



(11)

EP 3 376 041 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.09.2018 Patentblatt 2018/38

(51) Int Cl.:
F04D 17/12 (2006.01) F04D 29/44 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17161002.5**

(22) Anmeldetag: **15.03.2017**

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

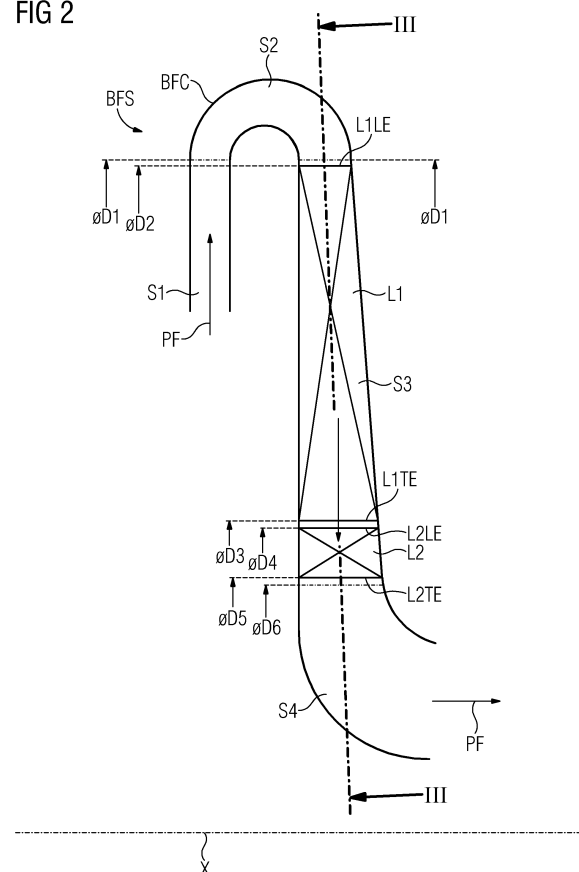
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Petry, Nico**
46147 Oberhausen (DE)

(54) **RÜCKFÜHRSTUFE UND RADIALTURBOFLUIDENERGIEMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Rückführstufe (BFS) einer Radialturbofluidenergiemaschine (RTFEM), insbesondere eines Radialturboverdichters (RTC), zur Umlenkung einer Strömungsrichtung (FD) eines aus einem sich um eine Achse (X) rotierenden Laufrads (IMP) austretenden Prozessfluids (PF) von radial außen nach radial innen, umfassend einen sich ringförmig um die Achse (X) erstreckenden Rückführkanal (BFC), der vier in Strömungsrichtung von dem Prozessfluid (PF) durchströmte benachbarte Abschnitte (S1, S2, S3, S4) aufweist, wobei ein erster Abschnitt (S1) zur Leitung des Prozessfluids (PF) nach radial außen ausgebildet ist, wobei ein zweiter Abschnitt (S2) zur Umlenkung des Prozessfluids (PF) von radial außen nach radial innen ausgebildet ist, wobei ein dritter Abschnitt (S3) zur Leitung des Prozessfluids (PF) nach radial innen ausgebildet ist, wobei ein vierter Abschnitt (S4) zur Umleitung des Prozessfluids (PF) in axiale Richtung ausgebildet ist, wobei der dritte Abschnitt (S3) erste Leitschaufeln (L1) aufweist, die Strömungskanäle (FC) des Rückführkanals (BFC) in Umfangsrichtung zueinander definieren, wobei die Rückführstufe (BFS) stromabwärts der ersten Leitschaufeln (L1) zweite Leitschaufeln (L2) aufweist, die Strömungskanäle (FC) des Rückführkanals (BFC) in Umfangsrichtung zueinander definieren. Es wird vorgeschlagen, dass die ersten Leitschaufeln (L1) ausschließlich im dritten Abschnitt (S3) angeordnet sind, wobei die zweiten Leitschaufeln (L2) ausschließlich im dritten Abschnitt (S4) angeordnet sind.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Rückführstufe einer Radialturbofluidenergiemaschine, insbesondere eines Radialturboverdichters, zur Umlenkung einer Strömungsrichtung eines aus einem sich um eine Achse rotierenden Laufrads austretenden Prozessfluids von radial außen nach radial innen, umfassend einen sich ringförmig um die Achse erstreckenden Rückführkanal, der vier in Strömungsrichtung benachbarte Abschnitte aufweist, wobei ein erster Abschnitt zur Leitung des Prozessfluids nach radial außen ausgebildet ist, wobei ein zweiter Abschnitt zur Umlenkung des Prozessfluids von radial außen nach radial innen ausgebildet ist, wobei ein dritter Abschnitt zur Leitung des Prozessfluids nach radial innen ausgebildet ist, wobei ein vierter Abschnitt zur Umleitung des Prozessfluids in axiale Richtung ausgebildet ist, wobei der dritte Abschnitt erste Leitschaufeln aufweist, die Strömungskanäle des Rückführkanals in Umfangsrichtung zueinander definieren, wobei die Rückführstufe stromabwärts der ersten Leitschaufeln zweite Leitschaufeln aufweist, die Strömungskanäle des Rückführkanals in Umfangsrichtung zueinander definieren.

