



(11)

EP 3 460 255 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.03.2019 Patentblatt 2019/13

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

(21) Anmeldenummer: **17192108.3**

(22) Anmeldetag: **20.09.2017**

(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

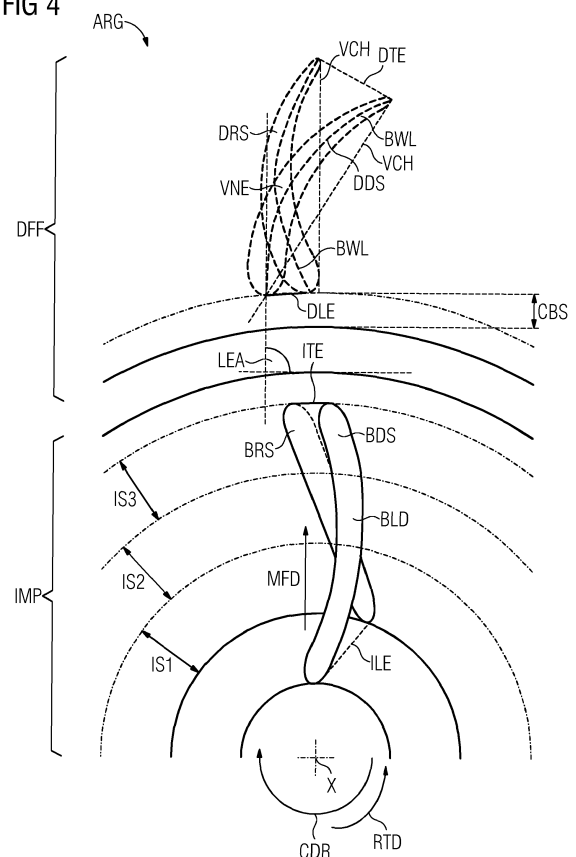
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Martens, Uwe**
47058 Duisburg (DE)
• **Petry, Nico**
46147 Oberhausen (DE)

(54) DURCHSTRÖMBARE ANORDNUNG

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung (ARG), die von einem Prozessfluid (PFF) entlang einer Hauptströmungsrichtung (MFD) durchströmbar ist, umfassend ein um eine Achse (X) in einer Rotationsrichtung (RTD) rotierbares Laufrad (IMP) und einen stromabwärts des Laufrades (IMP) befindlichen, mit Leitschaufeln (VNE) beschaufelten stehenden Diffusor (DFF), wobei das Laufrad (IMP) einen Eintritt (ILI) für eine im Wesentlichen axiale Zuströmung und einen Austritt (EXI) für eine im Wesentlichen radiale Abströmung aufweist, wobei zwischen einer Radscheibe (HWI) und einer Deckscheibe (SWI) des Laufrades (IMP) sich radial und axial erstreckende Laufschaufeln (BLD) angeordnet sind, die Laufradkanäle (ICH) in einer Umfangsrichtung (CDR) voneinander abgrenzen, wobei der Diffusor (DFF) sich entlang einer Hauptströmungsrichtung (MFD) im Wesentlichen radial erstreckt, wobei der Diffusor (DFF) eine axiale Deckscheibenseite (SWI) und eine axiale Radscheibenseite (HWI) aufweist, die zwischen sich eine axiale Kanalbreite (SAC) des Diffusors (DFF) begrenzen, wobei der Diffusor (DFF) einen Diffusoreintritt (ILD) für eine im Wesentlichen radiale Zuströmung und einen Diffusoraustritt (EXD) aufweist, wobei zwischen der Radscheibenseite (HWI) und der Deckscheibenseite (SWI) des Diffusors (DFF) sich entlang einer Schaufelhöhenrichtung axial und entlang einer Durchströmungsrichtung radial erstreckende Leitschaufeln (VNE) angeordnet sind, die Leitschaufelkanäle (DCH) in einer Umfangsrichtung (CDR) voneinander abgrenzen. Es wird vorgeschlagen, dass ein Eintrittskantenwinkel (LEA) für jede axiale Schaufelhöhe definiert ist als Winkel zwischen einer Eintrittskantentangente (TLV) an einer Skelettlinie (BWL) an einer Eintrittskante (DLE) der jeweiligen Leitschaufel (VNE) und einer Umfangstangente (CTG) durch die Eintrittskante, wobei der Eintrittskantenwinkel (LEA) deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig.

FIG 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung, die von einem Prozessfluid entlang einer Hauptströmungsrichtung durchströmbar ist, umfassend ein um eine Achse in einer Rotationsrichtung rotierbares Laufrad und einen stromabwärts des Laufrades befindlichen, mit Leitschaufeln beschaufelten stehenden Diffusor, wobei das Laufrad einen Eintritt für eine im Wesentlichen axiale Zuströmung und einen Austritt für eine im Wesentlichen radiale Abströmung aufweist, wobei zwischen einer Radscheibe und einer Deckscheibe des Laufrades sich radial und axial erstreckende Laufschaufeln angeordnet sind, die Laufradkanäle in einer Umfangsrichtung voneinander abgrenzen, wobei der Diffusor sich entlang einer Hauptströmungsrichtung im Wesentlichen radial erstreckt, wobei der Diffusor eine axiale Deckscheibenseite und eine axiale Radscheibenseite aufweist, die zwischen sich eine axiale Kanalbreite des Diffusors begrenzen, wobei der Diffusor einen Diffusoreintritt für eine im Wesentlichen radiale Zuströmung und einen Diffusoraustritt aufweist, wobei zwischen der Radscheibenseite und der Deckscheibenseite des Diffusors sich entlang einer Schaufelhöhenrichtung axial und entlang einer Durchströmungsrichtung radial erstreckende Leitschaufeln angeordnet sind, die Leitschaufelkanäle in einer Umfangsrichtung voneinander abgrenzen.

[0002] Eine entsprechende Anordnung ist bereits aus der EP 2 650 546 A1 bekannt. Dort wird vorgeschlagen, die Leitschaufeln in geneigter Form in einem hinter dem Laufrad angeordneten stehenden Diffusor anzuordnen (dihedral vanes). Insbesondere beim sogenannten "low solidity diffuser" (mit Leitschaufeln, die einen verhältnismäßig großen Abstand zueinander in Umfangsrichtung im Verhältnis zu deren Radialerstreckung aufweisen) soll mittels dieser aerodynamischen Maßnahme ein verringerter Druckverlust erzielt werden. Da das Strömungsbild in dem Diffusor jedoch maßgeblich von den Strömungsverhältnissen in und nach dem Laufrad abhängt, können die vorgeschlagenen Maßnahmen je nach Konstellation des Laufrades positive oder negative Effekte haben, so dass der gewünschte Effekt dieser Maßnahme nur unter ganz bestimmten sonstigen aerodynamischen Randbedingungen oder gar nicht eintritt.

[0003] Aus der DE 10 2010 020 379 A1 ist bereits ein einstellbarer Radialverdichterdiffusor bekannt, bei dem die axiale Kanalbreite des im Wesentlichen sich radial erstreckenden Diffusors veränderlich ausgebildet ist.

[0004] Aus der DE 10 2014 219 107 A1 ist bereits ein Radialverdichterlaufrad bekannt, dessen Deckscheibe und Radscheibe an dem Außenumfang als Kegelflächen ausgebildet sind.

