



(11)

EP 3 690 254 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.08.2020 Patentblatt 2020/32

(51) Int Cl.:
F04D 29/28 (2006.01) **F01D 5/04**

(21) Anmeldenummer: **19154646.4**

(22) Anmeldetag: 31.01.2019

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

Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

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

(72) Erfinder:

- Hartmann, Jörg Paul
40489 Düsseldorf (DE)
 - Hermes, Viktor
47051 Duisburg (DE)
 - Petry, Nico
46147 Oberhausen (DE)

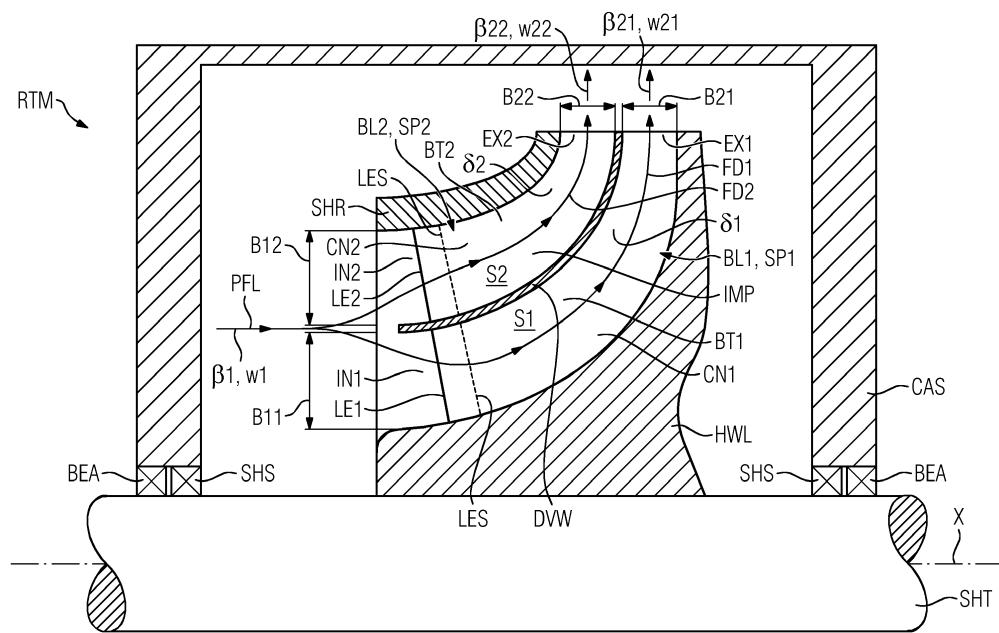
(54) LAUFRAD EINER RADIALTURBOMASCHINE, RADIALTURBOMASCHINE

(57) Die Erfindung betrifft ein Laufrad (IMP) einer Radialturbomaschine (RTM) dass sich entlang einer Umfangsrichtung (CDR) um eine Achse (X) erstreckt, umfassend

- eine Radscheibe (HWL),
- mehrere erste Schaufeln (BL1),
- mehrere zwischen den Schaufeln (BL1) angeordnete erste Schaufelkanäle (CN1),
- wiederum umfassend:
 - erste axiale Strömungsöffnung (IN1),
 - erste radiale Strömungsöffnungen (EX1).

Zur Verbesserung der Aerodynamik eines derartigen

Laufrads wird vorgeschlagen, dass die ersten Schaufelkanäle (CN1) sich entlang der Radscheibe (HWL) erstrecken und sich quer zu einer ersten Durchströmungsrichtung (FD1) bis zu einer Zwischenwand (DVW) erstrecken, wobei zweite Schaufelkanäle (CN2) des Laufrades (IMP) sich in Umfangsrichtung (CDR) voneinander mittels zweiter Schaufeln (BL2) getrennt sich entlang der Zwischenwand (DVW) erstrecken, wobei die zweiten Schaufelkanäle (CN2) zweite axiale Strömungsöffnungen (IN2) und zweite radiale Strömungsöffnungen (EX2) aufweisen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Laufrad einer Radialturbomaschine, das sich entlang einer Umfangsrichtung um eine Achse erstreckt, umfassend

- eine Radscheibe,
- mehrere erste Schaufeln,
- mehrere zwischen den Schaufeln angeordnete erste Schaufelkanäle, wiederum umfassend:
- erste axiale Strömungsöffnung,
- erste radiale Strömungsöffnungen. Daneben betrifft die Erfindung eine Radialturbomaschine mit einem derartigen Laufrad.

