(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. März 2019 (28.03.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/057413 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F04D 29/44 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/072379

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. August 2018 (20.08.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
17192109.1 20. September 2017 (20.09.2017) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **MARTENS, Uwe**; Hohenstaufenstraße 32, 47058 Duisburg (DE). **PETRY, Nico**; Lehmweg 11, 46147 Oberhausen (DE).

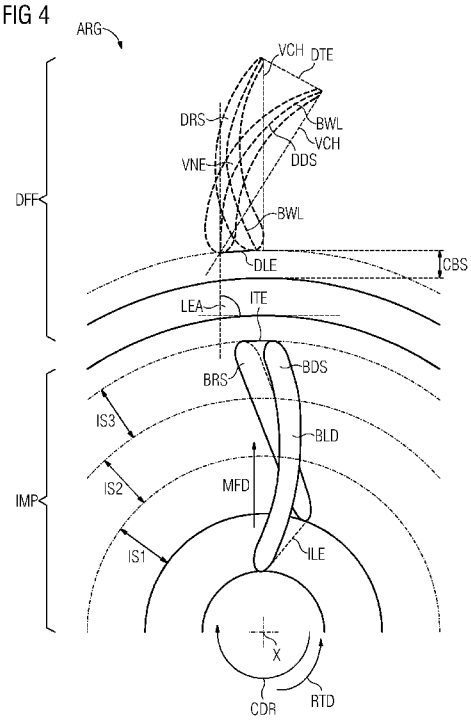
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW,

(54) **Title:** FLOW-THROUGH ARRANGEMENT

(54) **Bezeichnung:** DURCHSTRÖMBARE ANORDNUNG

FIG 4



(57) **Abstract:** The invention relates to an arrangement (ARG), through which a process fluid (PFF) can flow along a main flow direction (MFD), comprising an impeller (IMP) that can rotate about an axis (X) in a rotation direction (RTD) and a stationary diffuser (DFF) located downstream of the impeller (IMP) and being provided with guide vanes (VNE), wherein the impeller (IMP) has an inlet (ILI) for a substantially axial supply flow and an outlet (EXI) for a substantially radial out-flow, wherein radially and axially extending rotor blades (BLD) are arranged between a wheel disc (HWI) and a cover disc (SWI) of the impeller (IMP), the impeller channels (ICH) are separated from one another in a circumferential direction (CDR), wherein the diffuser (DFF) extends substantially radially along a main flow direction (MFD), wherein the diffuser (DFF) has an axial cover disc side (SWS) and an axial wheel disc side (HWS), which delimit an axial channel width (SAC) of the diffuser (DFF) between them, wherein the diffuser (DFF) has a diffuser inlet (ILD) for a substantially radial supply flow and a diffuser outlet (EXD), wherein guide vanes (VNE) extending axially along a blade vertical direction and radially along a through-flow direction are arranged between the wheel disc side (HWS) and the cover disc side (SWS) of the diffuser (DFF), which separate the guide vane channels (HCN) from one another in a circumferential direction (CDR). According to the invention, an inlet edge angle (LEA) for every axial blade height is defined as an angle between an inlet edge tangent (TLV) on a mean line (BWL) on an inlet edge (DLE) of the respective guide vane (VNE) and a circumferential tangent (CTG) through the inlet edge, wherein the inlet edge angle (LEA) is smaller on the cover disc side than on the wheel disc side.

(57) **Zusammenfassung:** 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

WO 2019/057413 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(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 (SWS) und eine axiale Radscheibenseite (HWS) 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 (HWS) und der Deckscheibenseite (SWS) des Diffusors (DFF) sich entlang einer Schaufelhöhenrichtung axial und entlang einer Durchströmungsrichtung radial erstreckende Leitschaufeln (VNE) angeordnet sind, die Leitschaufelkanäle (HCN) 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.

Beschreibung

Durchströmbare Anordnung

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 Laufrads 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.

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 diffusor" (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.

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.

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

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.

Aus der EP 2 650 546 A1 ist bereits die in Umfangsrichtung geneigte Anordnung von Leitschaufeln in einem Diffusor einer Radialturbomaschine bekannt.

