin (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 783 346
EP-A2- 2 180 195
DE-T2- 60 130 577
GB-A- 2 245 312
GB-A- 2 408 546
US-A- 4 531 362
US-A1- 2007 160 459

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 514 975 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine. Derartige Strömungsmaschinen sind beispielsweise Verdichter, die in Strahltriebwerken eingesetzt werden.

[0002] Die Laufschaufeln von Verdichtern neigen aufgrund ihrer Bauweise und Belastung zu einer strukturellen Schwingungsanregung. Man unterscheidet dabei zwischen Anregungen aus Schaufelwechselwirkungen ("forced response") und selbstinduziertem Flattern ("flutter"). Dies gilt beispielsweise für Niederdruckverdichter, Mitteldruckverdichter und Hochdruckverdichter eines Strahltriebwerkes, insbesondere für deren Frontlaufschaufeln, einschließlich der Fanstufe eines Strahltriebwerks. Die Anregungsquellen für eine unerwünschte Schwingung der Schaufeln sind strömungstechnischer Natur, wobei die akustische Ausführung des Strömungskanals die Wirkung verstärken kann.

[0003] Bei Triebwerksverdichtern sind Ausführungsvarianten bekannt, bei denen der innenseitige Ringraum des Umfangsgehäuses im Wesentlichen glatt ausgeführt ist, wobei der Rotor sich beispielsweise gegenüber einem Einlegering ("liner") bewegt, um den Ringspalt zwischen der Spitze der Laufschaufeln und der Ringraumfläche des Gehäuses zu minimieren. Die glatte Ringraumfläche führt zur Ausbildung eines stationären Spaltwirbels an der Schaufelspitze, der einen Blockageaufbau in der Schaufelpassage fördert und damit synchrone (Flattern) und nicht-synchrone Schaufelschwingungen verstärkt.

[0004] Es besteht somit die Gefahr, dass insbesondere schnell drehende, schlanke Verdichterschaufeln zu nicht synchronen Schaufelschwingungen oder Schaufelflattern angeregt werden. Gerade dünne Verdichterschaufeln neigen zum Schwingen, da ihre strukturellen Stabilitäts- und Dämpfungseigenschaften relativ gering sind. Dabei ist beispielsweise das so genannte "flutter bite", d. h. eine deutlich reduzierte Flatterstabilität in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich, limitierend bei der Festlegung der Arbeitslinie eines Niederdruckverdichters. Neben den bereits erläuterten Schwingungsanregungen sind durch die nicht-optimale Festlegung der Arbeitslinie Abstriche hinsichtlich Wirkungsgrad und Leistungsdichte gegeben. Der Nachweis ausreichender Flatterstabilität stellt im Übrigen ein sensitives Zulassungskriterium bei Strahltriebwerken dar.

[0005] Die genannten Probleme ergeben sich in entsprechender Weise auch bei anderen Strömungsmaschinen als Verdichtern, beispielsweise bei Bläsern, Pumpen und Ventilatoren.

[0006] Aus der DE 10 2007 056 953 A1 ist eine Strömungsmaschine bekannt, die zwischen einem mit Laufschaufeln versehenen Rotor und einem Umfangsgehäuse einen Strömungskanal ausbildet. Das Umfangsgehäuse weist innenseitig eine Strukturierung auf, die durch in Umfangsrichtung verlaufende Nuten gebildet ist. Hierdurch soll die Grenzschicht im Schaufelspitzenbereich beeinflusst werden.

[0007] Aus der DE 601 30 577 T2 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verringern von Blattwirbelgeräuschen zwischen Fan und Leiterschaufeln bekannt

[0008] Es besteht ein Bedarf, Verdichter und andere Strömungsmaschinen bereitzustellen, die sich durch eine verbesserte Flatterstabilität auszeichnen.

[0009] Dieses Problem wird durch die Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. durch die Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 2 gelöst.

[0010] Die Lehre des Anspruchs 1 sieht hierzu vor, eine Strömungsmaschine bereitzustellen, die einen Rotor mit einer Mehrzahl von Laufschaufeln und ein den Rotor umgebendes Umfangsgehäuse mit einer Mittelachse aufweist. Das Umfangsgehäuse oder ein mit diesem verbundenes Teil weist innenseitig eine Ringraumfläche auf, die einen Ringraum bzw. Strömungskanal der Strömungsmaschine radial außen begrenzt. Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Ringraumfläche zumindest in einem Bereich, der umfangsseitig an einen Rotor angrenzt, eine umfangsasymmetrische Strukturierung aufweist, d.h. die Strukturierung der Ringraumfläche ist bezogen auf die Mittelachse des Umfangsgehäuses umfangsasymmetrisch ausgebildet.

[0011] Dabei weist gemäß einer ersten Alternative des Anspruchs 1 die Ringraumfläche mindestens einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Abschnitt auf, der in einer ansonsten symmetrischen Strukturierung der Ringraumfläche in Umfangsrichtung einen Symmetriebruch bereitstellt. Mit anderen Worten ist die Ringraumfläche symmetrisch strukturiert, beispielsweise durch eine periodische Abfolge von Aussparungen, und ist diese symmetrische Strukturierung in zumindest einem Abschnitt, der sich in Umfangsrichtung erstreckt, gebrochen. Beispielsweise weist eine Aussparung eine andere Breite oder eine andere Form auf als außerhalb des Abschnitts, der den Symmetriebruch bereitstellt. Auch kann vorgesehen sein, dass der betrachtete Abschnitt nicht strukturiert, insbesondere glatt ausgebildet ist, während die Ringraumfläche außerhalb dieses Abschnittes umfangssymmetrisch strukturiert ist.

[0012] Gemäß einer zweiten Alternative des Anspruchs 1 weist die Ringraumfläche zur Bereitstellung einer Umfangsasymmetrie mindestens einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Abschnitt auf, der die Ringraumfläche in Umfangsrichtung asymmetrisch strukturiert, wobei die Ringraumfläche in Umfangsrichtung des Weiteren mindestens eine symmetrische Strukturierung aufweist. Bei dieser Ausführungsvariante wird somit eine umfangsasymmetrische Strukturierung einer umfangssymmetrischen Strukturierung überlagert.

[0013] Durch die umfangsasymmetrische Ausbildung der Ringraumfläche wird die Flatterstabilität der Laufschaufeln deutlich verbessert. Dies konnte am Beispiel von Verdichtern in verschiedenen Verdichter- und Triebwerkstests nachgewiesen werden. Durch die verbesserte Flatterstabilität kann auch der Arbeitsbereich eines Verdichters und jeder Verdichterstufe des Verdichters er-

weitert werden, wobei durch geeignete Wahl des Arbeitsbereichs der Wirkungsgrad gesteigert und Gewicht reduziert werden kann. Die erfindungsgemäße umfangsasymmetrische Gehäusekonturierung bzw. die damit verbundenen Vorteile können ggf. auch dazu führen, dass die Anzahl der Laufschaufeln reduziert werden kann, was wiederum zu einem geringeren Gewicht und reduzierten Kosten führen kann. Die nicht umfangssymmetrische Strukturierung der Ringraumfläche führt des Weiteren zu einer Reduzierung der Sensitivität der Spaltwirbelverluste bei einer Änderung des Schaufelspitzenspaltes.