[0002] Aus der EP 3 364 039 A1 und der EP 3 361 101 A1 sind bereits Radialturbomaschinen mit Laufrädern eingangs definierter Art bekannt.

[0003] Laufräder der eingangs definierten Art von Radialturbomaschinen vollziehen grundsätzlich gleichzeitig zwei strömungsändernde Prozesse, nämlich eine Umlenkung aus einer axialen Strömungsrichtung in eine radiale Strömungsrichtung - oder umgekehrt - und eine Beschleunigung oder Verzögerung des Prozessfluids. Im Folgenden wird auf das Laufrad als Bestandteil eines Radialverdichters Bezug genommen, wobei die Ausführungen auch Gültigkeit haben für einen Radialexpander unter Umkehrung der auf die Strömung bezogenen Aussagen, so dass auch die Alternative zum Verdichter der Radialturbomaschine unter die Erfindung und die hier getätigten Ausführungen subsumierbar ist.

Ausdrücke, wie axial, radial, tangential oder Umfangsrichtung beziehen sich stets - wenn nicht anders angegeben - auf die in Bezug genommene zentrale Achse, um die sich das Laufrad entlang einer Umfangsrichtung erstreckt und um die das Laufrad in der Regel drehbar ausgebildet ist. Bei Bezugnahme auf eine Strömungsrichtung ist die über einen Querschnitt des jeweiligen Strömungskanals gemittelte Strömung eines Prozessfluids gemeint, das verschiedene Strömungskanäle des Laufrades durchströmt.

Als Prozessfluid ist grundsätzlich ein beliebiges Fluid denkbar, wobei insbesondere kompressible Fluide - bevorzugt Gase - gemeint sind.

[0004] Aufgrund der überlagerten Funktion des Umlenkens und des Beschleunigens des Prozessfluids mittels des Laufrades weisen nicht alle Strömungspfade durch das Laufrad die gleiche Länge, Geschwindigkeitsverteilung und Druckverteilung auf und es bildet sich eine sehr komplexe, häufig durch Turbulenzen und Ablösungen geprägte Strömung aus. Mit zunehmendem Schluckvermögen des Laufrades nehmen Differenzen zwischen den einzelnen Strömungspfaden zu und es kommt zunehmend zu unerwünschten Sekundärströmungseffekten, die eine Laminarität der Strömung stören bzw. verringern und zur Erhöhung der aerodynamischen Verluste führen.

[0005] Die Erfindung hat es sich zur Aufgabe gemacht, den aerodynamischen Verlust in dem Laufrad und hinter dem Laufrad stromabwärts zu verringern.

[0006] Zur Lösung der Aufgabe schlägt die Erfindung 5 ein Laufrad der eingangs definierten Art mit den zusätzlichen Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 vor und eine Radialturbomaschine mit einem derartigen Laufrad, wobei die abhängigen Unteransprüche jeweils vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung beinhalten.

[0007] Im Folgenden wird teilweise mit Deckscheibe der Außenschnitt (im Sinne von radial außen) der Laufradschaufel bezeichnet unabhängig davon, ob das Laufrad mit oder ohne Deckscheibe ausgeführt ist. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf offene und geschlossene Laufräder gleichermaßen.

[0008] Der Erfindung liegen unter anderem Folgende Überlegungen zugrunde. Bei einem Radialverdichter wird im Laufrad Arbeit am Fluid in Form von Druckänderungsarbeit und durch Zufuhr kinetischer Energie verrichtet. Für möglichst hohe Leistungsdichten werden Laufräder entwickelt, die zunehmend höhere spezifische Volumenströme realisieren. Hierzu müssen die Ein- und Austritts -höhen bzw. -breiten - also die Zu- und Abströmquerschnitte - vergrößert werden. Dabei wird die Schaufellänge in Strömungsrichtung an der Deckscheibe bei geschlossenen Laufrädern - bzw. an der Schaufel spitze bei offenen Laufrädern - zunehmend kürzer im Vergleich zur Schaufellänge an der Radscheibe.

30 Eine mögliche Gegenmaßnahme ist eine Änderung der Außenspur zur Innenspur derart, dass die Außenspur wieder annähernd gleich lang ist, wie die Innenspur. Diese Maßnahme führt infolge der geringeren radialen und axialen Erstreckung der Außenspur zwangsläufig zu einer längeren Erstreckung in Umfangsrichtung - also zu einem größeren Umschlingungswinkel der Außenspur. Da eine Schaufel, die in Umfangsrichtung einen größeren Umschlingungswinkel an der Deckscheibe im Vergleich zur Radscheibe hat, insbesondere aus mechanischen und fertigungstechnischen Gründen ungünstig ist, sind dieser Maßnahme enge Grenzen gesetzt.