Die Dokumente US 2 372 880 A, EP 2 778 431 A2, WO 2011/011335 A1 zeigen jeweils eine dreidimensionale Diffusor-Leitschaufel-Gestaltung stromabwärts eines offenen Laufrades. Die Strömungsverhältnisse an einem offenen Laufrad sind schon aufgrund der Haftbedingung auch am strömungsführenden Stator gegenüber der Radscheibe am offenen Laufrad nicht mit denen in einem geschlossenen Laufrad vergleichbar. Stromabwärts eines offenen Laufrads ergeben sich daher völlig andere Strömungsbilder, insbesondere hinsichtlich der Unterschiede seitens der Radscheibe und der Deckscheibe.

Die EP 0 648 939 A2 zeigt eine Turbomaschine mit einem geschlossenen Laufrad.

Die EP 2 650 546 A1 zeigt eine Leitschaufelgestaltung mit einer gebogenen Profilschwerpunktslinie entlang der Schaufelhöhe stromabwärts eines geschlossenen Laufrads.

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.

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.

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.

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.

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.

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

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 gegenüberliegender 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.

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.

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.

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 über-

strichene 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.

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.

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.

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

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 beschaufelten Diffusors zum maximalen Laufradaustrittsdurchmesser größer als 0,04 ist.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Quotient aus axialer Kanalbreite des beschaufelten 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 Diffu-

sor beschleunigt, so dass die Wirbelbildung hinter dem Laufrad sich reduziert.

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.

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 Profilsehne deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig. Hierbei ist der Winkel zwischen einer Tangente an der Skelettlinie im Eintrittskantenbereich zu der Profilsehne definiert als der mathematisch positive Winkel von der Tangente an der Skelettlinie im Eintrittskantenbereich zu der Profilsehne.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Leitschaufeln eine Neigung aufweisen, derart, dass die Eintrittskante deckscheibenseitig gegenüber der radscheibenseitigen Eintrittskante entgegen der Rotationsrichtung des Laufrades um mindestens 10% der axialen Kanalbreite des Diffusors versetzt ist. Insbesondere in Kombination mit den bereits zuvor beschriebenen einzelnen oder einigen Weiterbildungen der Erfindung berücksichtigt diese Ausgestaltung die Unterschiede zwischen der Deckscheibenseite und der Radscheibenseite im Strömungsbild nach Austritt aus dem Laufrad zusätzlich.

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

Eine harmonische, druckverlustarme Strömungsführung wird insbesondere dann erzielt, wenn der axiale Verlauf (Verlauf in Höhenrichtung) der Leitschaufeln des Diffusors von der Deckscheibenseite bis zur Radscheibenseite kontinuierlich gekrümmt ausgeführt ist.

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 zusätzlichen geometrischen Details und

Figur 5: einen schematischen Querschnitt durch einen Diffusor einer erfindungsgemäßen Anordnung im Bereich einer einzigen Leitschaufel.

Die Figuren 1 und 2 zeigen in schematischer Darstellung Längsschnitte durch eine erfindungsgemäße Anordnung ARG, wobei Figur 2 ein mit II bezeichnetes Detail der Figur 1 wie-

dergibt. Eine erfindungsgemäße Anordnung ARG wird von einem Prozessfluid PFF entlang einer Hauptströmungsrichtung MFD von einem Eintritt INL zu einem Austritt EXT durchströmt. Die Anordnung ARG umfasst ein um eine Achse X in Rotationsrichtung RTD rotierbares Laufrad IMP. Stromabwärts des Laufrades IMP befindet sich ein mit Leitschaufeln VNE beschaufelter stehender Diffusor DFF. Das Laufrad IMP weist einen Eintritt INI für eine im Wesentlichen axiale Zuströmung auf und einen Austritt EXI für im Wesentlichen radiale Abströmung. Die Eignung für die im Wesentlichen axiale Zuströmung bzw. die im Wesentlichen radiale Abströmung des Laufrades zeichnet sich durch den Verlauf des sich durch das Laufrad IMP erstreckenden Strömungskanals 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 Laufschaufelkanäle 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 Hauptströmungsrichtung MFD, die im Wesentlichen radial verläuft. Der Diffusor DFF weist eine axiale Deckscheibenseite SWS und eine axiale Radscheibenseite HWS auf. Diese Nomenklatur lehnt sich an die Anordnung der Deckscheibe SWI und der Radscheibe HWI des Laufrades IMP an. Die axiale Deckscheibenseite SWS und die axiale Radscheibenseite HWS des Diffusors DFF begrenzen zwischen sich eine axiale Kanalbreite IAC des Diffusors DFF. Der Diffusor DFF weist einen Diffusoreintritt IND für eine im Wesentlichen radiale Zuströmung und einen Diffusoraustritt EXD auf.