[0005] Aus der DE 10 2016 201 256 A1 ist bereits eine Anordnung aus einem Laufrad und einem Diffusor bekannt, bei der die einzelnen Diffusorleitschaufeln unterschiedliche Abstände zu der Rotationsachse aufweisen.

[0006] Aus der EP 2 650 546 A1 ist bereits die in Umfangsrichtung geneigte Anordnung von Leitschaufeln in

einem Diffusor einer Radialturbomaschine bekannt.

[0007] Bisher folgt eine dreidimensionale Gestaltung von Laufradschaufeln und Diffusorschaufeln kaum einer nachvollziehbaren technischen Lehre, die die Aerodynamik der Anordnung zuverlässig gegenüber herkömmlichen Ausführungen verbessert. Die Erfindung hat es sich daher zu Aufgabe gemacht, die Aerodynamik, insbesondere der Leitschaufeln des Diffusors einer derartigen Anordnung mittels der erfindungsgemäßen Lehre zu verbessern.

[0008] Zur Lösung der gestellten Aufgabe schlägt die Erfindung eine Anordnung der eingangs definierten Art vor, die mittels des kennzeichnenden Teils des Hauptanspruchs weiter gebildet ist. Die einzelnen Leitschaufeln lassen sich als ein Stapel von Schaufelprofilen entlang einer Schaufelhöhe definieren. Die Schaufelprofile sind hierbei zweidimensionale Geometrien, die die Schaufelaußenkontur in einer bestimmten Schaufelhöhenposition definieren.

Hierbei versteht die Erfindung unter einer Profilsehne eines Schaufelprofils eine ("gedachte") gerade Verbindungslinie zwischen der Profilvorderkante (Profilnase) und einer Profilhinterkante.

[0009] Der Anstellwinkel eines Schaufelprofils entspricht dem Winkel zwischen Tangente an der Profilsehne und der Tangente an der Kreisbewegung des Rotors. Dementsprechend ist der Anstellwinkel entlang der Erstreckung der Schaufel senkrecht zur Schaufelhöhe, also im Wesentlichen parallel zur Hauptströmungsrichtung konstant und kann entlang der Schaufelhöhe variieren.

[0010] Eine Skelettlinie (Krümmungslinie) beschreibt einen Profilschnitt bzw. ein Profil einer Schaufel in einer bestimmten Höhenposition dadurch, dass die Skelettlinie (Krümmungslinie) eine von den Mittelpunkten eingeschriebener bzw. die Saugseite und Druckseite des Profils tangierender Kreise definierte Linie ist.

[0011] Ausdrücke, wie axial, radial, tangential oder Umfangsrichtung beziehen sich - wenn dies nicht anders angegeben ist - auf eine Rotationsachse des Laufrades der Anordnung. Insbesondere die Begriffe "tangential", "Tangente" und damit in Verbindung stehende Ausdrücke sind in der Beschreibung dieser Erfindung häufig auch mit Bezug auf eine andere Kurve benutzt.

[0012] Ein Prozessfluid kann vorliegend ein beliebiges gasförmiges, flüssiges oder mischphasiges Fluid sein. Das Prozessfluid bewegt sich entlang einer Hauptströmungsrichtung durch die Anordnung, die in der Regel Bestandteil einer Turbomaschine ist. Unter der Ausströmungsrichtung wird die mittlere Fortbewegungsrichtung des Prozessfluids in dem Bereich verstanden, der in dem jeweiligen Zusammenhang von gegenständlichen Begrenzungswänden definiert wird. Beispielsweise in dem Diffusor bewegt sich das Prozessfluid durch einzelne von Leitschaufeln axial begrenzte und in Umfangsrichtung begrenzte Strömungskanäle von einem Bereich der Eintrittskanten der Leitschaufeln nach radial außen in einem Bereich von Austrittskanten der Leitschaufeln hinein. Da die Leitschaufeln jeweils eine Krümmung des Profils auf-

weisen, kann nur von einer im Wesentlichen radialen Hauptströmungsrichtung gesprochen werden. Jedenfalls lässt der Begriff "Hauptströmungsrichtung" lokale Wirbel und Turbulenzen unberücksichtigt.

[0013] Das Laufrad der Anordnung weist in der Regel eine Radscheibe und eine Deckscheibe auf. Die Radscheibe begrenzt hierbei Strömungskanäle des Laufrades einerseits nach radial (vorwiegend im Bereich der Einströmung) innen und andererseits zu der axialen Seite (zunehmend mit Nähe zum Laufradaustritt hin) hin, die axial der Einströmseite gegenüberliegt und durch die ein Prozessfluid nicht in das Laufrad einströmt. Die Deckscheibe stellt die der Radscheibe gegenüberliegende Begrenzung von Strömungskanälen des Laufrades dar. Auf der der Radscheibenseite gegenüberliegenden axialen Deckscheibenseite strömt das Prozessfluid axial in das Laufrad ein und wird für die Strömungskanäle des Laufrades nach radial außen hin umgelenkt. Die Deckscheibenseite könnte deswegen auch Zuströmungsseite genannt werden. In Umfangsrichtung werden Strömungskanäle des Laufrades mittels Laufschaufeln voneinander abgegrenzt, wobei die Laufschaufeln die Radscheibe und die Deckscheibe miteinander verbinden.

[0014] Im Kontext der gesamten Anordnung definieren die Radscheibe und die Deckscheibe jeweils auch die Radscheibenseite und die Deckscheibenseite, auf die bei der Beschreibung des Diffusors ebenfalls Bezug genommen wird. Die Zuströmung des Diffusors in der erfindungsgemäßen Anordnung erfolgt stets radial von innen nach außen. Bevorzugt ist der Diffusor hierbei auch mit einer im Wesentlichen radial nach außen gerichteten Abströmung in Form eines Diffusoraustritts versehen. Grundsätzlich ist es denkbar, dass der Diffusor auch gekrümmt ausgebildet ist und gegebenenfalls radial-axial, axial oder nach radial-innen abströmt. Grundsätzlich erstreckt sich nach der Erfindung stets ein Abschnitt des Diffusors im Wesentlichen radial. Dieser Abschnitt kann sich vor einer Umlenkung der Strömung in eine axiale oder in eine nach radial innen gerichtete Strömungsrichtung befinden.

[0015] Es wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass ein Eintrittskantenwinkel für jede axiale Schaufelhöhe definiert ist als Winkel zwischen einer Eintrittskantentangente an einer Skelettlinie an einer Eintrittskante der jeweiligen Leitschaufel und einer Umfangstangente durch die Eintrittskante, wobei der Eintrittskantenwinkel deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig.

[0016] Hierbei bedeutet eine Umfangstangente, die durch die Eintrittskante verläuft, dass diese Umfangstangente senkrecht zu einem Radialstrahl durch den Eintrittskantenpunkt des jeweiligen Profilschnitts der Leitschaufel verläuft. Der Eintrittskantenwinkel ist hierbei der mathematisch positiv überstrichene Winkel ausgehend von der Umfangstangente bis zu der Eintrittskantentangente an der Skelettlinie. Diese Festlegung der Skelettliniengestaltung an der Eintrittskante für die Radscheibenseite mit Bezug auf die Deckscheibenseite der Diffusorleitschaufel führt zu einer verlustfreieren Einströmung

des Prozessfluids in den Diffusor.