Ein großer Unterschied in der Schaufellänge an der Deck- und Radscheibe führt gemeinsam mit der größeren Krümmung an der Deckscheibe in Meridionalschnitt

45 dazu, dass die Strömung an der Deckscheibe bzw. Schaufel spitze oft überlastet ist. Dies äußert sich in einer energetisch schwachen, deckscheibenseitigen Grenzschicht sowie in einem flachen Strömungswinkel am Austritt des Laufrades und die Ablösegefahr im in der Regel stromabwärts befindlichen Diffusor steigt. Konsequenterweise ist die Strömung im Diffusor stark 3-dimensio-50 nal. Strömungswinkelprofil, Totaldruckprofil, Totaltemperaturprofil weisen eine starke Abhängigkeit von der Position im Diffusor auf. Das wirkt sich negativ auf die Auslegung der stromabwärts liegenden Statorkomponenten der Radialturbomaschine aus.

[0009] Die Erfindung schafft Abhilfe durch eine sich in einer Umfangsrichtung erstreckenden Zwischenwand,

die Strömungskanäle - also erste Schaufelkanäle und zweite Schaufelkanäle voneinander trennt. Das Laufrad ist vergleichsweise als "Doppeldecker" oder sogar "Mehrfachdecker" bei mehreren Zwischendecken ausgebildet. Einerseits werden Querströmungen zur Hauptströmungsrichtung im Bereich der Zwischenwand unterbunden und andererseits ermöglicht die Konstruktion mit der Zwischenwand eine individuelle Schaufelgestaltung und eine individualisierte Schaufelanzahl in den beiden weitestgehend zueinander parallel ausgebildeten Ebenen des Laufrades. Im Grunde entstehen zwei Laufradströmungspassagen, die in ihrem Design voneinander abweichen können und damit einen weiteren Freiheitsgrad zur Optimierung der Laufradleistung darstellen. Insbesondere können die Zuströmquerschnitte und Abströmquerschnitte der einzelnen Schaufelkanäle auf ihre jeweilige aerodynamische Aufgabe hin optimiert werden. Mit einer Durchströmungsrichtung durch die jeweiligen Schaufelkanäle bezeichnet die Erfindung eine mittlere Hauptströmungsrichtung eines das Laufrad durchströmenden Prozessfluids.

[0010] Grundsätzlich ist es erfindungsgemäß auch denkbar, dass neben einer Zwischenwand auch mehrere Zwischenwände zur Abgrenzung von Schaufelkanälen zueinander vorgesehen sind. Auf diese Weise wäre vergleichbar nicht nur ein Doppeldecker von der Erfindung erfasst, sondern auch "Mehrfachdecker".

[0011] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Laufrad eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Deckscheibe aufweist und sich die zweiten Schaufelkanäle quer zu einer zweiten Durchströmungsrichtung bis zu der Deckscheibe erstrecken. Der Unterschied einer Deckscheibe zu einer Zwischenwand in der Terminologie der Erfindung liegt darin, dass sich an einer Zwischenwand radial außen Schaufeln befinden und an der Deckscheibe keine Schaufeln radial außen angebracht sind, die einzelne Schaufelkanäle für das Prozessfluid in Umfangsrichtung voneinander abgrenzen. In einer realen Radialturbomaschine können die zweiten Strömungskanäle bzw. zweiten Schaufelkanäle oder bei weiteren Schaufelkanalebenen des Laufrades die äußersten Schaufelkanäle entweder mit oder ohne Deckscheibe ausgebildet sein. Im Falle des Fehlens der Deckscheibe übernimmt eine Strömungskontur des Stators die Abgrenzung der zweiten Schaufelkanäle nach radial außen. In Folge der Haftbedingung der Strömung an der jeweiligen Begrenzungskontur stellt bei dieser Variante gegenüber dem geschlossenen Laufrad eine signifikant andere aerodynamische Situation dar.

[0012] Dieser anderen aerodynamischen Situation kann die Erfindung ohne weiteres mittels individuell darauf angepasster Schaufeln für die in Umfangsrichtung vorgesehene Abgrenzung der einzelnen Schaufelkanäle voneinander Rechnung tragen.