In der Figur 1 ist der Diffusor in drei sich entlang der Hauptströmungsrichtung MFD erstreckende Abschnitte unterteilt, in ein erstes Diffusordrittel TS1, ein zweites Diffusordrittel TS2 und ein drittes Diffusordrittel TS3. Zwischen der Radscheibenseite HWS und der Deckscheibenseite SWS erstrecken sich entlang einer Schaufelhöhenrichtung axial und entlang einer Durchströmungsrichtung radial erstreckende

Leitschaufeln VNE. Die Leitschaufeln VNE grenzen einzelne Leitschaufelkanäle HCN in einer Umfangsrichtung CDR voneinander ab.

In den Figuren 3, 4 und 5 ist jeweils ein Querschnitt der erfindungsgemäßen Anordnung ARG oder eines Ausschnitts davon wiedergegeben, so dass auch erkennbar ist, inwiefern die Leitschaufelkanäle HCN zueinander in einer Umfangsrichtung CDR mittels der Leitschaufeln 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 verstehen. Die einzelnen Leitschaufeln VNE lassen sich als ein Stapel von Schaufelprofilen PRL (beispielsweise Schaufelprofil 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 zweidimensionale Geometrien, die die Schaufelaußenkontur in einer bestimmten Schaufelhöhenposition definieren. Die eigentliche dreidimensionale Außenkontur der Schaufel auf der jeweiligen Saugseite SCS und Druckseite PRS ergibt sich als eine Flächeninterpolation zwischen den linienhaften Begrenzungskonturen der Schaufelprofile PRL, die jeweils eine linienhafte Vorgabe in der jeweiligen Schaufelhöhenposition (hier auch Axialposition) angeben.

Figur 3 zeigt im Querschnitt schematisch ausschnittsweise 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 Mit-

telpunkten 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.

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.

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 SWS und die Radscheibenseite HWS sowohl für eine Laufschaufel BLD als auch für eine Leitschaufel VNE.

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.

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.

Wie auch in Figur 2 dargestellt, beträgt der Quotient aus axialer Kanalbreite SAC des beschaufelten Diffusors DFF zum maximalen Laufradaustrittsdurchmesser mehr als 0,04. Ebenfalls der Figur 2 ist entnehmbar, dass der Quotient aus einer axialen Kanalbreite SAC des beschaufelten 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 zu einer Tangente TTV an der Skelettlinie BWL im Austrittskantenbereich TEA deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig. Der Krümmungswinkel VBA ist hierbei auch wieder mathema-

tisch positiv gemessen ausgehend von der Tangente TLV an der Skelettlinie BWL im Eintrittskantenbereich.

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 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 HWS bzw. Deckscheibenseite SWS grundsätzlich schematisch wiedergibt und dementsprechend beide Seiten repräsentiert.

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

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.

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 DTE von der Deckscheibenseite SWS gegenüber der Radscheibenseite HWS geringer ist als an der Eintrittskante DLE. Der axiale Verlauf der Leitschaufeln des Diffusors DFF von der Deckscheibenseite SWS bis zur Radscheibenseite HWS ist kontinuierlich gekrümmt ausgeführt.

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 (SWS) und eine axiale Radscheibenseite (HWS) 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 (HWS) und der Deckscheibenseite (SWS) des Diffusors (DFF) sich entlang einer Schaufelhöhenrichtung axial und entlang einer Durchströmungsrichtung radial erstreckende Leitschaufeln (VNE) angeordnet sind, die Leitschaufelkanäle (HCN) in einer Umfangsrichtung (CDR) voneinander abgrenzen,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Winkel zwischen einer Tangente an einer Skelettlinie (BWL) im Eintrittskantenbereich zu einer Tangente an der Skelettlinie (BWL) im Austrittskantenbereich (TEA) deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig.

2. Anordnung (ARG) nach Anspruch 1,
wobei die Leitschaufeln (VNE) derart ausgebildet sind, 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..