[0017] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Differenz zwischen deckscheibenseitigem und radscheibenseitigem Eintrittskantenwinkel mindestens 5° beträgt. Eine erfindungsgemäße Ausgestaltung der Erfindung in dieser Größenordnung führt zu einer deutlichen Verbesserung der aerodynamischen Eigenschaften der Anordnung.

[0018] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Anstellwinkel der Leitschaufeln deckscheibenseitig kleiner als radscheibenseitig ist. Diese Ausgestaltung berücksichtigt die Differenz im Strömungsbild nach Austritt aus dem Laufrad zwischen der Deckscheibenseite und der Radscheibenseite zusätzlich, so dass die Aerodynamik weiter verbessert wird.

[0019] Diese Verbesserung wird umso deutlicher, wenn die Differenz zwischen deckscheibenseitigem und radscheibenseitigem Anstellwinkel der Leitschaufeln mindestens 5° beträgt.

[0020] Eine andere Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Strömung nach Austritt aus dem Laufrad vor Eintritt in den Diffusor besonders zweckmäßig vorbereitet wird, wenn der Quotient aus axialer Kanalbreite des beschauften Diffusors zum maximalen Laufradaustrittsdurchmesser größer als 0,04 ist.

[0021] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Quotient aus axialer Kanalbreite des beschauften Diffusors zur axialen Kanalbreite des Laufrades am maximalen Laufradaustrittsdurchmesser kleiner als 0,95 ist. Auf diese Weise wird die Strömung mit dem Eintritt in den Diffusor beschleunigt, so dass die Wirbelbildung hinter dem Laufrad sich reduziert.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die Leitschaufeln derart ausgebildet, dass ein Winkel zwischen einer Tangente an der Skelettlinie im Eintrittskantenbereich zu einer Tangente an der Skelettlinie im Austrittskantenbereich deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig. In anderen Worten kann dieses Merkmal dadurch charakterisiert werden, dass eine durch das jeweilige Profil vorgegebene Umlenkfunktion deckscheibenseitig weniger stark ist als radscheibenseitig. Auch diese Ausgestaltung bezieht sich vorteilhaft auf die besondere Strömungssituation des Prozessfluids nach Austritt aus dem Laufrad und vor Eintritt in den Diffusor.

[0023] Eine ähnliche Wirkung hat eine andere vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Anordnung, bei der die Leitschaufeln derart ausgebildet sind, dass ein Winkel zwischen einer Tangente an der Skelettlinie im Eintrittskantenbereich zu der Profelsehne deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig. Hierbei ist der Winkel zwischen einer Tangente an der Skelettlinie im Eintrittskantenbereich zu der Profelsehne definiert als der mathematisch positive Winkel von der Tangente an der Skelettlinie im Eintrittskantenbereich zu der Profelsehne.

[0024] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Leitschaufeln eine Neigung

aufweisen, derart, dass die Eintrittskante deckscheiben-
seitig gegenüber der radscheibenseitigen Eintrittskante
entgegen der Rotationsrichtung des Laufrades um min-
destens 10% der axialen Kanalbreite des Diffusors ver-
setzt ist. Insbesondere in Kombination mit den bereits
zuvor beschriebenen einzelnen oder einigen Weiterbil-
dungen der Erfindung berücksichtigt diese Ausgestal-
tung die Unterschiede zwischen der Deckscheibenseite
und der Radscheibenseite im Strömungsbild nach Aus-
tritt aus dem Laufrad zusätzlich.

[0025] Bezugnehmend auf eine derartige Neigung der
Eintrittskante in Umfangsrichtung kann auch die Aus-
trittskante in Umfangsrichtung geneigt sein, wobei es
nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Anordnung
besonders zweckmäßig ist, wenn die Leitschaufeln der-
art ausgebildet sind, dass ein Versatz entgegen der Ro-
tationsrichtung des Laufrades an der Austrittskante von
der Deckscheibenseite gegenüber der Radscheibenseite
geringer ist als an der Eintrittskante.

[0026] Eine harmonische, druckverlustarme Strö-
mungsführung wird insbesondere dann erzielt, wenn der
axiale Verlauf (Verlauf in Höhenrichtung) der Leitschau-
feln des Diffusors von der Deckscheibenseite bis zur Ra-
dscheibenseite kontinuierlich gekrümmt ausgeführt ist.

[0027] Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines
speziellen Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf
Zeichnungen näher verdeutlicht. Es zeigen:

- Figur 1: einen schematischen Längsschnitt durch eine
erfindungsgemäße Anordnung,
- Figur 2: einen schematischen Längsschnitt durch eine
erfindungsgemäße Anordnung als Detail
II gemäß Figur 1,
- Figur 3: einen schematischen Querschnitt durch eine
erfindungsgemäße Anordnung,
- Figur 4: einen schematischen Querschnitt durch eine
erfindungsgemäße Anordnung mit zusätzli-
chen geometrischen Details und
- Figur 5: einen schematischen Querschnitt durch einen
Diffusor einer erfindungsgemäßen An-
ordnung im Bereich einer einzigen Leitschau-
fel.

[0028] Die Figuren 1 und 2 zeigen in schematischer
Darstellung Längsschnitte durch eine erfindungsgemä-
ße Anordnung ARG, wobei Figur 2 ein mit II bezeichnetes
Detail der Figur 1 wiedergibt. Eine erfindungsgemäße
Anordnung ARG wird von einem Prozessfluid PFF ent-
lang einer Hauptströmungsrichtung MFD von einem Ein-
tritt INL zu einem Austritt EXT durchströmt. Die Anord-
nung ARG umfasst ein um eine Achse X in Rotations-
richtung RTD rotierbares Laufrad IMP. Stromabwärts
des Laufrades IMP befindet sich ein mit Leitschaufeln
VNE beschauelter stehender Diffusor DFF. Das Laufrad
IMP weist einen Eintritt INI für eine im Wesentlichen axi-
ale Zuströmung auf und einen Austritt EXI für im Wesent-
lichen radiale Abströmung. Die Eignung für die im We-
sentlichen axiale Zuströmung bzw. die im Wesentlichen

radiale Abströmung des Laufrades zeichnet sich durch
den Verlauf des sich durch das Laufrad IMP erstrecken-
den Strömungskanal bzw. der Laufradkanäle ICH aus.
Zwischen einer Radscheibe HWI und einer Deckscheibe
SWI des Laufrades IMP befinden sich radial und axial
sich erstreckende Laufschaufeln BLD. Die Laufschaufel-
kanäle ICH sind durch diese Laufschaufeln BLD in einer
Umfangsrichtung CDR voneinander abgegrenzt, wie
dies den Figuren 3 und 4 entnehmbar ist. Der Diffusor
DFF erstreckt sich mit

Diffusorströmungskanälen entlang der Hauptströmungs-
richtung MFD, die im Wesentlichen radial verläuft. Der
Diffusor DFF weist eine axiale Deckscheibenseite SWS
und eine axiale Radscheibenseite HWS auf. Diese No-
menklatur lehnt sich an die Anordnung der Deckscheibe
SWI und der Radscheibe HWI des Laufrades IMP an.
Die axiale Deckscheibenseite SWI und die axiale Rad-
scheibenseite HWI des Diffusors DFF begrenzen zwi-
schen sich eine axiale Kanalbreite SAC des Diffusors
DFF. Der Diffusor DFF weist einen Diffusoreintritt IND
für eine im Wesentlichen radiale Zuströmung und einen
Diffusoraustritt EXD auf.