[0013] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die erste axiale Strömungsöffnung eine mittels der radialen Schaufelhöhe der ersten Schaufeln definierte erste radiale Höhe aufweist (bei ei-

nem Radialverdichter handelt es sich hierbei um die Zuströmung in das Laufrad), wobei die zweite axiale Strömungsöffnung eine mittels der radialen Schaufelhöhe der zweiten Schaufeln zweite radiale Höhe aufweist, wobei gilt:

5 $0,3 < B12/B11 < 0,7$ mit $B11$ als erste radiale Höhe und $B12$ als zweite radiale Höhe.

Als besonders vorteilhaft hat sich hierbei insbesondere der folgende Bereich für das Verhältnis herausgestellt:

10 $0,4 < B12/B11 < 0,55$, mit $B11$ als erste radiale Höhe und $B12$ als zweite radiale Höhe.

[0014] Weiterhin hat es sich als vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ergeben, dass die erste radiale Strömungsöffnung eine mittels der axialen Schaufelhöhe der ersten Schaufeln definierte erste axiale Austrittsweite aufweist (bei einem Radialverdichter handelt es sich hierbei um den Austritt aus dem Laufrad in radialer Strömungsrichtung), wobei die zweite radiale Strömungsöffnung eine mittels der axialen Schaufelhöhe der zweiten

15 Schaufeln definierte zweite axiale Austrittsweite aufweist, wobei gilt: $0,3 < B22/B21 < 0,55$, mit $B22$ = zweite axiale Austrittsweite und $B21$ = erste axiale Austrittsweite.

[0015] Besonders zweckmäßig ist eine Anpassung der 25 Schaufelanzahl für die mittels der Zwischenwand getrennten Schaufelkanäle derart, dass das Laufrad eine erste Anzahl an ersten Schaufeln aufweist und eine zweite Anzahl an zweiten Schaufeln, wobei gilt, dass $0,5 > S2/S1 < 2,0$ mit $S2$ = zweite Anzahl an zweiten Schaufeln und $S1$ = erste Anzahl an ersten Schaufeln.

[0016] Hierbei ist es zweckmäßig, wenn von den ersten Schaufeln oder von den zweiten Schaufeln zumindest einige oder alle als Splitterblades ausgebildet sind. Splitterblades sind Schaufeln mit axial oder radial zurückversetzter Eintrittskante (axialer Rückversatz bei Verdichter, radialer Rückversatz bei Expander). Die bevorzugte Variante des Einsatzes von Splitterblades ist eine abwechselnde Anordnung von Splitterblades und normal ausgebildeten Schaufeln, die über den Splitterblades eine stromaufwärts positionierte Eintrittskante aufweisen.

[0017] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass eine über die Schaufelhöhe und Profilerstreckung gemittelte erste Schaufeldicke der ersten Schaufeln anders ausgebildet ist als eine über die Schaufelhöhe und Profilerstreckung gemittelte zweite Schaufeldicke der zweiten Schaufeln.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Optimierung der Erfindung sieht vor, dass die ersten Schaufeln zumindest zum 35 Teil einen über die Schaufelhöhe gemittelten ersten Umlenkmittelwinkel aufweisen, wobei die zweiten Schaufeln zumindest zum Teil einen über die Schaufelhöhe gemittelten zweiten Umlenkmittelwinkel aufweisen, wobei der erste Umlenkmittelwinkel anders ausgeführt ist

40 als der zweite Umlenkmittelwinkel. Besonders bevorzugt sind die Umlenkmittelwinkel aller ersten Schaufeln identisch ausgebildet. Ebenso sind besonders bevorzugt die Umlenkmittelwinkel aller zweiten Schaufeln iden-

tisch ausgebildet. Unter dem jeweiligen Metallwinkel versteht die Erfindung die auf die tatsächlichen geometrischen Gegebenheiten der gegenständlichen Schaufeln Bezug nehmenden Winkel. Die tatsächliche Strömungslenkung in eine Umfangsrichtung kann von dem Umlenkmittelwinkel signifikant aufweichen. Grundsätzlich ist aber bei einem größeren Umlenkmittelwinkel auch bei ansonsten gleichen Bedingungen eine stärkere Strömungslenkung zu erwarten. Es handelt sich bei dem Umlenkmittelwinkel - wenn nicht anders angegeben - um eine über die Schaufelhöhe gemittelte Größe. Wird die Umlenkung von axial nach radial oder umgekehrt außer Acht gelassen, so handelt es sich für ein mittleres bzw. über die Höhe gemitteltes Schaufelprofil um einen Winkel zwischen der Tangente an der Profilsehne an der Eintrittskante zu einer Tangente an der Profilsehne an der Austrittskante.