3. Anordnung (ARG) nach Anspruch 2,
wobei der Betrag der Differenz zwischen deckscheibenseitigem 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 deckscheibenseitigem 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 (IAC) 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 zu der Profilsehne (VCH) deckscheibenseitig kleiner ist als radscheibenseitig.

9. Anordnung (ARG) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei 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.

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 (DTE) von der Deckscheibenseite gegenüber der Radscheibenseite geringer ist als an der Eintrittskante (DLE).

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.

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.

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.

FIG 1

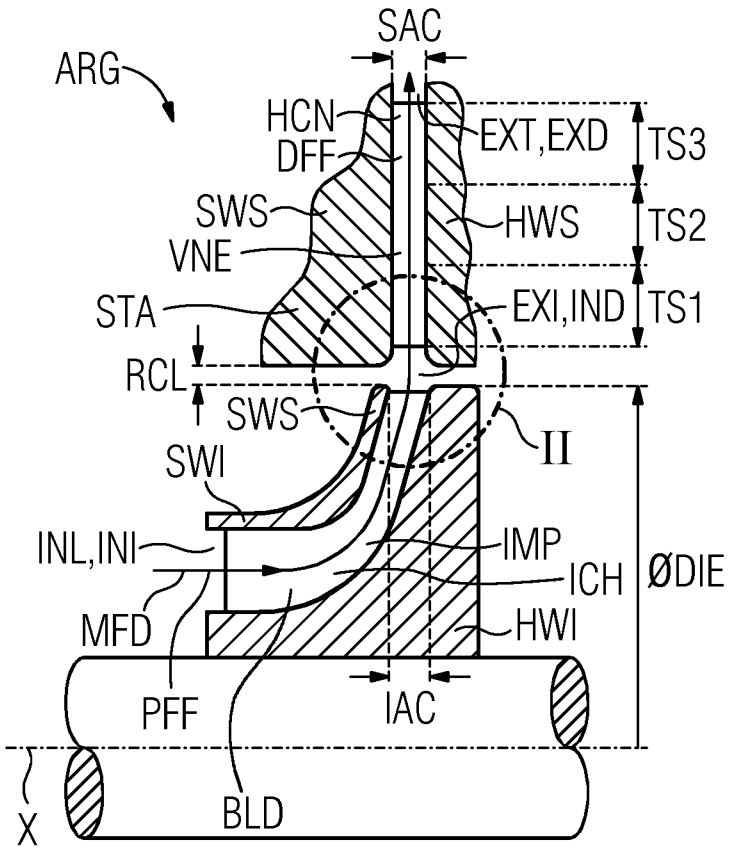

SAC
ARG
HCN
DFF
EXT,EXD
TS3
SWS
HWS
TS2
VNE
STA
EXI,IND
TS1
RCL
SWS
II
SWI
INL,INI
IMP