[0014] Es wird darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäß verlangte Umfangsasymmetrie der Strukturierung der Ringraumfläche eine stärkere Forderung darstellt als das Fehlen einer Rotationssymmetrie. Eine Rotationssymmetrie liegt vor, wenn eine Drehung um jeden beliebigen Winkel das Objekt auf sich selbst abbildet. Eine Rotationssymmetrie ist bereits dann nicht mehr gegeben, wenn die Ringraumfläche symmetrisch strukturiert ist, beispielsweise eine periodische Abfolge von Erhöhungen und Vertiefungen aufweist, da für eine solche periodische Strukturierung nur Drehungen um bestimmte Winkel (entsprechend der Periodenlänge) die Strukturierung auf sich selbst abbilden. Erfindungsgemäß ist eine Umfangsasymmetrie vorgesehen, d. h., es gibt keinen Winkel außer dem 360°-Winkel, der die Strukturierung nach einer Drehung auf sich selbst abbildet.

[0015] Dabei kann auch vorgesehen sein, dass mehrere, einen Symmetriebruch bereitstellende Abschnitte in der Ringraumfläche ausgebildet sind. Diese sind aber zueinander nicht symmetrisch angeordnet, so dass sie nicht durch eine Drehung um einen Winkel ungleich 360° aufeinander abgebildet werden können.

[0016] Gemäß Anspruch 2 weist die Ringraumfläche zur Bereitstellung einer Umfangsasymmetrie mindestens einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Abschnitt auf, der die Ringraumfläche in Umfangsrichtung asymmetrisch strukturiert, während die Ringraumfläche ansonsten in Umfangsrichtung glatt ausgebildet ist. Bei dieser Ausführungsvariante ist die Ringraumfläche somit grundsätzlich nicht strukturiert und vielmehr glatt ausgebildet. Eine Strukturierung erfolgt erst durch den mindestens einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Abschnitt. Die Bereitstellung eines solchen Abschnittes führt inhärent zu einer Umfangsasymmetrie. Sofern mehrere solche Abschnitte bereitgestellt werden, sind sie nicht symmetrisch angeordnet, so dass ebenfalls eine Umfangsasymmetrie bereitgestellt wird. Der mindestens eine sich in Umfangsrichtung erstreckenden Abschnitt ist durch eine Aussparung oder Vertiefung gebildet. Die axiale Erstreckung der wenigstens einen Aussparung ist geringfügig größer als die axiale Erstreckung eines Schaufelgitters des zugeordneten Rotors. Dabei sind eine oder mehrere solcher Aussparungen oder Vertiefungen vorgesehen. Im Falle mehrerer Aussparungen oder Vertiefungen sind diese umfangsasymmetrisch an der Ringraumfläche ausgebildet, damit insgesamt eine Umfangsasymmetrie vorliegt.

[0017] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Ringraumfläche zur Bereitstellung einer umfangsasymmetrischen Strukturierung mindestens einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Abschnitt aufweist, der bezogen auf die Mittelachse einen von anderen Abschnitten abweichenden Radius aufweist.

[0018] Eine Aussparung besitzt beispielsweise die Form einer Nut oder Vertiefung.

[0019] Die Strukturierung der Ringraumfläche erfolgt in einer Ausgestaltung durch axial ausgerichtete Strukturen, beispielsweise axial ausgerichtete Aussparungen wie z.B. Axialnuten. Dies bedeutet, dass die Strukturen bzw. Aussparungen nicht in Umfangsrichtung umlaufend ausgebildet sind, sondern sich über eine bestimmte axiale Länge in axialer Richtung erstrecken. Insbesondere ist dabei vorgesehen, dass sich die axialen Strukturen zumindest im Bereich des Laufschaufelgitters des jeweiligen Rotors in axialer Richtung erstrecken, also in dem Bereich des Ringraums, der unmittelbar an die Laufschaufeln angrenzt. Es kann jedoch ebenfalls vorgesehen sein, dass die umfangsasymmetrische Gehäusestrukturierung auch in axialen Bereichen des Umfangsgehäuses bereitgestellt wird, die vor und/oder hinter einem betrachteten Laufschaufelgitter liegen. Auch kann vorgesehen sein, dass jedem Rotor einer betrachteten Strömungsmaschine eine andere, individuelle Umfangsasymmetrie des Gehäuses bzw. dessen Ringraums zugeordnet ist.

[0020] In Ausführungsvarianten der vorliegenden Erfindung kann des weiteren vorgesehen sein, dass die Strukturierung der Ringraumfläche in Umfangsrichtung verlaufende Strukturen aufweist, beispielsweise Umfangsnuten, die zur Bereitstellung einer Umfangsasymmetrie beispielsweise unterbrochen sind.

[0021] Die Bereitstellung einer Strukturierung der innenseitigen Ringraumfläche des Umfangsgehäuses kann auf vielfältige Weise erfolgen. In einer Ausführungsvariante ist das Umfangsgehäuse selbst umfangsasymmetrisch strukturiert, d. h. auf der Innenseite des Gehäuses selbst sind asymmetrische Strukturen ausgebildet. Gemäß einer alternativen Ausführungsvariante ist das Umfangsgehäuse innenseitig mit einem Einlegering oder Auskleidungsring verbunden (liner). Ein solcher Einsatz befindet sich häufig im Bereich der Frontlaufschaufeln von Verdichtern. Eine umfangsasymmetrische Strukturierung ist für diesen Fall in dem Einlegering ausgebildet.

[0022] Eine Strukturierung des Umfangsgehäuses oder eines mit dem Umfangsgehäuse innenseitig verbundenen Teils wie eines Einlegerings wird beispielsweise mittels eines Ausfräsens oder eines Erodierens, beispielsweise Funkenerodierens, des Gehäuses oder des Einlegerings bereitgestellt. Dabei können insbesondere axiale Strukturierungen wie z.B. Axialnute in einfacher Weise in das Umfangsgehäuse integriert werden. Der zusätzliche Aufwand besteht lediglich darin, Aussparungen oder Taschen im Gehäuse oder in solchen separaten Einlegeringen bereitzustellen.

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezug-

nahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines Strahltriebwerks, wobei mindestens eine Verdichterstufe des Strahltriebwerkes eine umfangsasymmetrische Gehäusestrukturierung aufweist;

Figur 2 in einer Ansicht von vorne ein erstes Ausführungsbeispiel einer umfangsasymmetrischen Strukturierung der Ringraumfläche eines mit einem Einlegering versehenen Verdichtergehäuses;

Figur 3 in perspektivischer Darstellung ein zweites Ausführungsbeispiel einer umfangsasymmetrischen Strukturierung der Ringraumfläche eines mit einem Einlegering versehenen Verdichtergehäuses, wobei lediglich ein Teilbereich des Umfangsgehäuses dargestellt ist;

Figur 4das Ausführungsbeispiel der Figur 3, wobei zusätzlich Laufschaufeln eines Rotors des Verdichters dargestellt sind; und

Figur 5ein Verdichterkennfeld, das den Massenstrom durch einen Verdichter in Abhängigkeit vom Verdichterdruckverhältnis zeigt, wobei der Einfluss einer umfangsasymmetrischen Strukturierung der Ringraumfläche auf die Stabilitätslinie des Kennfeldes dargestellt ist.

[0024] Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft anhand von Verdichterstufen eines Strahltriebwerks beschrieben. Die Prinzipien der vorliegenden Erfindung gelten jedoch in gleicher Weise wie für andere Strömungsmaschinen wie beispielsweise Bläser, Pumpen und Ventilatoren. Die Strömungsmaschinen können in axialer, halbaxialer oder radialer Bauart ausgeführt sein und grundsätzlich mit einem beliebigen gasförmigen oder flüssigen Arbeitsmedium betrieben werden.