[0019] Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher beschrieben. Es zeigt:

Figur 1: einen Längsschnitt durch eine schematisch dargestellte erfindungsgemäße Radialturbomaschine mit einem erfindungsgemäßen Laufrad.

[0020] Figur 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Radialturbomaschine RTM mit einem Gehäuse CAS und einem Rotor, der eine Welle SHT und ein Laufrad IMP nach der Erfindung umfasst. Unterstützung der sich entlang einer Achse X erstreckenden Welle SHT ist durch zwei Lager BEA vorgesehen. Das Gehäuse CAS ist mittels einer im Bereich der beiden Lager jeweils vorgesehenen Wellendichtung SHS zwischen dem Gehäuse CAS und der Welle SHT zur Umgebung hin abgedichtet.

[0021] Das Laufrad IMP erstreckt sich entlang einer Umfangsrichtung CDR um die Achse X. Es umfasst eine Radscheibe HWL, mehrere erste Schaufeln BL1, mehrere zweite Schaufeln BL2, mehrere zwischen den ersten Schaufeln BL1 angeordnete erste Schaufelkanäle CN1 und mehrere zwischen den zweiten Schaufeln BL2 angeordnete zweite Schaufelkanäle CN2. Die ersten Schaufelkanäle CN1 weisen erste axiale Strömungsöffnungen IN1 für eine Durchströmung in axialer Richtung und erste radiale Strömungsöffnungen EX1 für eine Durchströmung in radialer Richtung auf. Die zweiten Schaufelkanäle CN1 umfassen wiederum zweite axiale Strömungsöffnungen IN2 für eine Durchströmung in axialer Richtung und zweite radiale Strömungsöffnungen EX2 für eine Durchströmung in radialer Richtung. Die ersten Schaufelkanäle CN1 erstrecken sich entlang der Radscheibe HWL quer zu einer ersten Strömungsrichtung FD1 entlang eines gebogenen Strömungspfades durch das Laufrad IMP bis zu einer sich in Umfangsrichtung CDR sich erstreckenden Zwischenwand CVW. Die zweiten Schaufelkanäle CN2 des Laufrades IMP erstrecken sich in Umfangsrichtung CDR voneinander getrennt

mittels zweiter Schaufeln BL2 entlang der Zwischenwand DVW. Die zweiten Schaufelkanäle CN2 weisen zweite axiale Strömungsöffnungen IN2 für eine Durchströmung in axialer Richtung und zweite radiale Strömungsöffnungen EX2 für eine Durchströmung in radialer Richtung auf.

[0022] Die Figur 1 zeigt ein Laufrad IMP mit einer Deckscheibe SHR, die die zweiten Strömungskanäle nach radial außen hin abgrenzt. Grundsätzlich ist das Fortlassen der Deckscheibe SHR im Sinne der Erfindung denkbar, so dass es sich bei den ersten Schaufelkanälen CN1 um geschlossene Schaufelkanäle und bei den zweiten Schaufelkanälen CN2 um offene Schaufelkanäle handelt. Die zweite Variante ist nicht extra dargestellt, sondern mittels der Figur 1 hier ebenfalls offenbart, wobei das Bauteil mit dem Bezugszeichen SHR (Deckscheibe SHR) bei dieser Sichtweise gedanklich fortgelassen wird. Bei der Deckscheibe SHR handelt es sich also im Sinne der Erfindung um ein optionales Bauteil. Die ersten Schaufeln BL1 erstrecken sich mit einem Schaufelprofil der Stärke BT1 von einer ersten Eintrittskante LE1 im Bereich einer ersten Strömungsöffnung IN1 bis hin zu einer radialen Strömungsöffnung EX1. Die Möglichkeit der Ausführung der ersten Eintrittskante LE1 in der Art einer Ausführung der ersten Schaufeln BL1 als Splitterblade SP1 ist angedeutet mittels einer gestrichelt dargestellten Splitterblade-Eintrittskante LES. Bevorzugt wäre im Falle einer optionalen Splitterbladeausführung, dass jede zweite Eintrittskante LE1 für die ersten Schaufeln BL1 und/oder für die zweiten Schaufeln BL2 (Bezugszeichen: zweite Eintrittskante LE2) als Splitterbladeeintrittskante LES ausgebildet ist, also erste Splitterblades SP1 und/oder zweite Splitterblades SP2 ausgebildet sind. Das Laufrad IMP wird von einem Prozessfluid PFL angesaugt in einem Anströmwinkel β_1 und in einer Geschwindigkeit w_1 . In Folge der Anordnung der Zwischenwand DVW zwischen den ersten Schaufelkanälen CN1 und den zweiten Schaufelkanälen CN2 teilt sich das Prozessfluid PFL in zwei Strömungsrichtungen FD1, FD2 auf, eine erste Strömungsrichtung FD1 in dem ersten Schaufelkanal CN1 und eine zweite Strömungsrichtung FD2 in dem zweiten Schaufelkanal CN2. Die Anteiligkeit dieser Aufteilung ist auch abhängig von dem Verhältnis zwischen einer ersten radialen Höhe B11 definiert durch die radiale Schaufelhöhe der ersten Schaufeln BL1 im Bereich der ersten radialen Strömungsöffnung IN1 zu der zweiten radialen Höhe B12 definiert durch die radiale Schaufelhöhe der zweiten Schaufeln BL2 im Bereich der zweiten axialen Strömungsöffnung IN2. Es gilt für diese radialen Höhen B11, B12: $0,3 < B12/B11 < 0,7$. Besonders bevorzugt gilt für die radialen Höhen B11, B12: $0,4 < B12/B11 < 0,55$.