ICH
ØDIE
MFD
HWI
PFF
IAC
X
BLD

FIG 2

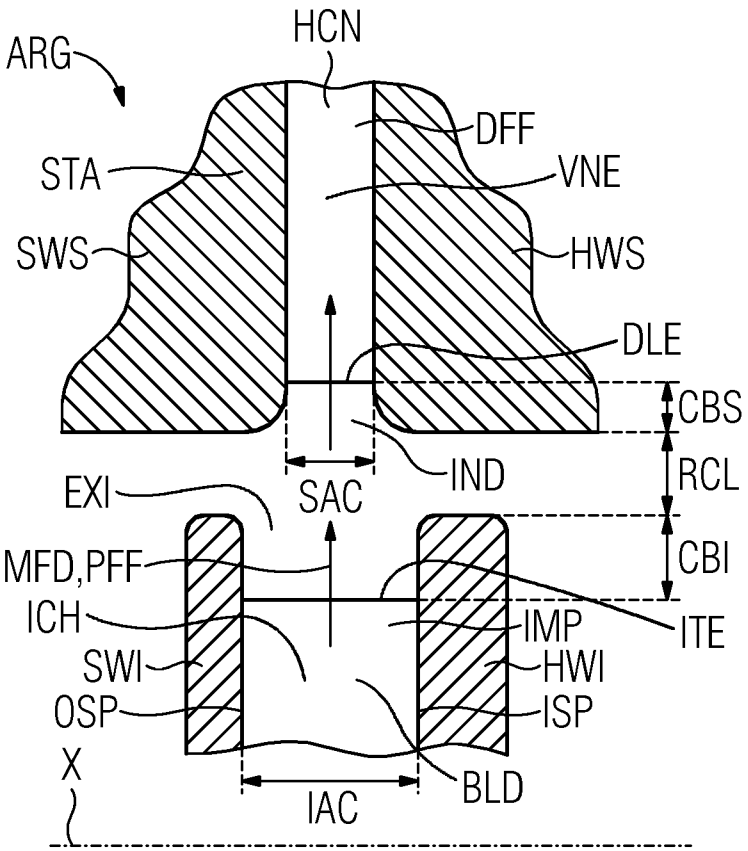

HCN
ARG
DFF
STA
VNE
SWS
HWS
DLE
CBS
IND
RCL
EXI
SAC
CBI
MFD,PFF
ICH
IMP
ITE
SWI
HWI
OSP
ISP
X
BLD
IAC

FIG 3

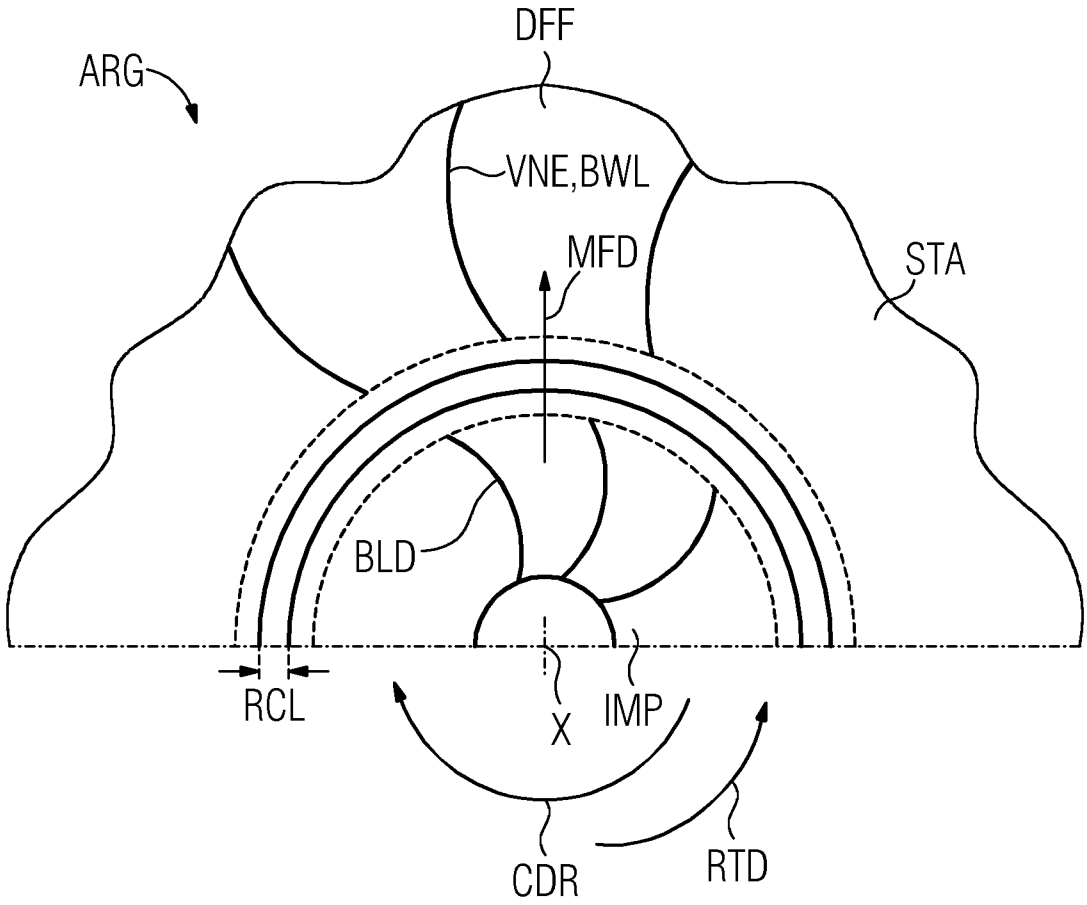


FIG 4

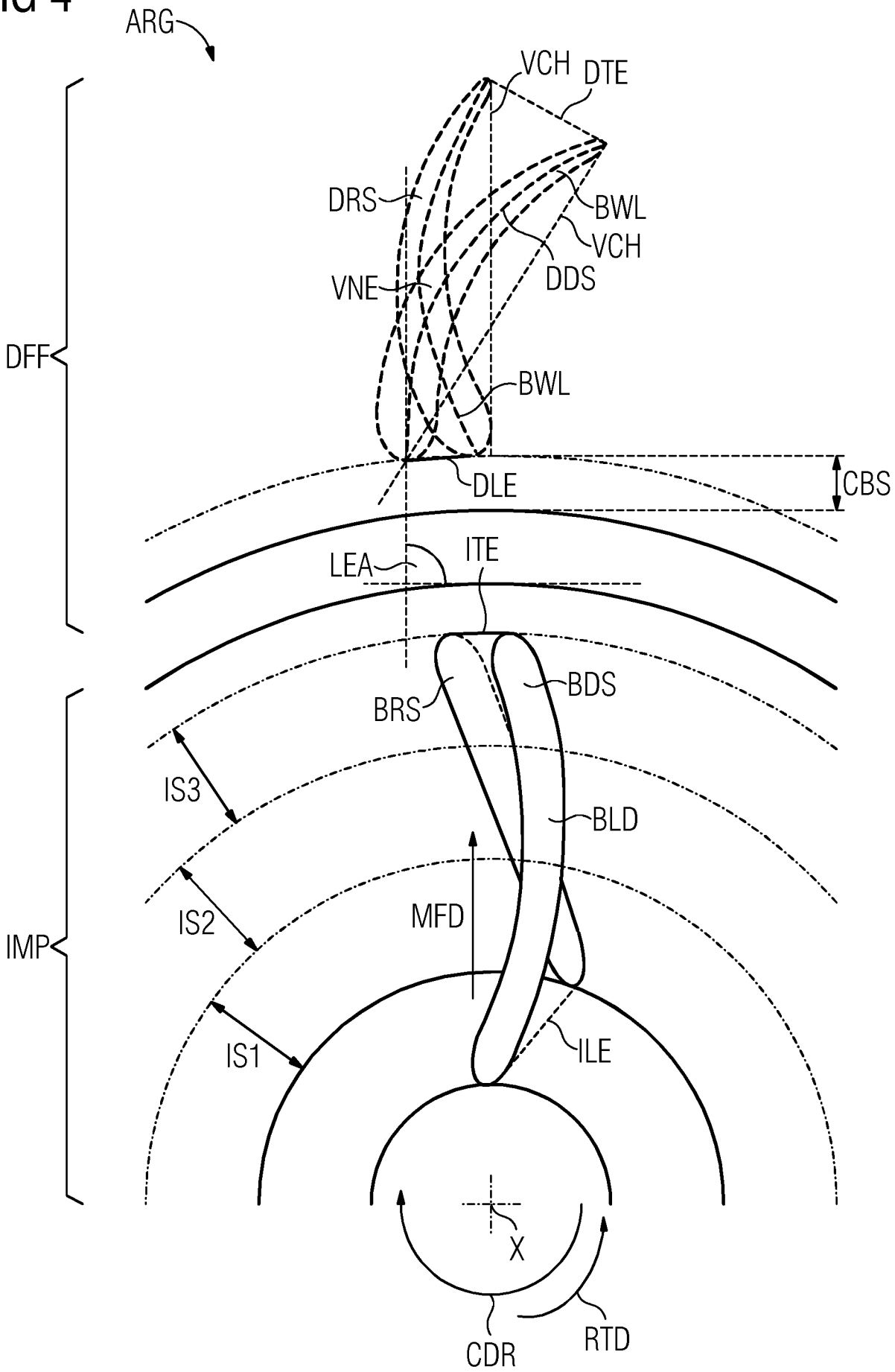
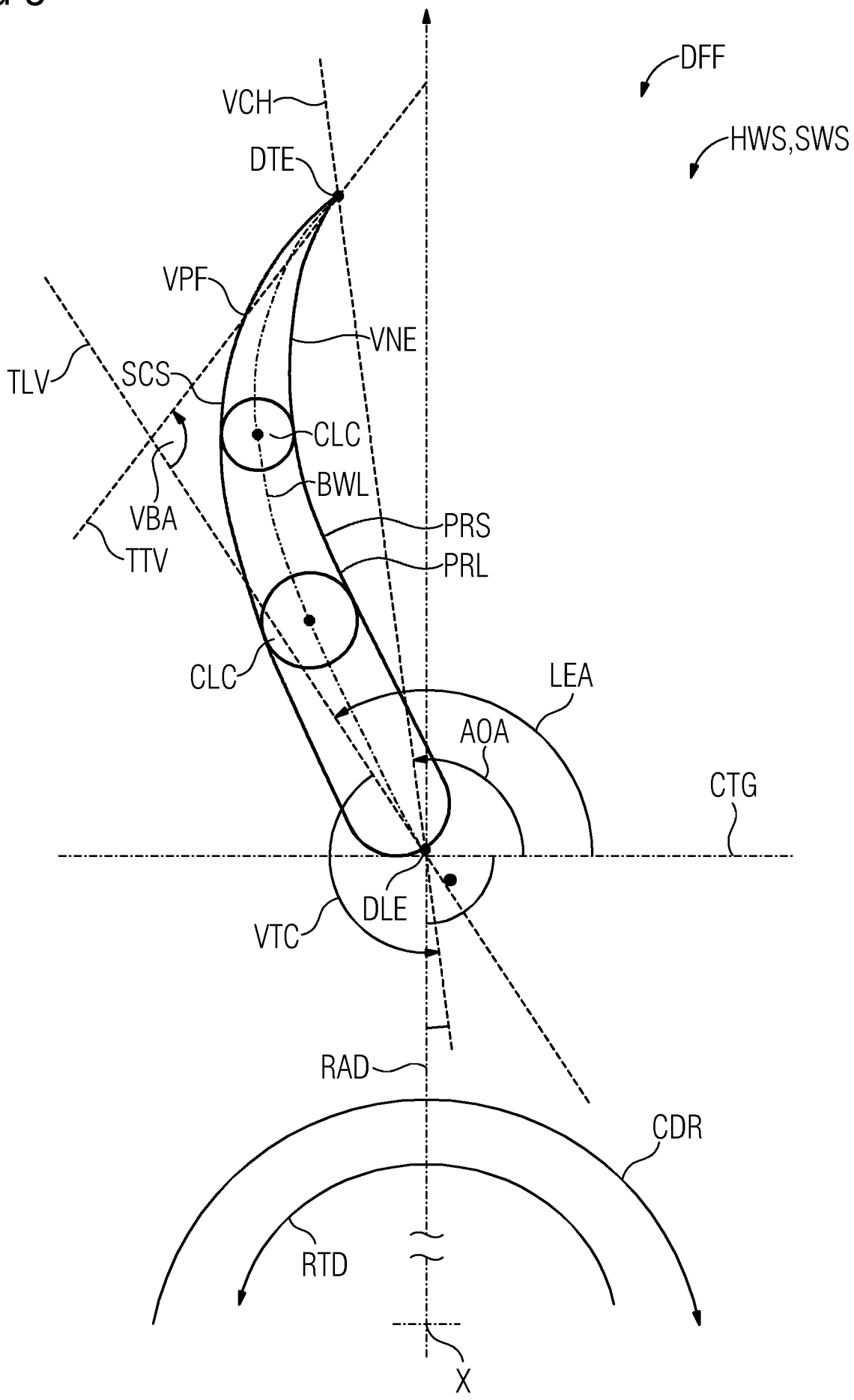