[0025] Die erfindungsgemäße Strömungsmaschine weist mindestens einen Rotor auf, der einen Drehkörper mit einer Mehrzahl an dem Drehkörper angeordneter Laufschaufeln umfasst. Ein Umfangsgehäuse der Strömungsmaschine besitzt innenseitig eine Ringraumfläche, die umfangsasymmetrisch strukturiert ist. Bei Ausbildung der Strömungsmaschine als Verdichter bilden jeweils ein Rotor und ein Stator eine Stufe. Hierbei handelt es sich jedoch lediglich um ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die erfindungsgemäße umfangsasymmetrische Strukturierung kann ebenso an einer Strömungsmaschine realisiert sein, die ausschließlich einen Rotor umfasst.

[0026] Die Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Zweistrom-Strahltriebwerkes 1, das in an sich bekannter Weise eine Fanstufe 10 mit einem Fan als Niedrigdruckverdichter, einen Mitteldruckverdichter 20, einen Hochdruckverdichter 30, eine Brennkammer 40, eine Hochdruckturbine 50, eine Mitteldruckturbine 60 und eine Niederdruckturbine 70 auf. Die Fanstufe kann dabei zusätzlich nicht dargestellte Booster-Stufen aufweisen. Der Fan stellt einen Teil des Niedrigdruckverdichters 10 dar, da sein Nabennahbereich die Verdichtereintrittsebene für den Primärstrom des Strahltriebwerks darstellt.

[0027] Die Fanstufe 10 weist ein Fangehäuse 15. Das Fangehäuse 15 weist innenseitig eine Ringraumfläche 16 auf, die einen Sekundärstromkanal 4 des Strahltriebwerks 1 radial außen begrenzt.

[0028] Der Niederdruckverdichter 20 und der Hochdruckverdichter 30 sind von einem Umfangsgehäuse 25 umgeben. Dieses weist innenseitig eine Ringraumfläche 26 auf, die den Strömungskanal 3 für den Primärstrom des Strahltriebwerks 1 radial außen begrenzt. Radial innen ist der Strömungskanal 3 durch entsprechende Kranzoberflächen der Rotoren und Statoren der jeweiligen Verdichterstufe bzw. durch die Nabe oder mit der Nabe verbundene Elemente der entsprechenden Antriebswelle verbunden. Der Strömungskanal 3 für den Primärstrom wird auch als Ringraum bezeichnet. Dementsprechend stellt die Fläche 26 eine Ringraumfläche dar.

[0029] Auch im Bereich der Turbinen 50, 60, 70 ist ein Umfangsgehäuse 55 vorgesehen, das eine innenseitige Ringraumfläche 56 ausbildet.

[0030] Die Fanstufe 10 bzw. der Niederdruckverdichter weist einen Fan 11 auf, der einen Drehkörper mit einer Mehrzahl von Fanschaufeln 12 umfasst. Der Fan 11 bildet einen Rotor und die Fanschaufeln 12 bilden Laufschaufeln des Rotors. Ebenso weist der Mitteldruckverdichter 20 Rotoren 21 (in der Figur 1 nur schematisch dargestellt) mit einem Drehkörper und Laufschaufeln 22 auf. Entsprechendes gilt für den Hochdruckverdichter 30, der Rotoren 31 mit jeweils einem Drehkörper und einer Mehrzahl an dem Drehkörper angeordneter Laufschaufeln 32 aufweist (nur schematisch dargestellt).

[0031] In entsprechender Weise weisen die Hochdruckturbine 50, die Mitteldruckturbine 60 und die Niederdruckturbine 70 jeweils Stufen mit einem Rotor und einem Stator auf, wobei der Rotor eine Mehrzahl an einem Drehkörper angeordneter Laufschaufeln umfasst. Zur Vermeidung einer unübersichtlichen Darstellung in der Figur 1 sind diese Rotoren der Turbinenstufen in der Figur 1 nicht gesondert bezeichnet.

[0032] Die beschriebenen Komponenten weisen eine gemeinsame Symmetrieachse 2 auf, die die Mittelachse für die Statoren und die Gehäuse und die Rotationsachse für die Rotoren des Triebwerks darstellt.

[0033] Für sämtliche in der Figur 1 betrachteten Rotoren 11, 21, 31 der Verdichter- und Kompressorstufen 10, 20, 30, 50, 60, 70 gilt, dass eine hohe Flatterstabilität anzustreben ist. Dies gilt in besonderem Maße für die jeweiligen Frontlaufschaufeln der einzelnen Verdichterstufen 10, 20, 30, abgeschwächt jedoch auch für die Laufschaufeln der anderen Rotoren der jeweiligen Verdichterstufen 10, 20, 30. Insbesondere ist die Ausbildung eines Spaltwirbels an der Schaufelspitze der jeweiligen Laufschaufeln 12, 22, 32, der zu einer Schaufelschwin-

gung führt, zu vermeiden oder zu reduzieren. Der Spaltwirbel führt dabei zu einer strömungstechnisch unvorteilhaften Ausprägung für Schaufelflattern.

[0034] Die vorliegende Erfindung stellt Mittel bereit, die die Randbedingungen an der innenseitigen Ringraumfläche 16, 26, 56 des jeweiligen Umfangsgehäuses 15, 25, 55 oder eines damit verbundenen Teils derart ändern, dass der Spaltwirbel reduziert wird oder vollständig verschwindet. Hierzu ist an einem oder an einer Mehrzahl der Gehäuse 15, 25, 55 bzw. an deren innenseitiger Ringraumfläche 16, 26, 56 eine umfangsasymmetrische Strukturierung vorgesehen, die nachfolgend anhand der Figuren 2 bis 4 anhand zweier Ausführungsbeispiele erläutert wird. In der Figur 1 ist die umfangsasymmetrische Strukturierung der Ringraumfläche 16, 26, 56 nicht zu erkennen.

[0035] Das in der Figur 1 dargestellte Strahltriebwerk 1 stellt lediglich ein Ausführungsbeispiel dar. Das Strahltriebwerk kann auch in anderer Weise, beispielsweise mit einer anderen Anzahl von Verdichterstufen und Turbinenstufen und/oder als Einstromtriebwerk ausgebildet sein. Die nachfolgend erläuterte umfangsasymmetrische Strukturierung der innenseitigen Ringraumfläche eines Umfangsgehäuses kommt immer dort in Betracht, wo ein Rotor mit einer Mehrzahl von Laufschaufeln von einem Umfangsgehäuse umgeben wird. Die in der Figur 1 dargestellten Ringraumflächen 16, 26, 56 sind somit ebenfalls nur beispielhaft zu verstehen.

[0036] Die Figur 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Umfangsasymmetrie, die die innenseitige Ringraumfläche eines Umfangsgehäuses 25 aufweist. Bei dem Umfangsgehäuse 25 handelt es sich beispielsweise um das Umfangsgehäuse 25 der Figur 1. Die Figur 2 zeigt das Umfangsgehäuse 25 in einer Ansicht von vorne nach hinten in Richtung der Mittelachse 2 des Umfangsgehäuses 25.

[0037] In das Umfangsgehäuse 25 ist innenseitig ein Einlegering 9 eingebracht. Der Einlegering 9 weist - bezogen auf die Betrachtungsrichtung der Figur 2 - eine vordere Kante 91 und eine hintere Kante 92 auf. Da der Einlegering 9 sich im dargestellten Ausführungsbeispiel konisch nach hinten verjüngt, weist die hintere Kante 92 einen geringeren radialen Abstand zur Mittelachse 2 auf als die vordere Kante 91.