[0029] In der Figur 1 ist der Diffusor in drei sich entlang
der Hauptströmungsrichtung MFD erstreckende Ab-
schnitte unterteilt, in ein erstes Diffusordrittel TS1, ein
zweites Diffusordrittel TS2 und ein drittes Diffusordrittel
TS3. Zwischen der Radscheibenseite HWI und der Deck-
scheibenseite SWI erstrecken sich entlang einer Schau-
felhöhenrichtung axial und entlang einer Durchströ-
mungsrichtung radial erstreckende Leitschaufeln VNE.
Die Leitschaufeln VNE grenzen einzelne Leitschaufelka-
näle DCH in einer Umfangsrichtung CDR voneinander
ab.

[0030] In den Figuren 3, 4 und 5 ist jeweils ein Quer-
schnitt der erfindungsgemäßen Anordnung ARG oder ei-
nes Ausschnitts davon wiedergegeben, so dass auch er-
kennbar ist, inwiefern die Leitschaufelkanäle DCH zuein-
ander in einer Umfangsrichtung CDR mittels der Leit-
schaufeln VNE abgegrenzt sind. Da die Leitschaufeln
VNE naturgemäß nicht ein völlig gerades Profil entlang
der Hauptströmungsrichtung MFD aufweisen, ist auch
die derartige Abgrenzung dementsprechend zu verste-
hen. Die einzelnen Leitschaufeln VNE lassen sich als ein
Stapel von Schaufelprofilen PRL (beispielsweise Schau-
felprofil PRL, wie in Figur 5 dargestellt) entlang der
Schaufelhöhe definieren. Die Schaufelhöhe verläuft, wie
in den Figuren 1, 2 wiedergegeben, parallel zu der Achse
X, also axial. Die Schaufelprofile PRL selbst sind zwei-
dimensionale Geometrien, die die Schaufelaußenkontur
in einer bestimmten Schaufelhöhenposition definieren.
Die eigentliche dreidimensionale Außenkontur der
Schaufel auf der jeweiligen Saugseite SCS und Druck-
seite PRS ergibt sich als eine Flächeninterpolation zwi-
schen den linienhaften Begrenzungskonturen der
Schaufelprofile PRL, die jeweils eine linienhafte Vorgabe
in der jeweiligen Schaufelhöhenposition (hier auch Axi-
alposition) angeben.

[0031] Figur 3 zeigt im Querschnitt schematisch aus-

schnittsweise die erfindungsgemäße Anordnung ARG mit einem Laufrad IMP und einem sich stromabwärts anschließenden Diffusor DFF, der als Stator STA ausgebildet ist. Zwischen dem Laufrad IMP und dem Diffusor DFF befindet sich ein radiales Spiel RCL eines Radialspaltes. Das Laufrad IMP dreht sich in der Darstellung in einer Umfangsrichtung CDR. Die einzelnen Leitschaufeln VNE des Diffusors DFF sind lediglich als schematische Skelettlinien BWL wiedergegeben. Eine Skelettlinie BWL beschreibt hierbei einen Profilschnitt bzw. ein Profil einer Schaufel in einer bestimmten Höhenposition dadurch, dass die Skelettlinie BWL, auch bisweilen Krümmungslinie genannt, ein von den Mittelpunkten eingeschriebener bzw. die Saugseite und die Druckseite des Profils tangierender Kreise definierte Linie ist. Im Einzelnen zeigt die Figur 5 anhand zweier Kreise CLC exemplarisch, wie Druckseite PRF und Saugseite SCS einer Leitschaufel VNE mittels der eingeschriebenen Kreise CLC die Skelettlinie BWL definieren.

[0032] Hierbei zeigt die Figur 5 lediglich einen Axialschnitt durch den Diffusor DFF im Bereich einer Leitschaufel VNS, wobei die Abbildung sowohl für die Deckscheibenseite SWS, als auch für die Radscheibenseite HWS Gültigkeit aufweist.

[0033] Die Figur 4 zeigt ähnliche Zusammenhänge in Zusammenschau mit dem Laufrad IMP. Dort ist das Laufrad IMP in drei entlang der Hauptströmungsrichtung MFD aufeinanderfolgende Drittelabschnitte aufgeteilt in etwa ausgehend von einer Laufschaufeleintrittskante ILE bis zu einer Laufschaufelaustrittskante ITE. Hierbei sind Laufschaufeleintrittskante ILE und Laufschaufelaustrittskante ITE nicht zwingend identisch mit dem Eintritt INI des Laufrads bzw. Austritt XEI des Laufrads. Die Hauptströmungsrichtung MFD verläuft im Laufrad IMP auch axial - also in Figur 4 auch in die Zeichnungsebene hinein. Die Information über die Axialerstreckung geht in der axialen Projektion der Laufschaufeln BLD der Figur 4 naturgemäß verloren. Das Laufrad weist einen ersten Laufradabschnitt IS1, einen zweiten Laufradabschnitt IS2 und einen dritten Laufradabschnitt IS3 auf. Im Unterschied zu der Figur 5 zeigt die Figur 4 in jeweils gestrichelter Wiedergabe die Deckscheibenseite SWI und die Radscheibenseite HWI sowohl für eine Laufschaufel BLD als auch für eine Leitschaufel VNE.

[0034] Insbesondere der Figur 5 ist entnehmbar, dass ein Eintrittskantenwinkel LEA für jede axiale Schaufel definiert ist als Winkel zwischen einer Eintrittskantentangente TLV der jeweiligen Leitschaufel VNE und einer Umfangstangente CTG durch die Eintrittskante DLE. Der Eintrittskantenwinkel LEA ist hierbei mathematisch positiv gemessen ausgehend von der Umfangstangente CTG auf die Eintrittskantentangente TLV. Die Umfangstangente CTG ist eine Tangente an der Umfangsrichtung in der jeweiligen angegebenen Position, hier an der Position der Eintrittskante DLE. Diese Umfangstangente CTG lässt sich auch definieren als senkrecht zu einem Radialstrahl RAD und dem Referenzpunkt, hier die Eintrittskante DLE beinhaltend.

[0035] In den Figuren 4 und 5 ist jeweils auch die Profilsehne VCH des Profils der Leitschaufel VNE in den jeweiligen Schnitt eingezeichnet, die sich von einer Eintrittskante DLE hin zu einer Austrittskante DTE als eine gerade Linie erstreckt. In ähnlicher Weise wie der Eintrittskantenwinkel LEA definiert sich ausgehend von der Profilsehne VCH auch der Anstellwinkel AOA als ein mathematisch positiv gemessener Winkel ausgehend von der Umfangstangente CTG auf die Profilsehne VCH. Die Figur 4 zeigt diese Zusammenhänge für die Deckscheibenseite SWS und die Radscheibenseite HWS des Diffusors DFF. Die Anordnung ARG sieht vor, dass der Eintrittskantenwinkel LEA deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig bei dem Diffusor DFF. Bevorzugt beträgt die Differenz zwischen dem deckscheibenseitigen und dem radscheibenseitigen Eintrittskantenwinkel LEA mindestens 5 Grad.