[0023] Insbesondere die Beschleunigung des Prozessfluids PFL in den beiden voneinander getrennten Schaufelkanälen CN1, CN2 ist von dem Verhältnis der axialen Schaufelhöhen im Bereich der zweiten radialen Strömungsöffnungen EX1, EX2 abhängig. Hierbei ist die erste radiale Strömungsöffnung EX1 eine mittels der axi-

alen Schaufelhöhe der ersten Schaufeln BL1 definierte Austrittsweite B21 und die zweite radiale Strömungsöffnung EX2 eine mittels der axialen Schaufeln BL2 definierte zweite axiale Austrittsweite, wobei gilt: $0,3 < B22/B21 < 0,55$.

[0024] Besonders zweckmäßig sieht die Erfindung vor, dass eine erste Anzahl S1 an ersten Schaufeln BL1 sich unterscheidet von einer zweiten Anzahl S2 an zweiten Schaufeln BL2, wobei gilt: $0,5 < S2/S1 < 2,0$. Die über die Schaufelhöhe und Profilerstreckung gemittelte erste Schaufeldicke BT1 der ersten Schaufeln BL1 ist anders ausgebildet als eine über die Schaufelhöhe und Profilerstreckung gemittelte zweite Schaufeldicke BT2 der zweiten Schaufeln. Das Prozessfluid PFL verlässt den Bereich der radialen Austrittsöffnungen EX1, EX2 der beiden Schaufelkanäle CN1, CN2 mit unterschiedlicher Umlenkung bzw. mit unterschiedlichem Abströmwinkel β_{21} , β_{22} und unterschiedlichen Geschwindigkeiten w_{21}, w_{22} . Dieser Umstand liegt an verschiedenen gestalteten Umlenkmittelwinkeln, nämlich einem ersten Ulenkmittelwinkel δ_1 der ersten Schaufeln BL1 und einem zweiten Ulenkmittelwinkel δ_2 der zweiten Schaufeln BL2.

Patentansprüche

1. Laufrad (IMP) einer Radialturbomaschine (RTM), das sich entlang einer Umfangsrichtung (CDR) um eine Achse (X) erstreckt, umfassend
 - eine Radscheibe (H WL),
 - mehrere erste Schaufeln (BL1),
 - mehrere zwischen den ersten Schaufeln (BL1) angeordnete erste Schaufelkanäle (CN1),
 - wiederum umfassend:
 - erste axiale Strömungsöffnung (IN1) für eine Durchströmung in axialer Richtung,
 - erste radiale Strömungsöffnungen (EX1) für eine Durchströmung in radialer Richtung,

dadurch gekennzeichnet, dass

die ersten Schaufelkanäle (CN1) sich entlang der Radscheibe (H WL) erstrecken und sich quer zu einer ersten Durchströmungsrichtung (FD1) entlang eines gebogenen Strömungspfades durch das Laufrad (IMP) bis zu einer sich in der Umfangsrichtung (CDR) erstreckenden Zwischenwand (DVW) erstrecken, wobei zweite Schaufelkanäle (CN2) des Laufrades (IMP) sich in Umfangsrichtung (CDR) voneinander mittels zweiter Schaufeln (BL2) getrennt entlang der Zwischenwand (DVW) erstrecken, wobei die zweiten Schaufelkanäle (CN2) zweite axiale Strömungsöffnungen (IN2), für eine Durchströmung in axialer Richtung, und zweite radiale Strömungsöffnungen (EX2), für eine Durchströmung in radialer Richtung, aufweisen.