[0038] Der Einlegering 9 bildet an seiner der Mittelachse 2 zugewandten Innenseite eine Ringraumfläche 26a aus, die den angrenzenden Strömungskanal radial außen begrenzt. Die Ringraumfläche wird allgemein entweder durch die Innenseite des Gehäuses selbst oder, sofern vorhanden, durch die Innenseite eines Einlegerings oder eines anderen innenseitig angebrachten Teils gebildet.

[0039] Der Einlegering 9 weist, abgesehen von einem sich in Umfangsrichtung U erstreckenden Abschnitt 6, eine symmetrische Strukturierung der Ringraumfläche 26a auf, die durch eine Mehrzahl, im dargestellten Ausführungsbeispiel durch achtundsiebzig Aussparungen 5 bereitgestellt wird, die in regelmäßigem Abstand in Umfangsrichtung die Ringraumfläche 26a strukturieren. Die Aussparungen 5 verlaufen jeweils in axialer Richtung und weisen eine Länge auf, die im Wesentlichen der Breite der Laufschaufeln des zugehörigen, nicht dargestellten Rotors entsprechen. Mit anderen Worten erstreckt sich die umfangssymmetrische Gehäusestrukturierung entlang eines axialen Bereichs des Umfangsgehäuses, der umfangsseitig an dem zugehörigen Rotor angrenzt und der im Wesentlichen der axialen Erstreckung des Schaufelgitters des Rotors entspricht.

[0040] Allerdings wird darauf hingewiesen, dass die axialen Aussparungen 5 auch eine andere Länge aufweisen können, beispielsweise kürzer ausgebildet sein können, so dass sie nur einem Bruchteil der axialen Länge des Schaufelgitters des zugehörigen Rotors entsprechen, oder länger ausgebildet sein können, so dass sie sich in Bereiche des Umfangsgehäuses bzw. des Einlegerings erstrecken, die vor und/oder hinter dem jeweiligen Schaufelgitter liegen.

[0041] Die axial verlaufenden Aussparungen 5 werden beispielsweise durch innenseitiges Fräsen oder Erodieren des Einlegerings 9 erzeugt. Sie können Axialnuten oder Taschen bilden.

[0042] Es wird darauf hingewiesen, dass eine Strukturierung entsprechend den Aussparungen 5, sofern kein Einlegering 9 vorhanden ist, alternativ auch an der Gehäusewandung des Gehäuses 25 selbst erzeugt werden kann.

[0043] Die in der Figur 2 dargestellte symmetrische Strukturierung durch axiale Aussparungen 5 verläuft allerdings nicht entlang des gesamten Umfangs der Ringraumfläche 26a. Vielmehr ist ein Symmetriebruch in Form des sich in Umfangsrichtung U erstreckenden Abschnitts 6 bereitgestellt, in dem die Ringraumfläche 26a glatt, d. h. ohne axiale Aussparungen 5 ausgebildet ist. Außerhalb des Abschnitts 6 ist die Ringraumfläche 26a somit umfangssymmetrisch strukturiert, nicht jedoch in dem Abschnitt 6. Der Abschnitt 6 erstreckt sich dabei über einen definierten Umfangswinkel $\Delta\varphi$.

[0044] Durch den nicht strukturierten Bereich 6 ist die Strukturierung der Ringraumfläche insgesamt ohne Umfangssymmetrie, da die Strukturierung insgesamt ausschließlich durch eine Drehung um einen Winkel von 360° auf sich selbst abgebildet werden kann.

[0045] Die in der Figur 2 dargestellte Umfangsasymmetrie kann zahlreiche Abwandlungen erfahren. Beispielsweise können in einer ersten alternativen Ausgestaltung mehrere Abschnitte 6 vorgesehen sein, in denen die Ringraumfläche 26a nicht strukturiert ist. Solche Abschnitte 6 würden dabei asymmetrisch über den Umfang verteilt sein, so dass die Strukturierung wiederum nur durch eine Drehung um einen Winkel von 360° auf sich selbst abgebildet werden kann.

[0046] In einem zweiten alternativen Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass sich die durch die axialen Aussparungen 5 bereitgestellte symmetrische Strukturierung auch in den Abschnitt 6 erstreckt, wobei in dem Abschnitt 6 dann aber eine zusätzliche umfangsasym-

metrische Strukturierung vorgesehen ist, beispielsweise eine Vertiefung, in der dann die axialen Aussparungen 5 ausgebildet sind. Für diesen Fall wäre einer symmetrischen Strukturierung in Umfangsrichtung eine asymmetrische Strukturierung in Umfangsrichtung überlagert. Eine weitere alternative Ausgestaltung sieht vor, dass ausschließlich ein in Umfangsrichtung verlaufender Abschnitt, entsprechend dem Abschnitt 6 der Figur 2, überhaupt eine Strukturierung aufweist, während die Ringraumfläche 26a außerhalb dieses Abschnitts glatt ausgebildet ist. Es läge insofern eine Umkehrung der in der Figur 2 dargestellten Verhältnisse vor.

[0047] Ein Ausführungsbeispiel einer solchen Ausführungsvariante ist in den Figuren 3 und 4 dargestellt. Die Figur 3 zeigt eine perspektivische Ansicht auf die Innenseite eines Umfangsgehäuses 25, das beispielsweise dem Umfangsgehäuse 25 der Figur 1 entspricht, jedoch ebenfalls das Umfangsgehäuse 15 oder das Umfangsgehäuse 55 der Figur 1 sein könnte. Das Umfangsgehäuse 25 bildet innenseitig eine Ringraumfläche 26 aus, die den Strömungskanal 3 (vgl. Figur 1) radial außen begrenzt. An der Innenseite des Umfangsgehäuses 25 ist ein Einlegering 9' angeordnet. Dort, wo der Einlegering 9' angeordnet ist, bildet dessen dem Strömungskanal zugewandte Oberfläche 26b die Ringraumfläche des Gehäuses 25.

[0048] Der Einlegering 9' ist in einem mittigen Bereich 93' konkav ausgebildet. Diese konkave Ausbildung entsteht dadurch, dass der Einlegering 9' durch die Laufschaufeln 22 des zugeordneten Rotors ausgefräst ist. Der Einlegering 9' besteht dabei aus einem vergleichsweise weichen Material. Eine solche Bereitstellung eines Einlegerings 9' ist mit dem Vorteil eines geringen Ringspalts zwischen der Schaufelspitze der Laufschaufeln 22 und der Ringraumfläche 26b verbunden.

[0049] Die Figur 4 entspricht der Figur 3, wobei in der Figur 4 zusätzlich Laufschaufeln 22 des zugeordneten Rotors dargestellt sind.

[0050] Es ist in den Einlegering 9' eine Aussparung 7 eingebracht. Diese wird beispielsweise durch Erodieren oder Fräsen des Einlegerings 9' bereitgestellt. Die Aussparung 7 kann längliche Rillen 71 aufweisen; diese entstehen bei der Herstellung der Aussparung 7 und sind optional. Außerhalb der Aussparung 7 ist der Einlegering 9' nicht strukturiert, d. h. glatt ausgeführt. Die Aussparung 7 stellt daher eine umfangsasymmetrische Struktur der Ringraumfläche 26b bereit.