[0036] Wie auch in Figur 2 dargestellt, beträgt der Quotient aus axialer Kanalbreite SAC des beschauften Diffusors DFF zum maximalen Laufradaustrittsdurchmesser mehr als 0,04. Ebenfalls der Figur 2 ist entnehmbar, dass der Quotient aus einer axialen Kanalbreite SAC des beschauften Diffusors DFF zur axialen Kanalbreite IAC des Laufrades IMP am maximalen Laufradaustrittsdurchmesser DIE kleiner als 0,95 ist. Besonders bevorzugt, wie auch in Figur 5 dargestellt, ist die Leitschaufel VNE derart ausgebildet, dass ein Winkel, hier genannt Profilkrümmungswinkel VBA, zwischen einer Tangente TLV an der Skelettlinie BWL im Eintrittskantenbereich LEA zu einer Tangente TTV an der Skelettlinie BWL im Austrittskantenbereich TEA deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig. Der Krümmungswinkel VBA ist hierbei auch wieder mathematisch positiv gemessen ausgehend von der Tangente TLV an der Skelettlinie BWL im Eintrittskantenbereich LEA.

[0037] Ebenfalls in Figur 5 dargestellt ist eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung derart, dass ein Winkel zwischen der Tangente TLV an der Skelettlinie BWL im Eintrittskantenbereich LEA zu der Profilsehne VCH deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig, wobei der Winkel hier als Eintrittsanstellwinkel VTC bezeichnet ist. Es ist zu beachten, dass die Figur 5 die Verhältnisse an der Radscheibenseite HWI bzw. Deckscheibenseite SWI grundsätzlich schematisch wiedergibt und dementsprechend beide Seiten repräsentiert.

[0038] Die Darstellung mit überlagerten Profilschnitten der Figur 4 wird bei Eintragung sämtlicher dieser geometrischen Zusammenhänge unübersichtlich.

[0039] Eine Eintrittskante DLE der Leitschaufeln VNE kann vorteilhaft, wie in Figur 4 dargestellt, radial ein Stück stromabwärts gegenüber dem Diffusoreintritt DFF versetzt sein, wobei in Figur 4 dieser Radialversatz als CBS ausgewiesen ist.

[0040] Schematisch in der Figur 4 wiedergegeben ist der Zusammenhang, dass die Leitschaufeln VNE eine Neigung aufweisen, derart, dass die Eintrittskante DLE deckscheibenseitig gegenüber der radscheibenseitigen Eintrittskante DLE entgegen der Rotationsrichtung RTD

des Laufrades IMP um mindestens 10% der axialen Kanalbreite SAC des Diffusors DFF versetzt ist. In diesem Zusammenhang ist es auch zweckmäßig, wie in Figur 4 dargestellt, wenn die Leitschaufeln VNE derart ausgebildet sind, dass ein Versatz entgegen der Rotationsrichtung RTD des Laufrades IMP an der Austrittskante VTE von der Deckscheibenseite SWI gegenüber der Radscheibenseite HWI geringer ist als an der Eintrittskante DLE. Der axiale Verlauf der Leitschaufeln des Diffusors DFF von der Deckscheibenseite SWI bis zur Radscheibenseite HWI ist kontinuierlich gekrümmt ausgeführt.

[0041] Figur 4 zeigt auch schematisch, dass zumindest im stromaufwärtigsten Drittel der Erstreckung der Leitschaufeln VNE entlang der Hauptströmungsrichtung MFD eine Axialprojektion einer deckscheibenseitigen Leitschaufelspur DDS und einer radscheibenseitigen Leitschaufelspur DRS zumindest einen Überstand von deckscheibenseitigen Leitschaufelspur DDS zur radscheibenseitigen Leitschaufelspur DRS von mindestens einem Flächenanteil > 5% bezüglich der deckscheibenseitigen Leitschaufelspurfläche aufweist.

Patentansprüche

1. Anordnung (ARG), die von einem Prozessfluid (PFF) entlang einer Hauptströmungsrichtung (MFD) durchströmbar ist, umfassend ein um eine Achse (X) in einer Rotationsrichtung (RTD) rotierbares Laufrad (IMP) und einen stromabwärts des Laufrades (IMP) befindlichen, mit Leitschaufeln (VNE) beschaufelten stehenden Diffusor (DFF), wobei das Laufrad (IMP) einen Eintritt (ILI) für eine im Wesentlichen axiale Zuströmung und einen Austritt (EXI) für eine im Wesentlichen radiale Abströmung aufweist, wobei zwischen einer Radscheibe (HWI) und einer Deckscheibe (SWI) des Laufrads (IMP) sich radial und axial erstreckende Laufschaufeln (BLD) angeordnet sind, die Laufradkanäle (ICH) in einer Umfangsrichtung (CDR) voneinander abgrenzen, wobei der Diffusor (DFF) sich entlang einer Hauptströmungsrichtung (MFD) im Wesentlichen radial erstreckt, wobei der Diffusor (DFF) eine axiale Deckscheibenseite (SWI) und eine axiale Radscheibenseite (HWI) aufweist, die zwischen sich eine axiale Kanalbreite (SAC) des Diffusors (DFF) begrenzen, wobei der Diffusor (DFF) einen Diffusoreintritt (ILD) für eine im Wesentlichen radiale Zuströmung und einen Diffusoraustritt (EXD) aufweist, wobei zwischen der Radscheibenseite (HWI) und der Deckscheibenseite (SWI) des Diffusors (DFF) sich entlang einer Schaufelhöhenrichtung axial und entlang einer Durchströmungsrichtung radial erstreckende Leitschaufeln (VNE) angeordnet sind, die Leitschaufelkanäle (DCH) in einer Umfangsrichtung (CDR) voneinander abgrenzen,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Leitschaufeln (VNE) eine Neigung aufweisen, derart, dass die Eintrittskante (DLE) deckscheibenseitig gegenüber der radscheibenseitigen Eintrittskante (DLE) entgegen der Rotationsrichtung (RTD) des Laufrades (IMP) um mindestens 10% der axialen Kanalbreite (SAC) des Diffusors (DFF) versetzt ist.