[0002] In einem Radialverdichter (siehe Figur 1) verlässt das zu komprimierende Fluid ein um eine Achse rotierendes Laufrad in radialer Richtung mit einer signifikanten Geschwindigkeitskomponente in Umfangsrichtung (Drall). Die in Strömungsrichtung nachfolgenden statischen aerodynamisch wirksamen Komponenten haben die Aufgabe, die im Laufrad zugeführte kinetische Energie in Druck umzusetzen. Bei einem mehrstufigen Einwellenverdichter, wie beispielsweise aus der JP000244516 bekannt, muss das Fluid zudem zum nachfolgenden Laufrad geleitet werden. Weiterhin ist der Strömung der Drall zu entziehen, so dass das nachfolgende Laufrad weitestgehend drallfrei angeströmt wird. Diese Aufgabe wird durch eine sogenannte Rückführstufe, umfassend einen ersten Abschnitt, der das Prozessfluid nach radial außen führt, einen zweiten Abschnitt der im Wesentlichen einem 180°-Bogen entspricht und einem dritten Abschnitt zur Leitung des Prozessfluids nach radial innen zum Eintritt in das stromabwärtig nachfolgende Laufrad. Ein vierter Abschnitt definiert eine Umlenkung des Prozessfluids aus der radial nach innen gerichteten Strömung in die Axialrichtung zum Laufradeintritt des stromabwärtigen Laufrads hin.

[0003] Eine gattungsgemäße Rückführbeschaufelung ist bereits aus der JP 11173299-A bekannt.

Unterschiedliche radiale Leitschaufelerstreckungen bzw. Profilstreckenlängen von benachbarten Leitschaufeln gattungsgemäßer Rückführstufen sind bereits aus der DE723824 bekannt.

[0004] Die aus dem Stand der Technik bekannten Anordnungen sind wenig kompakt - also verhältnismäßig raumgreifend - und die Durchströmung ist jeweils verhältnismäßig verlustbehaftet. Rückführstufen des Standes der Technik sind außerdem aufwändig in der Fertigung und Montage.

[0005] Ausgehend von dem Problem und Nachteilen des Standes der Technik hat es sich die Erfindung zur Aufgabe gemacht, eine Rückführstufe der eingangs definierten Art derart weiterzubilden, dass eine weniger raumgreifende Rückführstufe eine weniger verlustbehaftete Strömung erzeugt, die insbesondere besonders drallarm und wirbelarm ist.

[0006] Zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe wird eine Rückführstufe der eingangs definierten Art mit den zusätzlichen Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen. Weiterhin schlägt die Erfindung eine radiale Turbofluidenergiemaschine mit einer derartigen Rückführstufe vor.

[0007] Im technischen Sprachgebrauch ist es auch üblich, nur die Kombination aus dem zweiten Abschnitt mit dem dritten Abschnitt als Rückführstufe zu bezeichnen und den ersten Abschnitt als einen in Strömungsrichtung davor befindlichen Diffusor zu definieren. Der vierte Abschnitt wird hierbei auch nicht immer der Rückführstufe zugerechnet. Die Terminologie dieses Dokumentes bezeichnet die vier in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Abschnitte (S1, S2, S3; S4; siehe Figuren) als Rückführstufe. Hierbei ist zu beachten, dass der erste Abschnitt im Rahmen der Erfindung frei gestaltet werden kann, so dass der erste Abschnitt mit oder ohne Schaufeln, im Meridionalschnitt in Strömungsrichtung zum Beispiel sich aufweitend, konstant oder sich verjüngend ausgebildet sein kann.

[0008] Im Zusammenhang mit der Erfindung sind geometrische Ausdrücke, wie axial, tangential, radial oder Umfangsrichtung stets auf eine Rotationsachse eines Laufrades einer Radialturbofluidenergiemaschine bezogen, falls im unmittelbaren Zusammenhang nichts anderes angegeben ist. Die erfindungsgemäße Rückführstufe hat einen eindeutigen Zusammenhang zu einem derartigen Laufrad, da die Rückführstufe sich stromabwärts des Laufradaustritts bei einem Radialturboverdichter in Umfangsrichtung um das Laufrad herum erstreckt. In der Regel ist die Rückführstufe zumindest hinsichtlich der aerodynamisch relevanten Aspekte der Grenzen des Ringraums der Erfindung rotationssymmetrisch zu der Achse ausgebildet.

[0009] Die Rückführstufe nach der Erfindung ist in Folge der in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten ersten Leitschaufeln und zweiten Leitschaufeln weniger raumgreifend als eine Rückführstufe, die nicht die beiden Leitschaufelstufen hintereinander aufweist. Eine Ausrichtung der Strömung auf den Eintritt in das stromabwärts nachfolgende Laufrad ist mittels der gestuften Leitschaufelausführung aerodynamisch effizienter.

[0010] Aerodynamisch ermöglicht die Erfindung eine Aufgabenteilung zwischen den beiden Leitschaufelreihen, den ersten Leitschaufeln und den zweiten Leitschaufeln, die besonders effizient ist. Die ersten Leitschaufeln lenken im Wesentlichen die Strömung um und die zweiten Leitschaufeln brechen im Wesentlichen die sich in den ersten Leitschaufeln bildenden Wirbel. Das führt zu einer homogenen Zuströmung zum nächsten Laufrad und zu einer im Mittel drall-freieren Zuströmung zum nächsten Laufrad.