[0051] Die Aussparung 7 weist eine axiale Länge x1 auf, die geringfügig größer als die axiale Erstreckung des Bereichs 93' des Einlegerings 9', der umfangsseitig an die Laufschaufeln 22 des zugeordneten Rotors angrenzt. Die axiale Erstreckung x1 der Aussparung 7 ist somit geringfügig größer als die axiale Erstreckung des Schaufelgitters des zugeordneten Rotors.

[0052] Die Aussparung 7 weist des Weiteren eine Länge u1 in Umfangsrichtung U auf, die einem Umfangswinkel $\Delta\varphi 1$ des zugehörigen Kreissektors entspricht.

[0053] Auch im Ausführungsbeispiel der Figuren 3 und 4 können mehrere Aussparungen 7 entlang des Umfangs des Einlegerings 9' ausgebildet sein, wobei solche mehrere Aussparungen umfangsasymmetrisch angeordnet sind.

[0054] Die Figur 5 verdeutlicht die mit der umfangsasymmetrischen Ausbildung der Ringraumfläche verbundenen Vorteile. Die umfangsasymmetrische Ausbildung der Ringraumfläche vermindert die Schwingungsanregung von Laufschaufeln und damit eine Verbesserung der Flatterstabilität. In der Figur 5 ist das Verdichterdruckverhältnis in Abhängigkeit vom Massenstrom dargestellt. Das Bezugszeichen 81 gibt die Arbeitslinie an und der Punkt DP einen betrachteten Auslegungspunkt. Das Bezugszeichen 82 gibt die Stabilitätslinie, auch als Pumpgrenze bezeichnet, an. Das Kennfelder umfasst Linien 83 mit konstanter Drehzahl N.

[0055] Nach links wird der Kennfeldbereich durch die Stabilitätslinie 82 begrenzt. Liegt ein aktueller Betriebspunkt jenseits der Stabilitätslinie, so kommt es zum Strömungsabriss.

[0056] Ein Schaufelflattern führt zu einer Eindellung der Stabilitätslinie 82, die für diesen Fall durch die Flatterlinie 821 ersetzt wird. Die erfindungsgemäße umfangsasymmetrische Strukturierung der Ringraumfläche führt dazu, dass die Eindellung der Stabilitätslinie 82 reduziert wird, so dass die Stabilitätslinie 82 durch die Flatterlinie 822 bei Ringraumasymmetrie ersetzt wird. Der Abstand zwischen der Flatterlinie 821 ohne Ringraumasymmetrie und der Flatterlinie 822 mit Ringraumasymmetrie verdeutlicht die mit der erfindungsgemäßen Ringraumasymmetrie verbundenen Vorteile. Der Abstand eines auf der Arbeitslinie 81 liegenden Betriebspunktes zur Stabilitätslinie 82 wird vorteilhafterweise erhöht.

[0057] Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausgestaltung nicht auf die vorstehend dargestellten Ausführungsbeispiele, die lediglich beispielhaft zu verstehen sind. Beispielsweise können zur Bereitstellung einer Umfangsasymmetrie der Ringraumfläche Strukturen bereitgestellt werden, die in anderer Weise, mit anderen Formen und/oder an anderer Stelle als in den Ausführungsbeispielen beschrieben ausgebildet und angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine, die aufweist:

- mindestens einen Rotor (11, 21, 31), der einen Drehkörper mit einer Mehrzahl von an dem Drehkörper angeordneter Laufschaufeln (12, 22, 32) aufweist, und
- ein Umfangsgehäuse (15, 25) mit einer Mittelachse (2), das den Rotor (11, 21, 31) umgibt, wobei
- das Umfangsgehäuse (15, 25) oder ein mit diesem verbundenes Teil (9, 9') innenseitig eine Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) aufweist, die

einen Strömungskanal (3, 4) der Strömungsmaschine radial außen begrenzt, und
- die Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) zumindest in einem Bereich, der umfangsseitig an einen Rotor (11, 21, 31) angrenzt, eine Strukturierung aufweist,

dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine Strukturierung (6, 7) der Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) bezogen auf die Mittelachse (2) des Umfangsgehäuses (15, 25) umfangsasymmetrisch ausgebildet ist und dass

- die Ringraumfläche (26a) mindestens einen sich in Umfangsrichtung (U) erstreckenden Abschnitt (6) aufweist, der in einer ansonsten symmetrischen Strukturierung (5) der Ringraumfläche (26a) in Umfangsrichtung (U) einen Symmetriebruch bereitstellt,

oder

- die Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) mindestens einen sich in Umfangsrichtung (U) erstreckenden Abschnitt aufweist, der die Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) in Umfangsrichtung (U) asymmetrisch strukturiert, und die Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) in Umfangsrichtung (U) des Weiteren mindestens eine symmetrische Strukturierung aufweist.

2. Strömungsmaschine, die aufweist:

- mindestens einen Rotor (11, 21, 31), der einen Drehkörper mit einer Mehrzahl von an dem Drehkörper angeordneter Laufschaufeln (12, 22, 32) aufweist, und
- ein Umfangsgehäuse (15, 25) mit einer Mittelachse (2), das den Rotor (11, 21, 31) umgibt, wobei
- das Umfangsgehäuse (15, 25) oder ein mit diesem verbundenes Teil (9, 9') innenseitig eine Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) aufweist, die einen Strömungskanal (3, 4) der Strömungsmaschine radial außen begrenzt, und
- die Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) zumindest in einem Bereich, der umfangsseitig an einen Rotor (11, 21, 31) angrenzt, eine Strukturierung aufweist,

dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine Strukturierung (6, 7) der Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) bezogen auf die Mittelachse (2) des Umfangsgehäuses (15, 25) umfangsasymmetrisch ausgebildet ist und dass die Ringraumfläche (26b) mindestens einen sich in Umfangsrichtung (U) erstreckenden Abschnitt (7) aufweist, der die Ringraumfläche (26b) in Umfangsrichtung (U) asymmetrisch strukturiert, während die Ringraumfläche (26b) ansonsten in Umfangsrichtung (U) im Wesentlichen glatt ausgebildet ist, wobei der mindestens eine sich in Umfangsrichtung (U) erstreckenden Abschnitt (7) eine Umfangsasymmetrie bereitstellt und durch eine Aussparung gebildet ist, wobei die Ringraumfläche (26b) genau eine Aussparung (7) oder mehrere Aussparungen, die umfangsasymmetrisch in der Ringraumfäche ausgebildet sind und die axiale Erstreckung (x1) der Aussparung (7) geringfügig größer ist, als die axiale Erstreckung eines Schaufelgitters des zugeordneten Rotors.

3. Strömungsmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ringraumfläche (16, 26, 26a, 26b) mindestens einen sich in Umfangsrichtung (U) erstreckenden Abschnitt (6, 7) aufweist, der bezogen auf die Mittelachse (2) einen von anderen Abschnitten abweichenden Radius aufweist.

4. Strömungsmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, die Aussparung (7) in einem Schnitt in einer Ebene senkrecht zur Mittelachse (2) gebogen oder rechteckförmig ausgebildet ist.

5. Strömungsmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strukturierung der Ringraumfläche Strukturen (5, 6, 7) umfasst, die sich über eine definierte Länge in axialer Richtung erstrecken.

6. Strömungsmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umfangsgehäuse (15, 25) selbst umfangsasymmetrisch strukturiert ist.

7. Strömungsmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein mit dem Umfangsgehäuse (15, 25) innenseitig verbundener Einlegering (9, 9') umfangsasymmetrisch strukturiert ist.

8. Strömungsmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Strukturierung des Umfangsgehäuses (15, 25) oder eines mit dem Umfangsgehäuse (15, 25) verbundenen Teils (9, 9') durch mindestens eine Ausfräsung (7) oder Erodierung des Gehäuses (15, 25) oder des Teils (9, 9') bereitgestellt ist.

9. Strömungsmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die umfangsasymmetrische Gehäusestrukturierung (6, 7) jeweils im Bereich des Schaufelgitters eines Rotors (11, 21, 31) ausgebildet ist.

10. Strömungsmaschine nach einem der vorangehen-

den Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine umfangsasymmetrische Gehäusestrukturierung (6, 7) auch in axialen Bereichen des Umfangsgehäuses (15, 25) oder eines mit diesem verbundenen Teils (9, 9') bereitgestellt ist, die vor und/oder hinter einem benachbarten Schaufelgitter liegen.

11. Strömungsmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsmaschine ein Verdichter (10, 20, 30) ist, der dazu ausgebildet und vorgesehen ist, in einem Strahltriebwerk (1) eingesetzt zu werden.

Claims

1. Fluid-flow machine, featuring:

- at least one rotor (11, 21, 31) including a rotary element with a plurality of rotor blades (12, 22, 32) arranged on the rotary element, and
- a circumferential casing (15, 25) having a central axis (2) and surrounding the rotor (11, 21, 31),
- with the circumferential casing (15, 25) or a part (9, 9') connected thereto having an annular space surface (16, 26, 26a, 26b) on the inside which delimits a flow duct (3, 4) of the fluid-flow machine radially outwards, and
- with the annular space surface (16, 26, 26a, 26b) having a structuring at least in one area adjoining a rotor (11, 21, 31) on the circumferential side,

characterized in that
at least one structuring (6, 7) of the annular space surface (16, 26, 26a, 26b) is, relative to the central axis (2) of the circumferential casing (15, 25), given a circumferentially asymmetrical design, and that

- the annular space surface (26a) has at least one section (6) extending in the circumferential direction (U), which section in an otherwise symmetrical structuring (5) of the annular space surface (26a) provides a symmetry break in the circumferential direction (U),

or

- the annular space surface (16, 26, 26a, 26b) has at least one section extending in the circumferential direction (U), which section structures the annular space surface (16, 26, 26a, 26b) asymmetrically in the circumferential direction (U), and the annular space surface (16, 26, 26a, 26b) furthermore features at least one symmetrical structuring in the circumferential direction (U).

2. Fluid-flow machine, featuring:

- at least one rotor (11, 21, 31) including a rotary element with a plurality of rotor blades (12, 22, 32) arranged on the rotary element, and
- a circumferential casing (15, 25) having a central axis (2) and surrounding the rotor (11, 21, 31),
- with the circumferential casing (15, 25) or a part (9, 9') connected thereto having an annular space surface (16, 26, 26a, 26b) on the inside which delimits a flow duct (3, 4) of the fluid-flow machine radially outwards, and
- with the annular space surface (16, 26, 26a, 26b) having a structuring at least in one area adjoining a rotor (11, 21, 31) on the circumferential side,

characterized in that
at least one structuring (6, 7) of the annular space surface (16, 26, 26a, 26b) is, relative to the central axis (2) of the circumferential casing (15, 25), given a circumferentially asymmetrical design, and that the annular space surface (26b) has at least one section (7) extending in the circumferential direction (U), which section structures the annular space surface (26b) asymmetrically in the circumferential direction (U), while the annular space surface (26b) is otherwise designed smooth in the circumferential direction (U), where the at least one section (7) extending in the circumferential direction (U) provides a circumferential asymmetry and is formed by a recess, where the annular space surface (26b) has exactly one recess (7) or several recesses, which are provided circumferentially asymmetrically in the annular space surface, and where the axial extension (x1) of the recess (7) is slightly larger than the axial extension of a blade cascade of the associated rotor.

3. Fluid-flow machine in accordance with one of the preceding Claims, **characterized in that** the annular space surface (16, 26, 26a, 26b) has at least one section (6, 7) extending in the circumferential direction (U), the radius of which differs from that of the other sections with reference to the central axis (2).

4. Fluid-flow machine in accordance with Claim 2, **characterized in that** the recess (7) in a section in a plane perpendicular to the central axis (2) is given a bent or rectangularly shaped design.

5. Fluid-flow machine in accordance with one of the preceding Claims, **characterized in that** the structuring of the annular space surface includes structures (5, 6, 7) that extend over a defined length in the axial direction.

6. Fluid-flow machine in accordance with one of the

preceding Claims, **characterized in that** the circumferential casing (15, 25) itself is given a circumferentially asymmetrical structure.

7. Fluid-flow machine in accordance with one of the preceding Claims, **characterized in that** a liner (9, 9') connected on the inside to the circumferential casing (15, 25) is given a circumferentially asymmetrical structure.

8. Fluid-flow machine in accordance with one of the preceding Claims, **characterized in that** a structuring of the circumferential casing (15, 25) or of a part (9, 9') connected to the circumferential casing (15, 25) is provided by at least one recess (7) milled out or eroded in the casing (15, 25) or the part (9, 9').

9. Fluid-flow machine in accordance with one of the preceding Claims, **characterized in that** the circumferentially asymmetrical casing structuring (6, 7) is provided in each case in the area of the blade cascade of a rotor (11, 21, 31).

10. Fluid-flow machine in accordance with one of the preceding Claims, **characterized in that** a circumferentially asymmetrical casing structuring (6, 7) is also provided in axial areas of the circumferential casing (15, 25) or a part (9, 9') connected thereto, said areas being located in front of and/ or behind an adjacent blade cascade.

11. Fluid-flow machine in accordance with one of the preceding Claims, **characterized in that** the fluid-flow machine is a compressor (10, 20, 30) designed and intended to be used in a jet engine (1).

Revendications

1. Machine à écoulement comprenant:

- au moins un rotor (11, 21, 31) qui présente un corps rotatif avec une multitude d'aubes mobiles (12, 22, 32) disposées sur le corps rotatif, et
- un carter circonférentiel (15, 25) avec un axe médian (2), qui entoure le rotor (11, 21, 31), sachant que
- le carter circonférentiel (15, 25) ou une partie (9, 9') liée à celui-ci présente sur la face intérieure une surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) qui délimite radialement à l'extérieur un canal d'écoulement (3, 4) de la machine à écoulement, et
- que la surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) présente une structuration au moins dans une zone avoisinant un rotor (11, 21, 31) du côté circonférentiel,

caractérisée en ce
qu'au moins une structuration (6, 7) de la surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) est formée de manière circonférentiellement asymétrique par rapport à l'axe médian (2) du carter circonférentiel (15, 25) et que

- la surface d'espace annulaire (26a) présente au moins une section (6) s'étendant dans le sens circonférentiel (U), laquelle section fournit une rupture de symétrie dans une structuration autrement symétrique (5) de la surface d'espace annulaire (26a) dans le sens circonférentiel (U),

ou

- la surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) présente au moins une section s'étendant dans le sens circonférentiel (U), laquelle section structure de manière asymétrique la surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) dans le sens circonférentiel (U) et la surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) présente de plus dans le sens circonférentiel (U) au moins une structuration symétrique.