2. Anordnung (ARG) nach Anspruch 1, wobei ein Eintrittskantenwinkel (LEA) für jede axiale Schaufelhöhe definiert ist als Winkel zwischen einer Eintrittskantentangente (TLV) an einer Skelettlinie (BWL) an einer Eintrittskante (DLE) der jeweiligen Leitschaufel (VNE) und einer Umfangstangente (CTG) durch die Eintrittskante, wobei der Eintrittskantenwinkel (LEA) deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig
3. Anordnung (ARG) nach Anspruch 2, wobei der Betrag der Differenz zwischen deckscheibenseitigen und radscheibenseitigem Eintrittskantenwinkel (LEA) mindestens 5° beträgt.
4. Anordnung (ARG) nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei der Anstellwinkel (AOA) der Leitschaufeln (VNE) deckscheibenseitig kleiner als radscheibenseitig ist.
5. Anordnung (ARG) nach Anspruch 4, wobei der Betrag der Differenz zwischen deckscheibenseitigen und radscheibenseitigem Anstellwinkel (AOA) der Leitschaufeln (VNE) mindestens 5° beträgt.
6. Anordnung (ARG) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Quotient aus axialer Kanalbreite (SAC) des beschaufelten Diffusors (DFF) zum maximalen Laufradaustrittsdurchmesser (DIE) größer als 0,04 ist.
7. Anordnung (ARG) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Quotient aus axialer Kanalbreite (SAC) des beschaufelten Diffusors zur axialen Kanalbreite (SAC) des Laufrades (IMP) am maximalen Laufradaustrittsdurchmesser (DIE) kleiner als 0,95 ist.
8. Anordnung (ARG) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Leitschaufeln (VNE) derart ausgebildet sind, dass ein Winkel zwischen einer Tangente an der Skelettlinie (BWL) im Eintrittskantenbereich (LEA) zu einer Tangente an der Skelettlinie (BWL) im Austrittskantenbereich (TEA) deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig.

9. Anordnung (ARG) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
wobei die Leitschaufeln (VNE) derart ausgebildet sind, dass ein Winkel zwischen einer Tangente an der Skelettlinie (BWL) im Eintrittskantenbereich (LEA) zu der Profillehne (VCH) deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig. 5
10. Anordnung (ARG) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leitschaufeln (VNE) derart ausgebildet sind, dass ein Versatz entgegen der Rotationsrichtung (RTD) des Laufrades (IMP) an der Austrittskante (VTE) von der Deckscheibenseite gegenüber der Radscheibenseite geringer ist als an der Eintrittskante (DLE). 10
15
11. Anordnung (ARG) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der axiale Verlauf der Leitschaufeln (VNE) des Diffusors (DFF) von der Deckscheibenseite bis zur Radscheibenseite kontinuierlich gekrümmt ausgeführt ist. 20
12. Anordnung (ARG) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Laufrad (IMP) derart dreidimensional gestaltet ist, dass zumindest im stromabwärtigsten Drittel der Erstreckung der Laufschaufeln (BLD) entlang der Hauptströmungsrichtung (MFD) eine Axialprojektion einer deckscheibenseitigen Laufschaufelspur (BDS) und einer radscheibenseitigen Laufschaufelspur (BRS) zumindest einen Überstand von deckscheibenseitigen Laufschaufelspur (BDS) zur radscheibenseitigen Laufschaufelspur (BRS) von mindestens einem Flächenanteil > 5% bezüglich der deckscheibenseitigen Laufschaufelspurfläche aufweist. 25
30
35
13. Anordnung (ARG) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Diffusor (DFF) derart dreidimensional gestaltet ist, dass zumindest im stromaufwärtigsten Drittel der Erstreckung der Leitschaufeln (VNE) entlang der Hauptströmungsrichtung (MFD) eine Axialprojektion einer deckscheibenseitigen Leitschaufelspur (DDS) und einer radscheibenseitigen Leitschaufelspur (DRS) zumindest einen Überstand von deckscheibenseitigen Leitschaufelspur (DDS) zur radscheibenseitigen Leitschaufelspur (DRS) von mindestens einem Flächenanteil > 5% bezüglich der deckscheibenseitigen Leitschaufelspurfläche aufweist. 40
45
50