ARG
VCH
DTE
DRS
BWL
VCH
VNE
DDS
BWL
DFF
DLE
CBS
LEA
ITE
BRS
BDS
IS3
BLD
MFD
IS2
IMP
IS1
ILE
X
CDR
RTD

FIG 5


DFF
HWS,SWS
VCH
DTE
VPF
VNE
TLV
SCS
CLC
BWL
VBA
TTV
PRS
PRL
CLC
LEA
AOA
CTG
DLE
VTC
RAD
CDR
RTD
X

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2018/072379

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D 29/44(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2372880 A (BROWNE KENNETH A) 03 April 1945 (1945-04-03) cited in the application page 1, column 1, line 38 - page 2, column 1, line 26 figures	1-13 1-13
X	EP 2778431 A2 (HONEYWELL INT INC [US]) 17 September 2014 (2014-09-17) cited in the application abstract paragraph [0008] - paragraph [0017] figures	1-13
X	WO 2011011335 A1 (CAMERON INT CORP [US]; BROWN PAUL C [US]; GRIGORIEV MIKHAIL [US]; SWIA) 27 January 2011 (2011-01-27) cited in the application abstract paragraph [0005] - paragraph [0037] figures	1-13

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 November 2018	**20 November 2018**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Kolby, Lars** Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0648939 A2 (HITACHI LTD [JP]) 19 April 1995 (1995-04-19) cited in the application abstract column 4, line 41 - column 17, line 6 figures	1-13
A	EP 2650546 A1 (HITACHI LTD [JP]) 16 October 2013 (2013-10-16) cited in the application abstract paragraph [0020] - paragraph [0051] figures	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2018/072379

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2372880 A	03 April 1945	NONE	
EP 2778431 A2	17 September 2014	EP 2778431 A2	17 September 2014
		US 2014271170 A1	18 September 2014
WO 2011011335 A1	27 January 2011	CN 102575688 A	11 July 2012
		EP 2456984 A1	30 May 2012
		EP 2623794 A1	07 August 2013
		EP 2623795 A1	07 August 2013
		RU 2012104525 A	27 August 2013
		US 2012121402 A1	17 May 2012
		WO 2011011335 A1	27 January 2011
EP 0648939 A2	19 April 1995	CN 1111727 A	15 November 1995
		CN 1271817 A	01 November 2000
		DE 69432334 D1	30 April 2003
		DE 69432334 T2	12 February 2004
		DE 69432363 D1	30 April 2003
		DE 69432363 T2	12 February 2004
		DE 69433046 D1	18 September 2003
		DE 69433046 T2	17 June 2004
		DE 69434033 D1	28 October 2004
		DE 69434033 T2	22 September 2005
		EP 0648939 A2	19 April 1995
		EP 0795688 A2	17 September 1997
		EP 0984167 A2	08 March 2000
		EP 1199478 A1	24 April 2002
		JP 3482668 B2	22 December 2003
		JP H07167099 A	04 July 1995
		US 5595473 A	21 January 1997
		US 5857834 A	12 January 1999
		US 5971705 A	26 October 1999
		US 6139266 A	31 October 2000
		US 6290460 B1	18 September 2001
		US 6312222 B1	06 November 2001
		US 2001033792 A1	25 October 2001
		US 2001036404 A1	01 November 2001
EP 2650546 A1	16 October 2013	CN 103314218 A	18 September 2013
		EP 2650546 A1	16 October 2013
		JP 5608062 B2	15 October 2014
		JP 2012122443 A	28 June 2012
		US 2013309082 A1	21 November 2013
		WO 2012077580 A1	14 June 2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/072379

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F04D29/44
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F04D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	US 2 372 880 A (BROWNE KENNETH A) 3. April 1945 (1945-04-03) in der Anmeldung erwähnt Seite 1, Spalte 1, Zeile 38 - Seite 2, Spalte 1, Zeile 26 Abbildungen	1-13 1-13

X	EP 2 778 431 A2 (HONEYWELL INT INC [US]) 17. September 2014 (2014-09-17) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Absatz [0008] - Absatz [0017] Abbildungen	1-13

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
13. November 2018	20/11/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Kolby, Lars

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2011/011335 A1 (CAMERON INT CORP [US]; BROWN PAUL C [US]; GRIGORIEV MIKHAIL [US]; SWIA) 27. Januar 2011 (2011-01-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Absatz [0005] - Absatz [0037] Abbildungen	1-13
Y	EP 0 648 939 A2 (HITACHI LTD [JP]) 19. April 1995 (1995-04-19) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Spalte 4, Zeile 41 - Spalte 17, Zeile 6 Abbildungen	1-13
A	EP 2 650 546 A1 (HITACHI LTD [JP]) 16. Oktober 2013 (2013-10-16) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Absatz [0020] - Absatz [0051] Abbildungen	1-13

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/072379

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
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 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
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