2. Machine à écoulement comprenant:

- au moins un rotor (11, 21, 31) qui présente un corps rotatif avec une multitude d'aubes mobiles (12, 22, 32) disposées sur le corps rotatif, et
- un carter circonférentiel (15, 25) avec un axe médian (2), qui entoure le rotor (11, 21, 31), sachant que
- le carter circonférentiel (15, 25) ou une partie liée à celui-ci (9, 9') présente sur la face intérieure une surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) qui délimite radialement à l'extérieur un canal d'écoulement (3, 4) de la machine à écoulement, et
- que la surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) présente une structuration au moins dans une zone avoisinant un rotor (11, 21, 31) du côté circonférentiel,

caractérisée en ce
qu'au moins une structuration (6, 7) de la surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) est formée de manière circonférentiellement asymétrique par rapport à l'axe médian (2) du carter circonférentiel (15, 25) et que la surface d'espace annulaire (26b) présente au moins une section (7) s'étendant dans le sens circonférentiel (U), laquelle section structure de manière asymétrique la surface d'espace annulaire (26b) dans le sens circonférentiel (U), tandis que la surface d'espace annulaire (26b) est du reste lisse dans le sens circonférentiel (U), sachant que l'au moins une section (7) s'étendant dans le sens

circonférentiel (U) fournit une asymétrie circonférentielle et est constituée d'une encoche, sachant que la surface d'espace annulaire (26b) présente exactement une encoche (7) ou plusieurs encoches qui sont formées, dans la surface d'espace annulaire, de manière circonférentiellement asymétrique et que l'étendue axiale (x1) de l'encoche (7) est légèrement supérieure à l'étendue axiale d'une grille d'aube du rotor associé.

3. Machine à écoulement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la surface d'espace annulaire (16, 26, 26a, 26b) présente au moins une section (6, 7) s'étendant dans le sens circonférentiel (U), laquelle section présente, par rapport à l'axe médian (2), un rayon différent des autres sections.

4. Machine à écoulement selon la revendication n° 2, **caractérisée en ce que** l'encoche (7) est recourbée ou de forme rectangulaire dans une coupe dans un plan perpendiculaire à l'axe médian (2).

5. Machine à écoulement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la structuration de la surface d'espace annulaire comprend des structures (5, 6, 7) qui s'étendent sur une longueur définie dans le sens axial.

6. Machine à écoulement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le carter circonférentiel (15, 25) est lui-même structuré de manière circonférentiellement asymétrique.

7. Machine à écoulement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**une bague d'insertion (9, 9') reliée au carter circonférentiel (15, 25) sur la face intérieure est structurée de manière circonférentiellement asymétrique.

8. Machine à écoulement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**une structuration du carter circonférentiel (15, 25) ou d'une partie (9, 9') reliée au carter circonférentiel (15, 25) est réalisée par au moins un fraisage (7) ou une érosion du carter (15, 25) ou de la partie (9, 9').

9. Machine à écoulement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la structuration du carter (6, 7) circonférentiellement asymétrique est présente dans chaque zone de la grille d'aube d'un rotor (11, 21, 31).

10. Machine à écoulement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**une structuration du carter (6, 7) circonférentiellement asymétrique est fournie également dans des zones axiales du carter circonférentiel (15, 25) ou d'une partie (9, 9') reliée à celui-ci, lesquelles zones se situent devant et/ ou derrière une grille d'aube voisine.

11. Machine à écoulement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la machine à écoulement est un compresseur (10, 20, 30) qui est conçu et prévu pour être utilisé dans un réacteur (1).