55

FIG 1

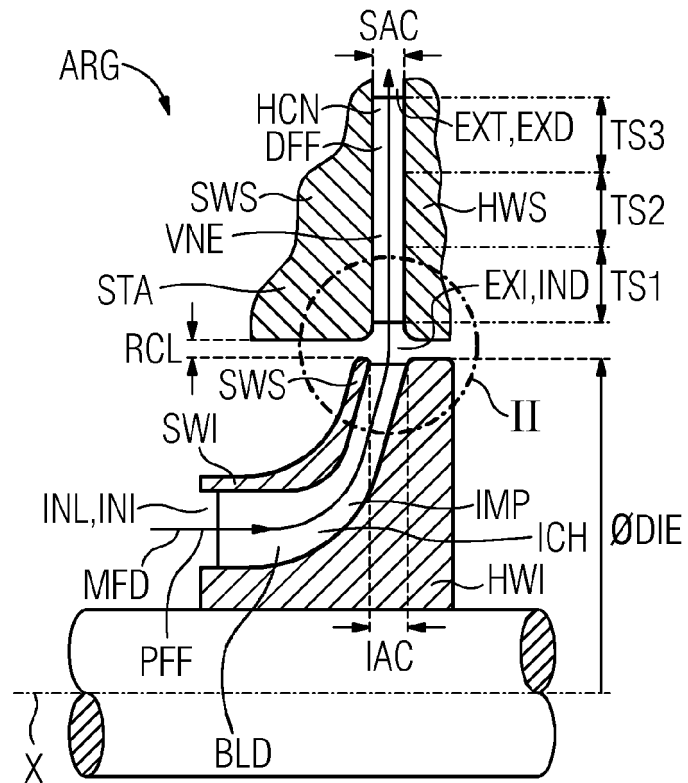


FIG 2

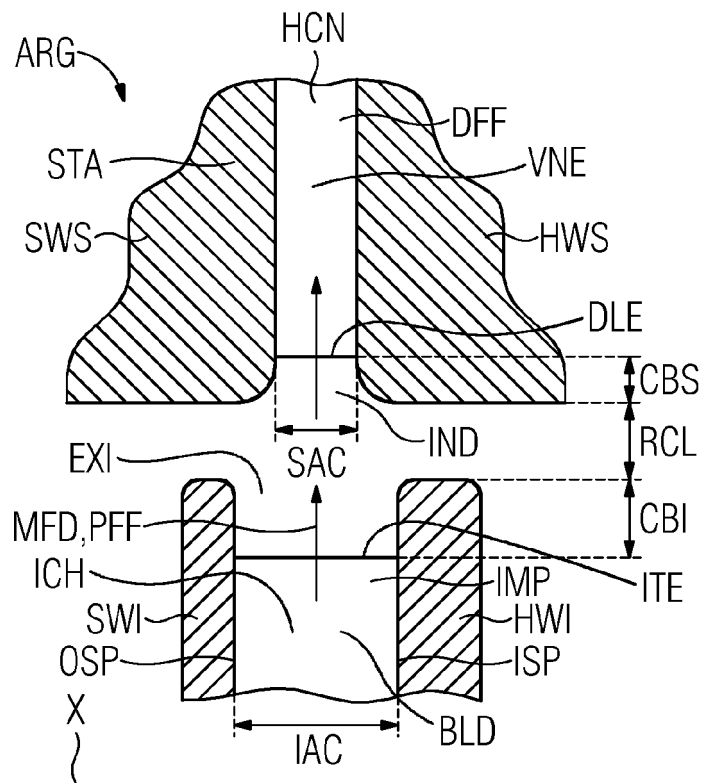


FIG 3

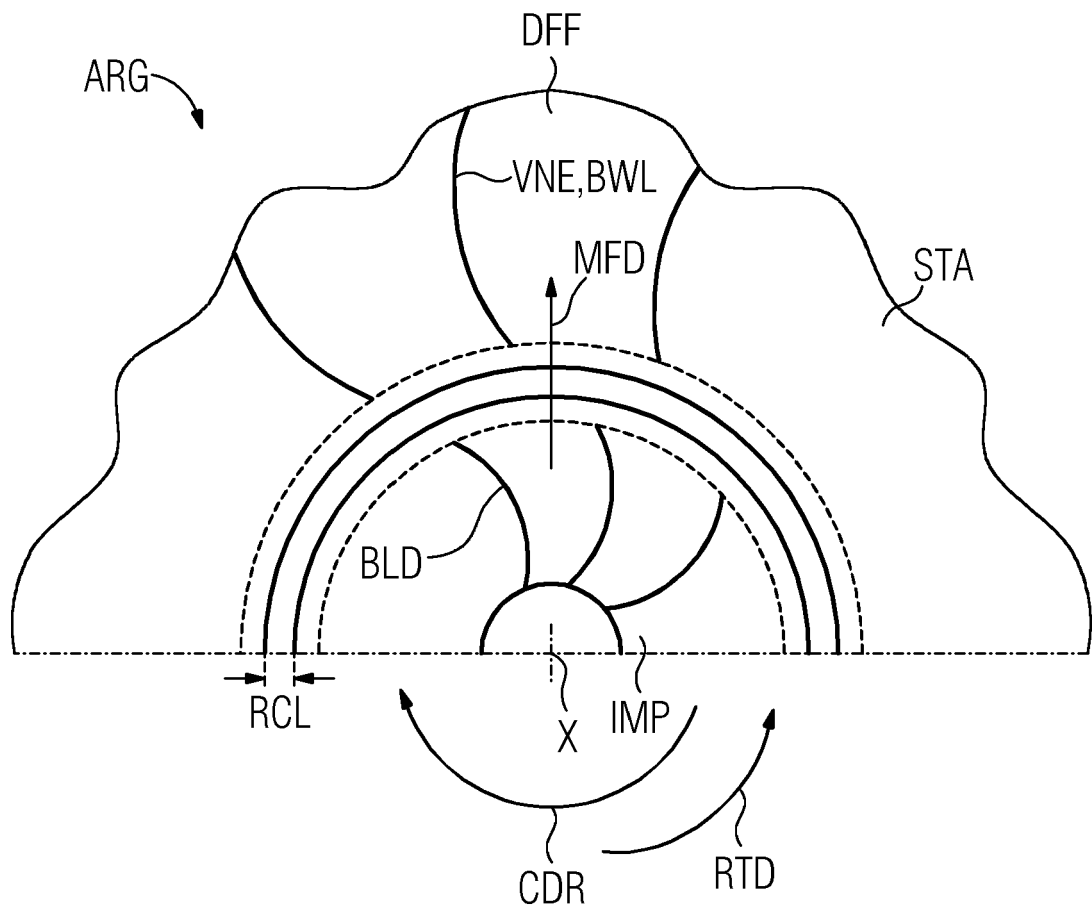


FIG 4

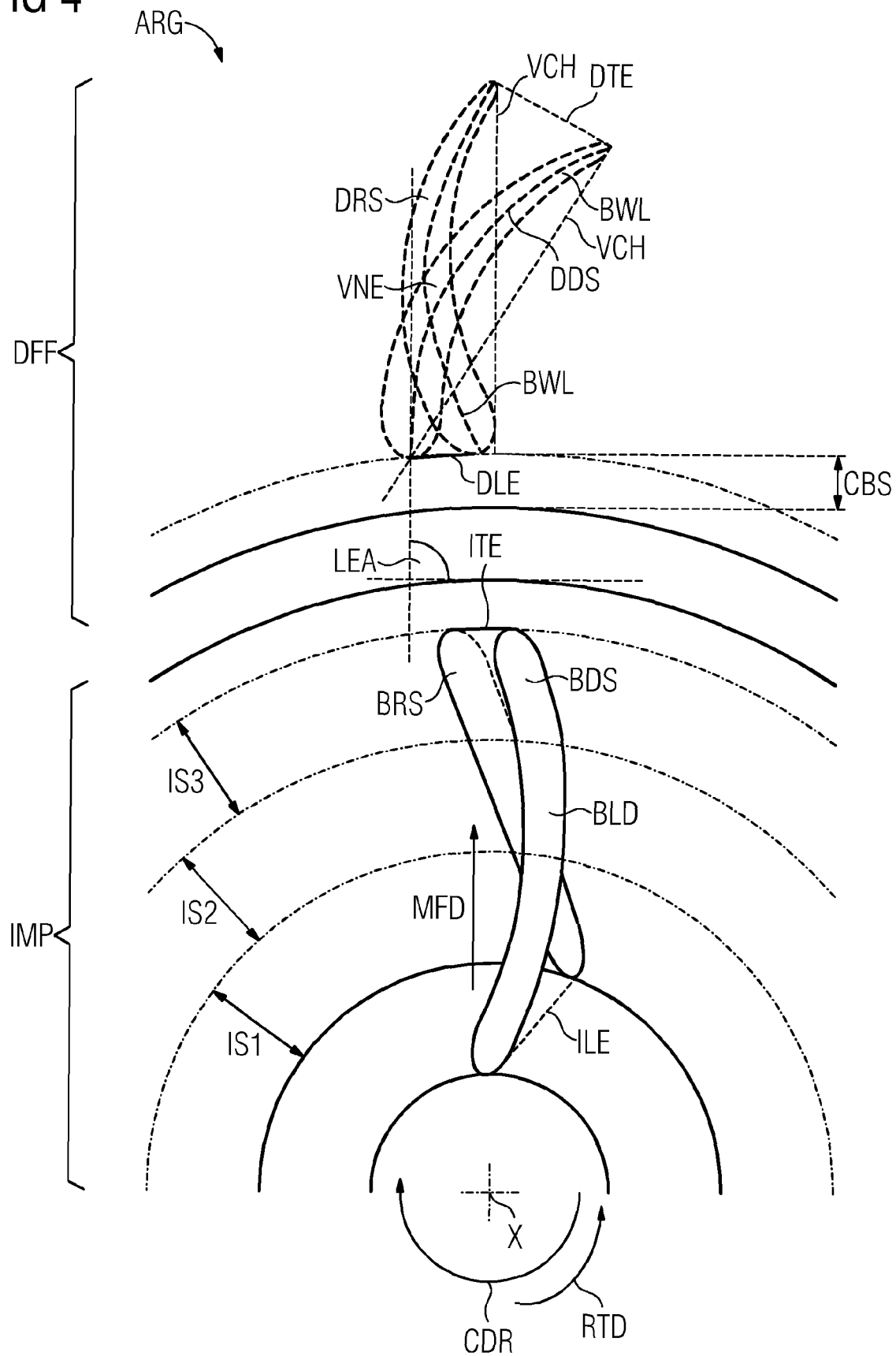
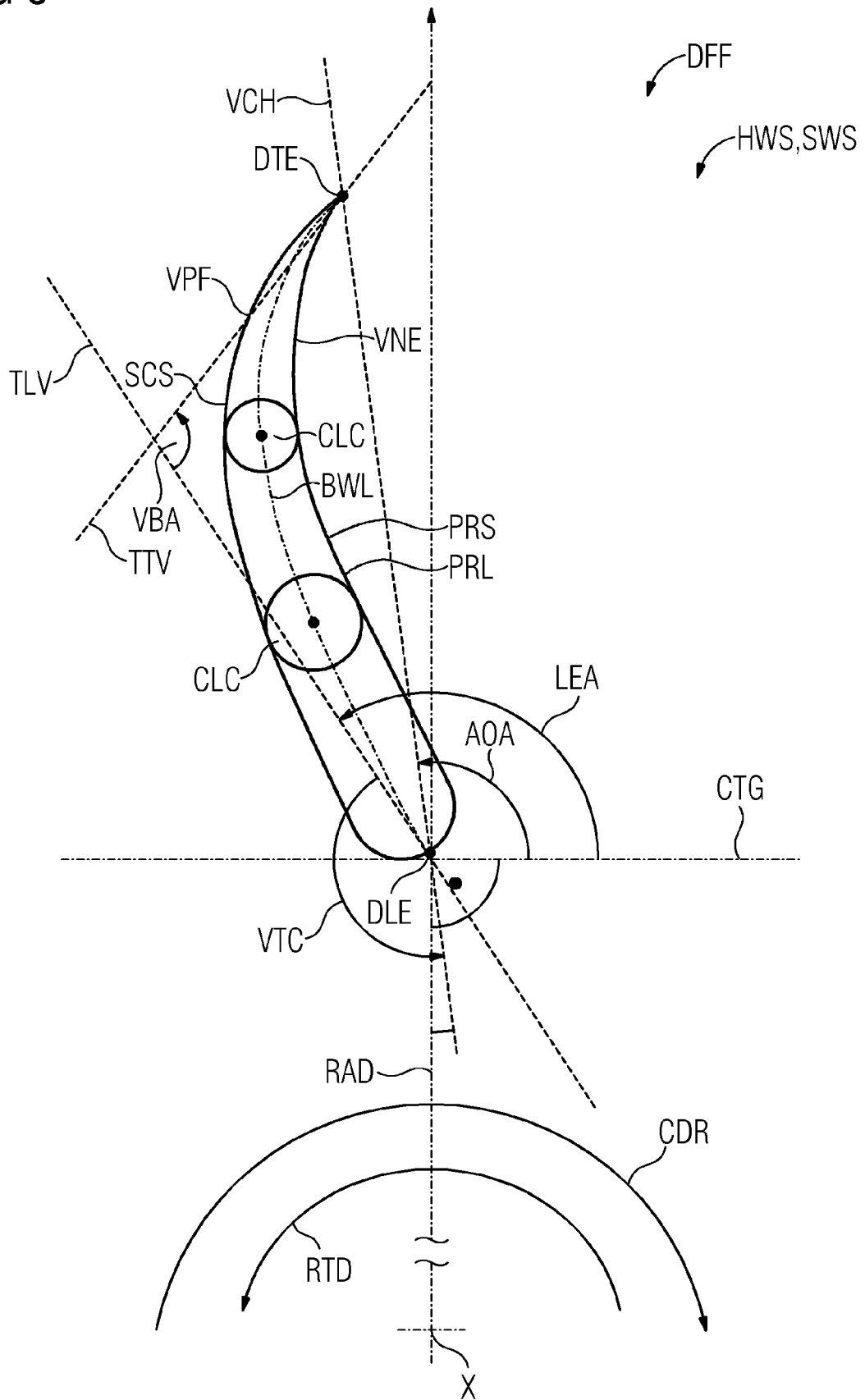