[0011] Die Anordnung der ersten Leitschaufeln und der zweiten Leitschaufeln ausschließlich in dem dritten Abschnitt der Rückführstufe kombiniert eine aerodynamisch vorteilhafte Vorbereitung des Prozessfluids auf das stromabwärts gelegene Laufrad nach der 90°-Umlenkung. Es zeigt sich, dass die in zwei Leitstufen aufgeteilte Strömungsführung im dritten Abschnitt besonders effizient bei der drallfreien Ausrichtung des Prozessfluids arbeitet. Daneben ist die Anordnung der Leitbeschaufelung ausschließlich im dritten Abschnitt besonders fertigungs- und montagefreundlich. Die Anordnung im dritten Abschnitt ermöglicht vorteilhaft eine solide Befestigung des Zwischenbodens an dem Schaufelboden und ist darüber hinaus aufgrund der verhältnismäßig einfachen Geometrie der radialen Rückführung im Bereich des dritten Abschnitts zur Montage und Fertigung der beiden Leitschaufelreihen besonders gut geeignet. Die Erkenntnis der Erfindung besteht insbesondere darin, dass eine Anordnung von Leitschaufeln in benachbarten Bereichen die Neigung für unerwünschte Sekundärströmungen in Folge der Komplexität der weiteren Umlenkung des Prozessfluids verstärkt. Die erfindungsgemäße mehrfache Aufgabenteilung zwischen mehrfacher radialer Umlenkung (180°, 90°-Bögen), Drallbefreiung (erste Leitschaufeln) und Brechen von sich in den ersten Leitschaufeln bildenden Wirbeln (mittels der zweiten Leitschaufeln) ist aerodynamisch besonders effizient. Dadurch, dass die zweiten Leitschaufeln ausschließlich in dem dritten Abschnitt der Rückführstufe angeordnet sind, werden etwaige Wirbel effizient gebrochen und kaum bzw. keine neue Wirbel erzeugt. Auf diese Weise gelangt eine weitestgehend drallfreie und wirbelfreie Strömung in den vierten Abschnitt der Rückführstufe und kann an dieser Stelle von sonstigen aerodynamischen Maßnahmen unbeeinflusst in die Axialrichtung zum Eintritt in das stromabwärts befindliche Laufrad umgelenkt werden.

[0012] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass ein Austrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln in einem Verhältnis zu einem Eintrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln zwischen

$$0,5 \cdot D2 < D3 < 0,68 \cdot D2 \text{ liegt,}$$

mit:

D2: Eintrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln,

D3: Austrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln.

[0013] Diese Anordnung erweist sich als besonders günstig zur Erreichung von Drall- und Wirbelfreiheit am Austritt der Rückführstufe. Eine andere vorteilhafte Weiterbildung zur Befreiung von Wirbeln und Drall sieht vor, dass die ersten Leitschaufeln einen Metallaustrittswinkel zur Radialrichtung aufweisen mit:

$$-5^\circ < L1EA < 5^\circ,$$

mit

L1EA: Metallaustrittswinkel der ersten Leitschaufeln (L1) zur Radialrichtung.

[0014] Die zweiten Leitschaufeln können nach einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung derart angeordnet werden, dass ein Eintrittskantendurchmesser der zweiten Leitschaufeln in einem Verhältnis zu einem Austrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln zwischen

$$0,9 \cdot D3 < D4 < D3,$$

mit:

D3: Austrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln

D4: Eintrittskantendurchmesser der zweiten Leitschaufeln.

[0015] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass eine Schaufelüberdeckung von Leitschaufeln jeweils definiert ist als ein Quotient aus einer mittleren Profilsehnenlänge und einem mittleren Bogenlängenabstand in Umfangsrichtung der zueinander benachbarten Schaufeln, wobei für die zweiten Leitschaufeln eine Überdeckung

$$0,8 < RAS/CDT < 1,2 \text{ gilt,}$$

mit

RAS: Profillehnenlänge
CDT: Bogenlängenabstand.

5

[0016] In diesem Zusammenhang ist es besonders sinnvoll, wenn die Rückführstufe gleich viele erste Leitschaufeln und zweite Leitschaufeln aufweist.

10

[0017] Damit die zweiten Leitschaufeln nach eine vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung als Wirbelbrecher besonders effizient arbeiten, ist es zweckmäßig, wenn die zweiten Leitschaufeln eine Differenz zwischen einem mittleren Metalleintrittswinkel und mittleren Metallaustrittswinkel aufweisen, für die gilt:

$$-5^{\circ} < \text{DL2A} < 5^{\circ} \text{ mit:}$$

15

DL2A: Differenz zwischen mittleren Metalleintrittswinkel und mittleren Metallaustrittswinkel.

[0018] Besonders bevorzugt ist die Differenz zwischen dem mittleren Metalleintrittswinkel und mittleren Metallaustrittswinkel Null. Daneben ist es auch vorteilhaft, wenn die ersten Leitschaufeln und/oder zweiten Leitschaufeln zylindrisch ausgebildet sind.

20

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass genau eine zweite Leitschaufel stromabwärts in Umfangsrichtung zwischen den beiden nächstgelegenen ersten Leitschaufeln angeordnet ist.

[0019] Eine in Umfangsrichtung versetzte zweite Leitschaufelstufe bzw. die Anordnung der zweiten Leitschaufeln in Umfangsrichtung asymmetrisch zu den Austrittskanten der ersten Leitschaufeln führt zu einer Verringerung der aerodynamischen Verluste des Prozessfluids bei der Durchströmung der Rückführstufe.

25

[0020] Die Neuausrichtung und Umlenkung des Prozessfluids stromabwärts des Austritts aus einem Laufrad hin zu dem Eintritt des stromabwärts nachfolgenden Laufrades ist nach der Erfindung besonders verlustarm und wenig raumgreifend. Die Bogenlänge, die in Umfangsrichtung den Abstand zwischen den zwei Austrittskanten benachbarter erster Leitschaufeln charakterisiert, wird von dem radialen Strahl durch die Eintrittskante der in Umfangsrichtung zwischen den beiden ersten Schaufeln angeordneten zweiten Leitschaufeln in einem druckseitigen Abschnitt und einem saugseitigen Abschnitt geteilt.