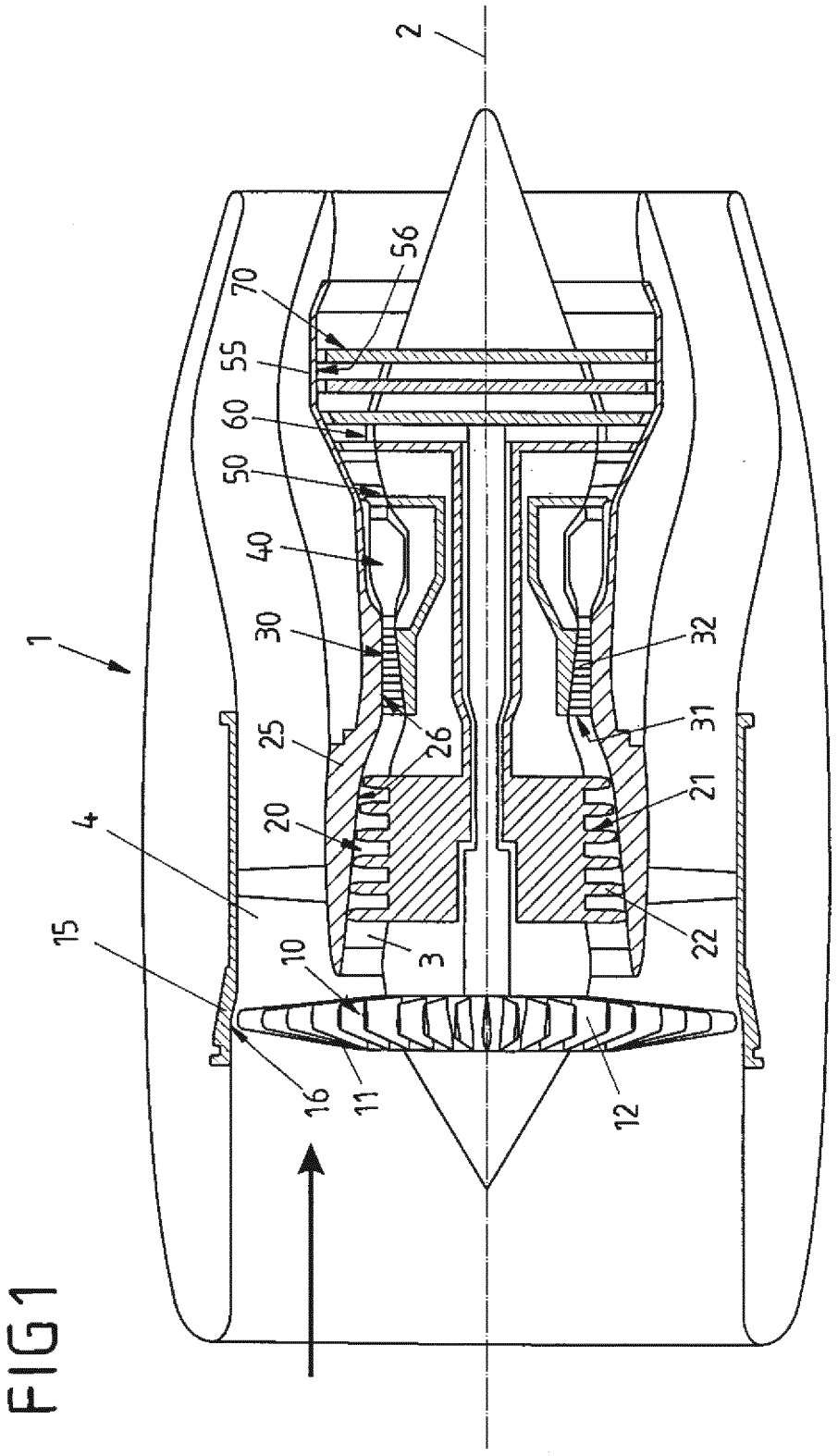


FIG1

FIG 2

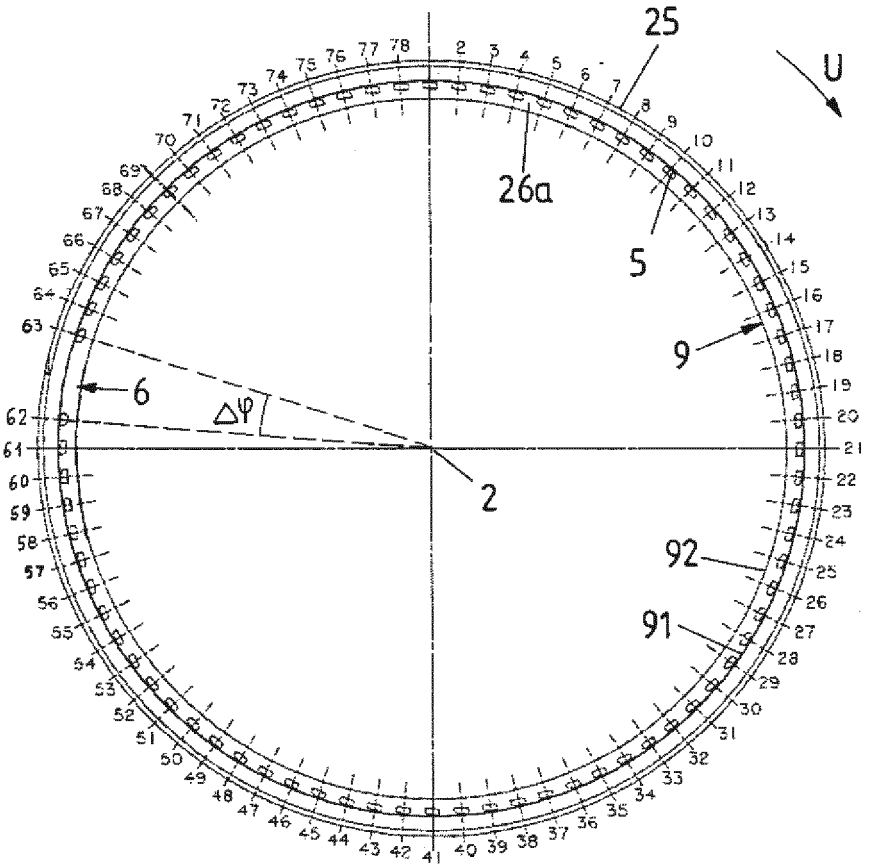


FIG 3

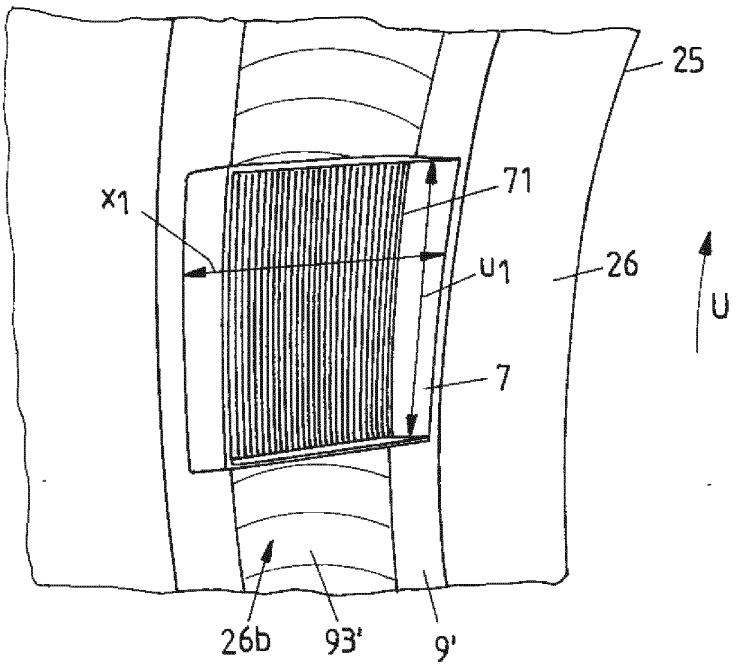


FIG 4

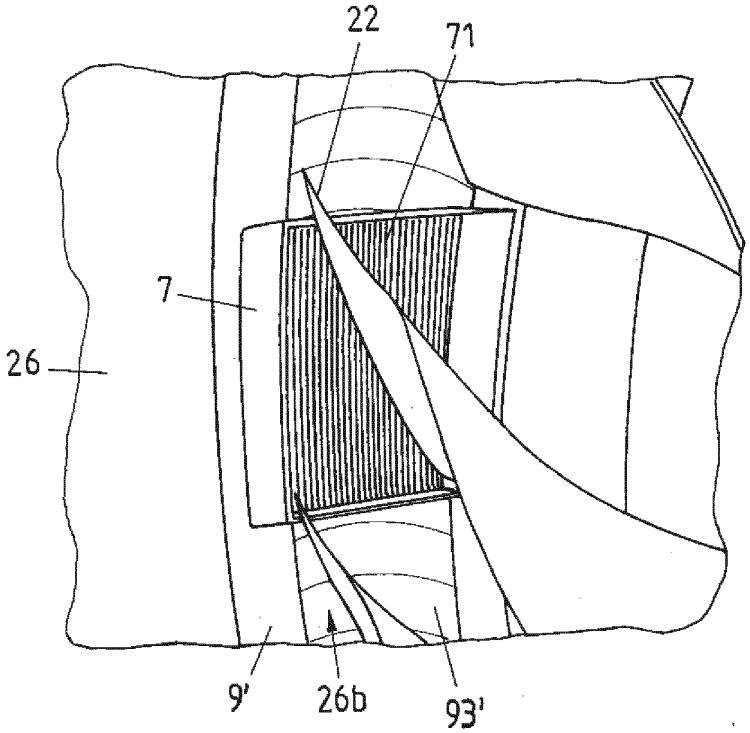
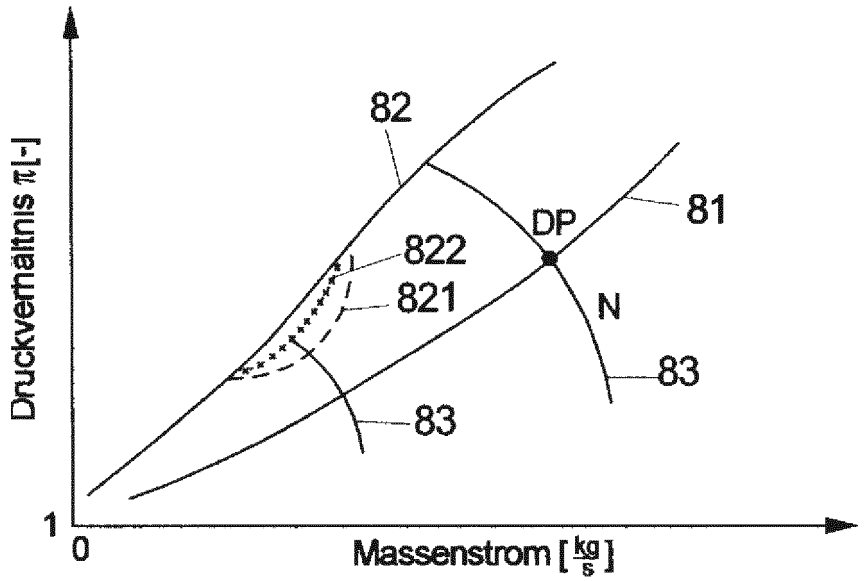


FIG 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102007056953 A1 **[0006]**
- DE 60130577 T2 **[0007]**