FIG 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 19 2108

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	EP 0 648 939 A2 (HITACHI LTD [JP]) 19. April 1995 (1995-04-19)	1-7,10, 12,13	INV. F04D29/44
Y	* Zusammenfassung * * Spalte 4, Zeile 41 - Spalte 17, Zeile 6 * * Abbildungen *	8,9,11	
X	US 2 372 880 A (BROWNE KENNETH A) 3. April 1945 (1945-04-03)	1-13	
Y	* Seite 1, Spalte 1, Zeile 38 - Seite 2, Spalte 1, Zeile 26 * * Abbildungen *	8,9,11	
X	EP 2 778 431 A2 (HONEYWELL INT INC [US]) 17. September 2014 (2014-09-17)	1-13	
	* Zusammenfassung * * Absatz [0008] - Absatz [0017] * * Abbildungen *		
X	WO 2011/011335 A1 (CAMERON INT CORP [US]; BROWN PAUL C [US]; GRIGORIEV MIKHAIL [US]; SWIA) 27. Januar 2011 (2011-01-27)	1-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D
	* Zusammenfassung * * Absatz [0005] - Absatz [0037] * * Abbildungen *		
X,D	EP 2 650 546 A1 (HITACHI LTD [JP]) 16. Oktober 2013 (2013-10-16)	1,13	
A	* Zusammenfassung * * Absatz [0020] - Absatz [0051] * * Abbildungen *	2-12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 15. März 2018	Prüfer Kolby, Lars
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 19 2108

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.

15-03-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0648939 A2	19-04-1995	CN 1111727 A	15-11-1995
		CN 1271817 A	01-11-2000
		DE 69432334 D1	30-04-2003
		DE 69432334 T2	12-02-2004
		DE 69432363 D1	30-04-2003
		DE 69432363 T2	12-02-2004
		DE 69433046 D1	18-09-2003
		DE 69433046 T2	17-06-2004
		DE 69434033 D1	28-10-2004
		DE 69434033 T2	22-09-2005
		EP 0648939 A2	19-04-1995
		EP 0795688 A2	17-09-1997
		EP 0984167 A2	08-03-2000
		EP 1199478 A1	24-04-2002
		JP 3482668 B2	22-12-2003
		JP H07167099 A	04-07-1995
		US 5595473 A	21-01-1997
		US 5857834 A	12-01-1999
		US 5971705 A	26-10-1999
		US 6139266 A	31-10-2000
		US 6290460 B1	18-09-2001
		US 6312222 B1	06-11-2001
		US 2001033792 A1	25-10-2001
		US 2001036404 A1	01-11-2001
US 2372880 A	03-04-1945	KEINE	
EP 2778431 A2	17-09-2014	EP 2778431 A2	17-09-2014
		US 2014271170 A1	18-09-2014
WO 2011011335 A1	27-01-2011	CN 102575688 A	11-07-2012
		EP 2456984 A1	30-05-2012
		EP 2623794 A1	07-08-2013
		EP 2623795 A1	07-08-2013
		RU 2012104525 A	27-08-2013
		US 2012121402 A1	17-05-2012
		WO 2011011335 A1	27-01-2011
EP 2650546 A1	16-10-2013	CN 103314218 A	18-09-2013
		EP 2650546 A1	16-10-2013
		JP 5608062 B2	15-10-2014
		JP 2012122443 A	28-06-2012
		US 2013309082 A1	21-11-2013
		WO 2012077580 A1	14-06-2012

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 2650546 A1 [0002] [0006]
- DE 102010020379 A1 [0003]
- DE 102014219107 A1 [0004]
- DE 102016201256 A1 [0005]