30

[0021] Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die zweiten Leitschaufeln derart ausgebildet und angeordnet sind, dass die stromabwärts zwischen den beiden ersten Leitschaufeln angeordnete zweite Leitschaufel in Umfangsrichtung näher an der Saugseite der benachbarten ersten Leitschaufel angeordnet ist als an der Druckseite der anderen benachbarten ersten Leitschaufel.

35

[0022] Es hat sich gezeigt, dass die Aufteilung der Bogenlänge, die in Umfangsrichtung den Abstand zwischen den zwei Austrittskanten benachbarter erster Leitschaufeln charakterisiert, besonders vorteilhaft ist, wenn das Verhältnis des saugseitigen Abschnitts zu der gesamten Bogenlänge zwischen 0,4 - 0,6 ($0,4 < \text{SSD}/\text{BLD} < 0,6$) liegt. Dieser charakteristische Versatz hin zu der Saugseite einer ersten Leitschaufel, die in Umfangsrichtung den Strömungskanal definiert, führt zu einer turbolenzfreien und weniger ablösungsbehafteten Durchströmung, die besonders verlustarm ist.

40

[0023] Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 einen Längsschnitt in schematischer Darstellung durch den Strömungskanal einer Radialturbofluidenergiemaschine am Beispiel eines Einwellenverdichters,

45

Figur 2 ein Detail der Figur 1, das in Figur 1 mit II ausgewiesen ist,

Figur 3 einen Schnitt durch einen dritten Abschnitt der Rückführstufe gemäß dem in Figur 2 mit III-III ausgewiesenen Schnitt in einer Radialebene an der axialen Position des dritten Abschnitts.

50

[0024] Figur 1 zeigt eine schematische Wiedergabe eines Längsschnitts einer Radialturbofluidenergiemaschine RT-FEM in dem Ausschnitt eines Strömungskanals für ein Prozessfluid PF. Der Ausschnitt zeigt fünf Laufräder IMP, die als Bestandteil eines Rotors R im Betrieb um eine Achse X rotieren.

55

[0025] Auf diese Achse X sind sämtliche Angaben dieser Beschreibung, wie axial, radial, tangential oder Umfangsrichtung bezogen. Die Laufräder IMP saugen das Prozessfluid PF jeweils im Wesentlichen axial an und befördern dieses beschleunigt nach radial außen. Nach dem Austritt aus dem Laufrad IMP gelangt das Prozessfluid PF in eine Rückführstufe BFS umfassend einen Rückführkanal BFC.

[0026] Die Figur 2 zeigt die Rückführstufe BFS bzw. den Rückführkanal BFC im Detail. Das Prozessfluid PF gelangt

aus dem Laufrad IMP in einen ersten Abschnitt S1 des Rückführkanals, der zur Leitung des Prozessfluids PF nach radial außen ausgebildet ist. In dem stromabwärts befindlichen zweiten Abschnitt S2 wird das Prozessfluid PF von einer Strömungsrichtung nach radial außen in eine Strömungsrichtung FD nach radial innen umgelenkt. In dem darauf folgenden Abschnitt S3 wird das Prozessfluid PF nach radial innen geführt und anschließend den nachfolgenden Laufrad IMP axial zugeleitet. Die Umlenkung des Prozessfluids PF in dem zweiten Abschnitt S2 geschieht im Wesentlichen in Form eines 180° Bogens. Die Umlenkung von einer radial nach innen weisenden Strömungsrichtung FD im dritten Abschnitt S3 in die axiale Strömungsrichtung FD erfolgt im Wesentlichen in einem 90° Bogen, der einen vierten Abschnitt S4 darstellt.

[0027] Nur in dem dritten Abschnitt S3 sind erste Leitschaufeln L1 und zweite Leitschaufeln L2 angeordnet. Die ersten Leitschaufeln haben eine Eintrittskante L1LE und eine Austrittskante L1TE. Die zweiten Leitschaufeln L2 haben eine Eintrittskante L2LE und eine Austrittskante L2TE. In diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel befindet sich die Eintrittskante L2LE der zweiten Leitschaufel L2 in einem Radialabschnitt RAD stromabwärts und auf einem kleineren Radius als die Austrittskanten L1TE der ersten Leitschaufeln L1 - diese Anordnung ist nach der Erfindung bevorzugt. Dem Umfang der Erfindung sind ebenfalls Ausführungsformen zuzurechnen, bei denen dieser Radialabschnitt RAD null ist oder die Eintrittskanten L2LE sich in dem Radialbereich der ersten Leitschaufeln L1 befinden.