2. Laufrad (IMP) nach Anspruch 1, wobei das Laufrad (IMP) eine sich in der Umfangsrichtung (CDR) erstreckende Deckscheibe (SHR) aufweist und sich die zweiten Schaufelkanäle (CN2) quer zu einer zweiten Durchströmungsrichtung (FD2) bis zu der Deckscheibe (SHR) erstrecken.
3. Laufrad (IMP) nach mindestens einem der Ansprüche 1, 2, wobei die erste axiale Strömungsöffnung (IN1) eine mittels der radialen Schaufelhöhe der ersten Schaufeln (BL1) definierte erste radiale Höhe (B11) aufweist, wobei die zweite axiale Strömungsöffnung (IN2) eine mittels der radialen Schaufelhöhe der zweiten Schaufeln (BL2) zweite radiale Höhe (B12) aufweist, wobei gilt: $0,3 < B12/B11 < 0,7$.
4. Laufrad (IMP) nach Anspruch 3, wobei gilt: $0,4 < B12/B11 < 0,55$.
5. Laufrad (IMP) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste radiale Strömungsöffnung (EX1) eine mittels der axialen Schaufelhöhe der ersten Schaufeln (BL1) definierte erste axiale Austrittsweite (B21) aufweist, wobei die zweite radiale Strömungsöffnung (EX2) eine mittels der axialen Schaufelhöhe der zweiten Schaufeln (BL2) definierte zweite axiale Austrittsweite (B22) aufweist, wobei gilt: $0,3 < B22/B21 < 0,55$.
6. Laufrad (IMP) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Laufrad (IMP) eine erste Anzahl (S1) an ersten Schaufeln (BL1) aufweist, wobei das Laufrad (IMP) eine zweite Anzahl (S2) an zweiten Schaufeln (BL2) aufweist, wobei gilt: $0,5 < S2/S1 < 2,0$.
7. Laufrad (IMP) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei mindestens einige der ersten Schaufeln (BL1) oder der zweiten Schaufeln (BL2) als Splitterblades (SP1, SP2) ausgeführt sind.
8. Laufrad (IMP) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, wobei eine über die Schaufelhöhe und Profilerstreckung gemittelte erste Schaufeldicke (BT1) der ersten Schaufeln (BL1) anders ausgebildet ist als eine über die Schaufelhöhe und Profilerstreckung gemittelten zweite Schaufeldicke (BT2) der zweiten Schaufeln (BL2).
9. Laufrad (IMP) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, wobei die ersten Schaufeln (BL1) zumindest zum

Teil einen über die Schaufelhöhe gemittelten ersten Umlenkmittelwinkel (δ_1) aufweisen, wobei die zweiten Schaufeln (BL2) zum mindesten zum Teil einen über die Schaufelhöhe gemittelten zweiten Umlenkmittelwinkel (δ_2) aufweisen, 5 wobei der erste Umlenkmittelwinkel (δ_1) anders ausgeführt ist als der zweite Umlenkmittelwinkel (δ_2).