[0028] Die Leitschaufeln L1, L2, ein Strömungskanal FC in Umfangsrichtung zwischen zwei ersten Leitschaufeln L1 ist jeweils durch eine druckseitig PSL1 einer ersten Leitschaufel L1 und eine Saugseite SSL1 einer anderen ersten Leitschaufel L1 definiert. In einer radial sich erstreckenden Ebene (Zeichnungsebene der Figur 3) im Bereich der Axialerstreckung des dritten Abschnitts S3 kann stets eine Verbindungslinie CLTE durch zwei Austrittskanten L1TE benachbarter erster Leitschaufeln L1 angegeben werden. Diese Verbindungslinie CLTE erstreckt sich mit einem Krümmungsradius, der dem Abstandsradius zu der Achse X entspricht. Eine Bogenlänge BLD dieser Verbindungslinie CLTE zwischen den zwei Austrittskanten L1TE der benachbarten ersten Leitschaufeln L1 wird von einem radialen Strahl RS durch die Eintrittskante L2LE der in Umfangsrichtung zwischen den beiden ersten Leitschaufeln L1 angeordneten zweiten Leitschaufel nicht mittig geteilt. Ein erster Teilabschnitt dieser Verbindungslinie CLTE befindet sich zwischen der Eintrittskante L2LE der zweiten Leitschaufel L2 und der Austrittskante L1TE der ersten Leitschaufel L1, die den betreffenden Strömungskanal FC mit ihrer Saugseite SSB1 begrenzt. Dieser saugseitige Abschnitt SSD ist kleiner als der entsprechende benachbarte druckseitige Abschnitt PSD. Das Verhältnis des saugseitigen Abschnitts SSD zu den gesamten Bogenlänge BLD der Verbindungslinie CLTE zwischen den beiden Austrittskanten L1TE der ersten Leitschaufeln L1 beträgt zwischen 0,4 - 0,6 ($0,4 < SSD/BLD < 0,6$). Diese Art der ungleichen Aufteilung des Strömungskanals FC zwischen den beiden ersten Leitschaufeln L1 mittels der nachfolgenden Leitschaufel L2 führt zu einer besonders vorteilhaften verlustarmen Durchströmung des dritten Abschnitts S3.

[0029] Die Figuren 2 und 3 weisen für verschiedene Positionen der Rückführstufe BFS unterschiedliche Durchmesser auf. Der erste Abschnitt S1 erstreckt sich bis zu einem Durchmesser D0. Der zweite Abschnitt S2 erstreckt sich in Strömungsrichtung bis zu einem Durchmesser D1. Diese beiden Durchmesser sind in dem Ausführungsbeispiel nahezu identisch. Die Eintrittskante L1LE der ersten Leitschaufeln L1 befindet sich auf einem Durchmesser D2. Die Austrittskante L1TE der ersten Leitschaufel L1 befindet sich auf einem Durchmesser D3. Der dritte Abschnitt S3 erstreckt sich von dem Durchmesser D1 bis zu dem Durchmesser D6. Die Eintrittskanten L2LE der zweiten Leitschaufeln L2 befinden sich jeweils auf einem Durchmesser D4. Die Austrittskanten L2TE der zweiten Leitschaufeln L2 befinden sich jeweils auf einem Durchmesser D5. Der nach dem dritten Abschnitt S3 sich anschließende vierte Abschnitt S4 beginnt an einem Durchmesser D6.

Patentansprüche

1. Rückführstufe (BFS) einer Radialturbofluidenergiemaschine (RTFEM), insbesondere eines Radialturboverdichters (RTC), zur Umlenkung einer Strömungsrichtung (FD) eines aus einem sich um eine Achse (X) rotierenden Laufrads (IMP) austretenden Prozessfluids (PF) von radial außen nach radial innen, umfassend einen sich ringförmig um die Achse (X) erstreckenden Rückführkanal (BFC), der vier in Strömungsrichtung von dem Prozessfluid (PF) durchströmbare benachbarte Abschnitte (S1, S2, S3, S4) aufweist,
 - wobei ein erster Abschnitt (S1) zur Leitung des Prozessfluids (PF) nach radial außen ausgebildet ist,
 - wobei ein zweiter Abschnitt (S2) zur Umlenkung des Prozessfluids (PF) von radial außen nach radial innen ausgebildet ist,
 - wobei ein dritter Abschnitt (S3) zur Leitung des Prozessfluids (PF) nach radial innen ausgebildet ist,
 - wobei ein vierter Abschnitt (S4) zur Umleitung des Prozessfluids (PF) in axiale Richtung ausgebildet ist,
 - wobei der dritte Abschnitt (S3) erste Leitschaufeln (L1) aufweist, die Strömungskanäle (FC) des Rückführkanals (BFC) in Umfangsrichtung zueinander definieren,
 - wobei die Rückführstufe (BFS) stromabwärts der ersten Leitschaufeln (L1) zweite Leitschaufeln (L2) aufweist, die

Strömungskanäle (FC) des Rückführkanals (BFC) in Umfangsrichtung zueinander definieren,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die ersten Leitschaufeln (L1) ausschließlich im dritten Abschnitt (S3) angeordnet sind,
 wobei die zweiten Leitschaufeln (L2) ausschließlich im dritten Abschnitt (S4) angeordnet sind.

2. Rückführstufe (BFS) nach Anspruch 1,
 wobei ein Austrittskantendurchmesser (D3) der ersten Leitschaufeln (L1) in einem Verhältnis zu einem Eintrittskan-
 tendurchmesser (D2) der ersten Leitschaufeln (L1) zwischen

$$0,5 \cdot D2 < D3 < 0,68 \cdot D2 \text{ liegt,}$$

mit:

D2: Eintrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln (L1)

D3: Austrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln (L1).

3. Rückführstufe (BFS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 oder 2,
 wobei die ersten Leitschaufeln (L1) einen Metallaustrittswinkel (L1EA) zur Radialrichtung (RAD) aufweisen mit:

$$-5^\circ < L1EA < 5^\circ,$$

mit

L1EA: Metallaustrittswinkel der ersten Leitschaufeln (L1) zur Radialrichtung (RAD).

4. Rückführstufe (BFS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3,
 wobei ein Eintrittskantendurchmesser (D4) der zweiten Leitschaufeln (L2) in einem Verhältnis zu einem Austritts-
 kantendurchmesser (D3) der ersten Leitschaufeln (L1) zwischen

$$0,9 \cdot D3 < D4 < D3,$$

mit:

D3: Austrittskantendurchmesser der ersten Leitschaufeln (L1)

D4: Eintrittskantendurchmesser der zweiten Leitschaufeln (L2).

5. Rückführstufe (BFS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4,
 wobei eine Schaufelüberdeckung (QST) von Leitschaufeln (L1, L2) jeweils definiert ist als ein Quotient aus einer
 mittleren Profilsehnenlänge (RAS) und einem mittleren Bogenlängenabstand (CDT) in Umfangsrichtung (CD) der
 zueinander benachbarten Schaufeln, wobei für die zweiten Leitschaufeln (L2) eine Überdeckung

$$0,8 < RAS/CDT < 1,2 \text{ gilt,}$$

mit

RAS: Profilsehnenlänge

CDT: Bogenlängenabstand.

6. Rückführstufe (BFS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5,
 wobei die zweiten Leitschaufeln (L2) eine Differenz (DL2A) zwischen einem mittleren Metalleintrittswinkel (L2IA)
 und mittleren Metallaustrittswinkel (L2EA) aufweisen, für die gilt:

$$-5^{\circ} < \text{DL2A} < 5^{\circ} \text{ mit:}$$

DL2A: Differenz zwischen mittleren Metalleintrittswinkel (L2IA) und mittleren Metallaustrittswinkel (L2EA).

7. Rückführstufe (BFS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6, wobei die Rückführstufe (BFS) gleich viele erste Leitschaufeln (L1) und zweite Leitschaufeln (L2) aufweist.
8. Rückführstufe (BFS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, wobei genau eine zweite Leitschaufel (L2) stromabwärts in Umfangsrichtung (CD) zwischen den beiden ersten Leitschaufeln (L1) angeordnet ist.
9. Rückführstufe (BFS) nach mindestens dem vorhergehenden Anspruch 8, wobei die ersten Leitschaufeln (L1) jeweils eine konkave Druckseite (PSL1) und eine konvexe Saugseite (SSL1) aufweisen und jeder Strömungskanal (FC) im Bereich der ersten Leitschaufeln (L1) von einer Druckseite (PSL1) einer ersten Leitschaufel (L1) und einer Saugseite (SSL1) einer anderen benachbarten ersten Leitschaufel (L1) definiert ist, wobei die stromabwärts zwischen den beiden ersten Leitschaufeln (L1) angeordnete zweite Leitschaufel (L2) in Umfangsrichtung (CD) näher an der Saugseite (SSL1) der anderen benachbarten ersten Leitschaufel (L1) angeordnet ist.
10. Rückführstufe (BFS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Bogenlänge in Umfangsrichtung des Abstandes (BLD) zwischen den zwei Austrittskanten (L1TE) benachbarter erster Leitschaufeln (L1) von dem radialen Strahl (RS) durch die Eintrittskante (L1LE) der in Umfangsrichtung zwischen den beiden ersten Leitschaufeln (L1) angeordneten zweiten Leitschaufel (L2) in einen druckseitigen Abschnitt (PSD) und einen saugseitigen Abschnitt (SSD) geteilt wird, wobei gilt:

$$0,4 < \text{SSD/BLD} < 0,6$$

mit

SSD: Abschnitt
BLD: Abstandes.

11. Rückführstufe (BFS) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, wobei die ersten Leitschaufeln (L1) und die zweiten Leitschaufeln (L2) fest und unbeweglich mit einem Stator (STAT) verbunden sind.
12. Radialturbofluidenergiemaschine (RTFEM) mit einer Rückführstufe (BFS) mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3.