10. Radialturbomaschine (RTM) mit einem Laufrad 10 (IMP) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9.

15

20

25

30

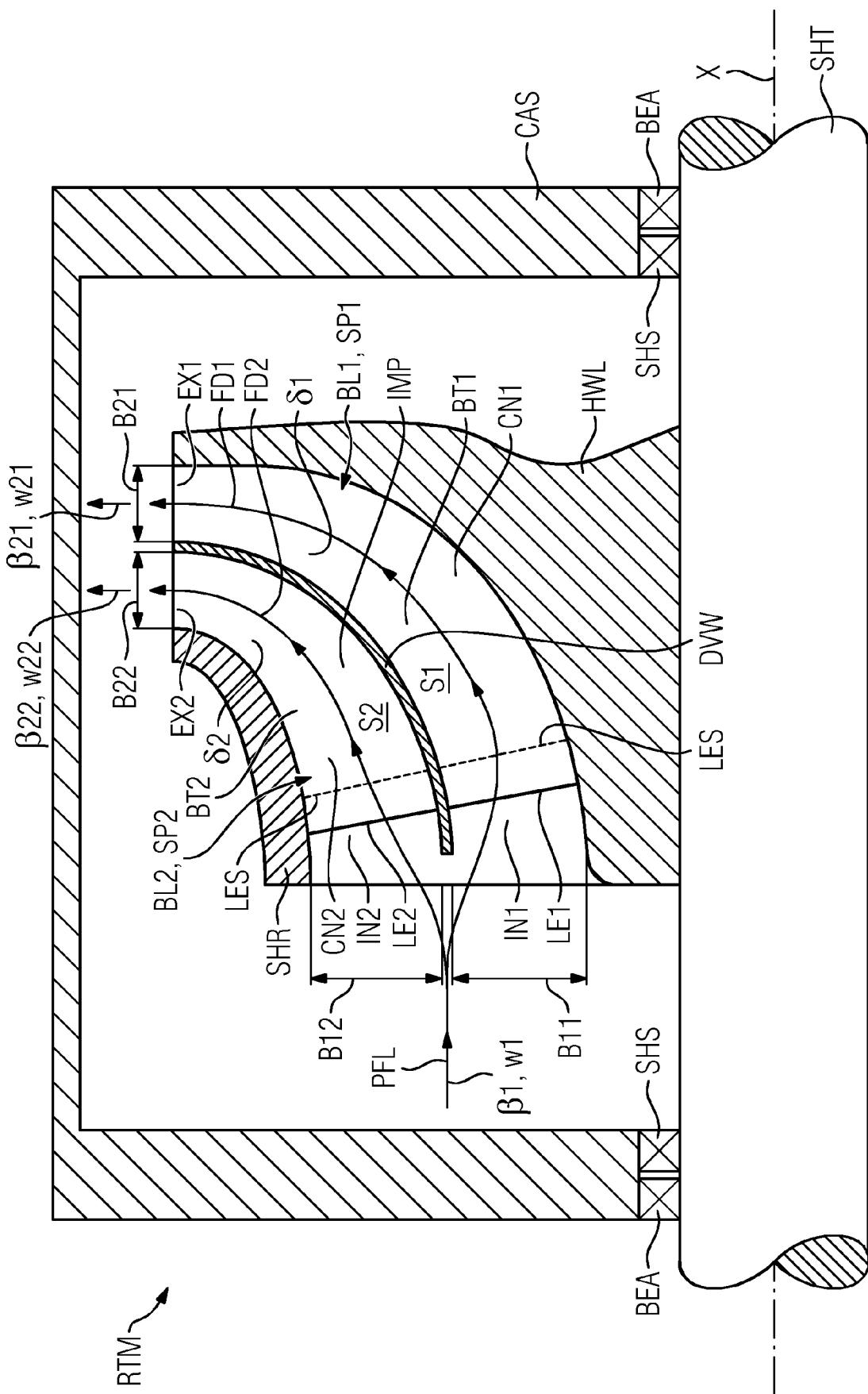
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 15 4646

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	US 5 105 616 A (BORNEMISZA TIBOR G [US]) 21. April 1992 (1992-04-21) * Spalte 2, Zeilen 20-40 * * Abbildung 1 *	1-6,8-10 7	INV. F04D29/28 F01D5/04
15 X	JP 2014 118925 A (IHI CORP) 30. Juni 2014 (2014-06-30) * Abbildungen 1-4 *	1-10	
20 X	EP 2 025 880 A2 (JEGEL FRANZ PETER ING [AT]) 18. Februar 2009 (2009-02-18) * Absätze [0016], [0017] * * Abbildung 3 *	1-6,8-10 7	
25 X	GB 2 485 835 A (CORAC GROUP PLC [GB]) 30. Mai 2012 (2012-05-30) * Seite 5, Zeile 31 - Seite 7, Zeile 19 * * Abbildungen 1-4 *	1-10	
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
			F04D F01D
35			
40			
45			
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
	Den Haag	1. Juli 2019	Gombert, Ralf
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
	A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
	O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
	P : Zwischenliteratur	
		8 : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 19 15 4646

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.

01-07-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 5105616 A	21-04-1992	KEINE	
15	JP 2014118925 A	30-06-2014	KEINE	
	EP 2025880 A2	18-02-2009	AT 505407 A4 EP 2025880 A2	15-01-2009 18-02-2009
20	GB 2485835 A	30-05-2012	KEINE	
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3364039 A1 **[0002]**
- EP 3361101 A1 **[0002]**