FIG 1

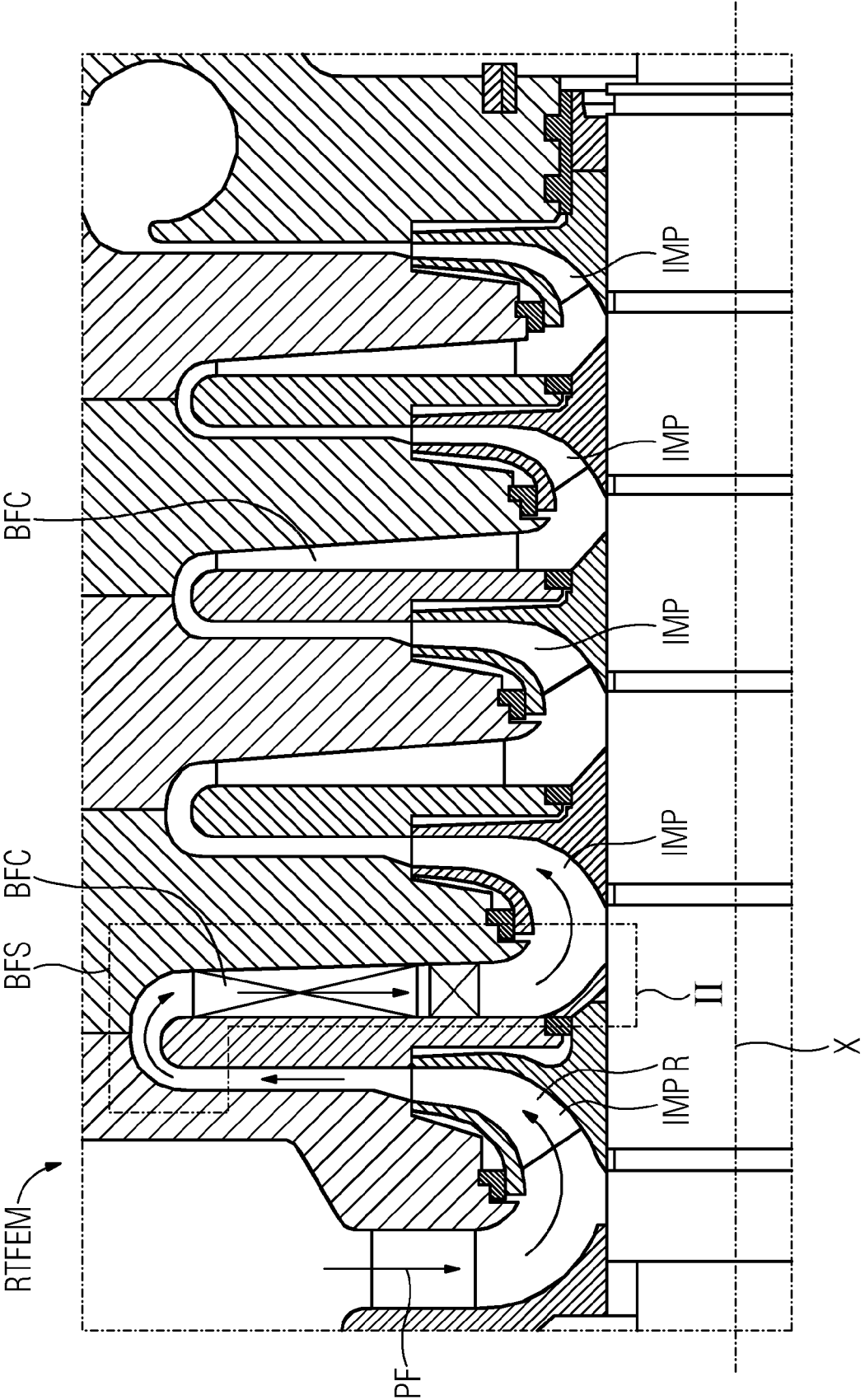


FIG 2

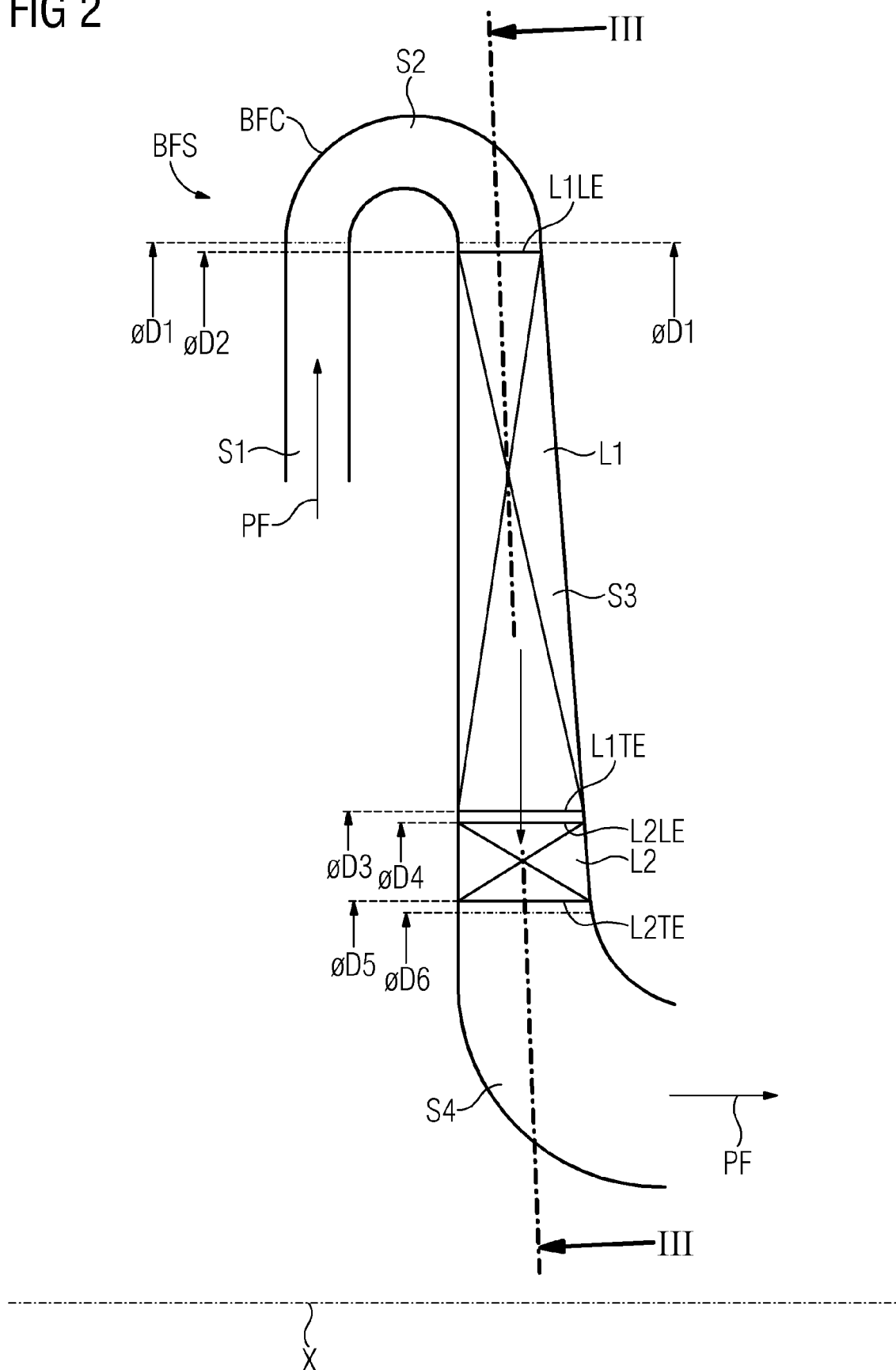
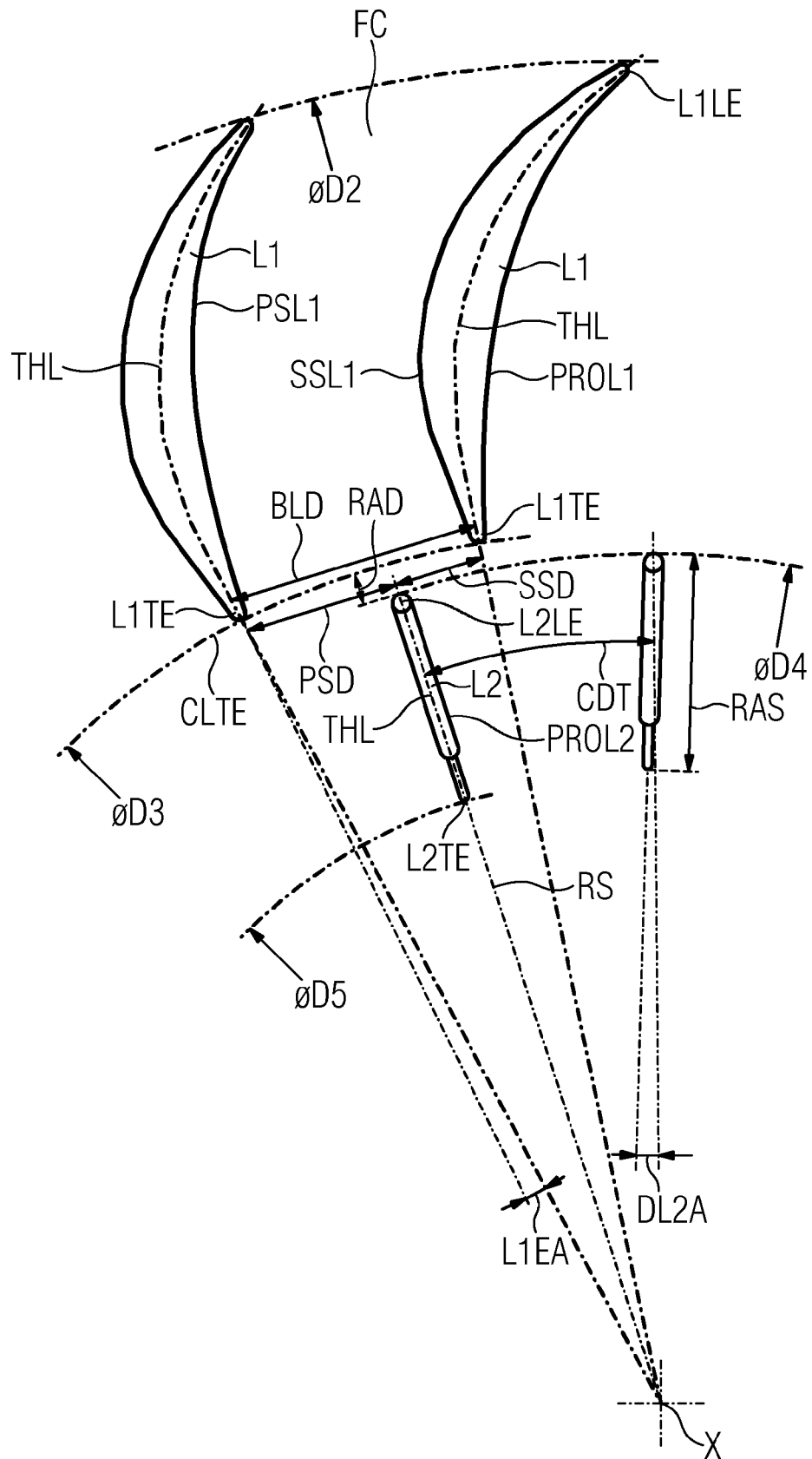


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 17 16 1002

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2009 264305 A (HITACHI APPLIANCES INC) 12. November 2009 (2009-11-12) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1,4 *	1-8,12	INV. F04D17/12 F04D29/44
X	US 2 300 766 A (ADOLF BAUMANN) 3. November 1942 (1942-11-03) * page 1, right column, line 24 - page 2, left column, line 46 * * Abbildungen 1,2 *	1,2,4,5, 7-9,12	
X	WO 2015/072231 A1 (HITACHI LTD [JP]) 21. Mai 2015 (2015-05-21) * Zusammenfassung * * Abbildungen 2,4,6,7 *	1,2,4,5, 7,8,11, 12	
X	JP 2001 200797 A (HITACHI LTD) 27. Juli 2001 (2001-07-27) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1,3,5-7 *	1,2, 5-10,12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 8. September 2017	Prüfer Gombert, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 17 16 1002

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-09-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2009264305 A	12-11-2009	CN 101571138 A	04-11-2009
		JP 4951583 B2	13-06-2012
		JP 2009264305 A	12-11-2009
US 2300766 A	03-11-1942	KEINE	
WO 2015072231 A1	21-05-2015	CN 105723097 A	29-06-2016
		JP 2015094293 A	18-05-2015
		WO 2015072231 A1	21-05-2015
JP 2001200797 A	27-07-2001	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 000244516 A [0002]
- JP 11173299 A [0003]
- DE 723824 [0003]