

(19)



(11)

**EP 3 798 453 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**31.03.2021 Patentblatt 2021/13**

(51) Int Cl.:  
**F04D 29/44** <sup>(2006.01)</sup> **F04D 17/12** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04D 29/28** <sup>(2006.01)</sup> **F04D 29/02** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04D 29/22** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **19199850.9**

(22) Anmeldetag: **26.09.2019**

(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**

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

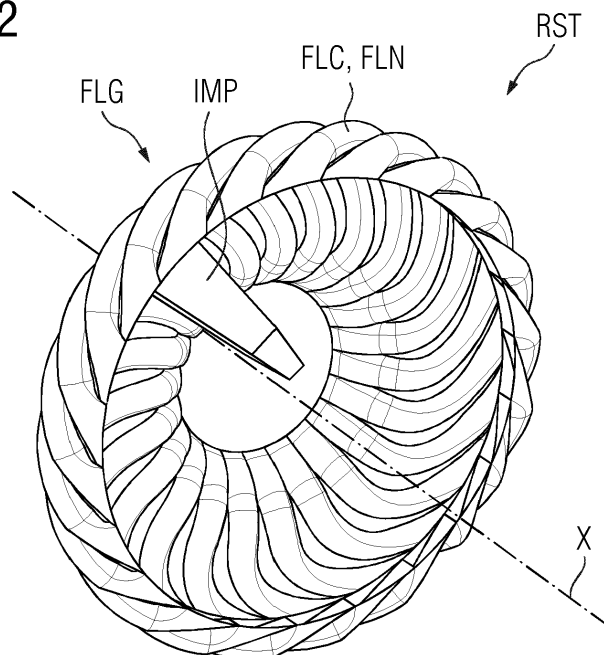
(72) Erfinder: **Reimann, Martin**  
**45130 Essen (DE)**

(54) **STRÖMUNGSFÜHRUNG EINER RADIALTURBOMASCHINE, RÜCKFÜHRSTUFE, RADIALTURBOMASCHINE, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Strömungsführung (FLG) einer Radialturbomaschine (RTM), wobei die Strömungsführung (FLG) mehrere Strömungskanäle (FLC) nebeneinander aufweist, die parallel von einem zu führenden Strömungsfluid (FLD) in einem Betrieb durchströmt werden, wobei die Strömungskanäle (FLC) jeweils entlang einer räumlichen Durchströmungslinie (FLN) für jeden Linienpunkt (LPO) einen bestimmten Kanalquerschnitt (CCS) aufweisen, der von einer Kanalquerschnittskontur (CCC) begrenzt wird. Zur Verbesserung der aerodynamischen Effizienz schlägt die Erfindung vor, dass der jeweilige Strömungskanal (FLC) zumindest abschnittsweise derart ausgebildet ist, dass eine

gedachte, von einem Mittelpunkt (CPO) des Kanalquerschnitts (CCS) ausgehende tortenstückartige Segmentierung Stücke mit einem Umfangswinkel ( $\alpha$ ) zwischen zwei benachbarten segmentierenden Radialstrahlen (RR1, RR2) ausbilden, wobei Tangenten (T1, T2) an der Kanalquerschnittskontur (CCC) in den Schnittpunkten (SC1, SC2) der Radialstrahlen (RR1, RR2) mit der Kanalquerschnittskontur (CCC) einen Innenwinkel ( $\beta$ ) ausbilden, wobei gilt:

$$1/10 * |180^\circ - \beta| < \alpha.$$

**FIG 2****EP 3 798 453 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Strömungsführung einer Radialturbomaschine, wobei die Strömungsführung mehrere Strömungskanäle nebeneinander aufweist, die parallel von einem zu führenden Strömungsfluid in einem Betrieb durchströmt werden, wobei die Strömungskanäle jeweils entlang einer räumlichen Durchströmungslinie für jeden Linienpunkt einen bestimmten Kanalquerschnitt aufweisen, der von einer Kanalquerschnittskontur begrenzt wird.

**[0002]** Angaben, wie radial, axial, tangential oder Umfangsrichtung beziehen sich stets auf eine zentrale Achse, um welche sich die Strömungsführung im Wesentlichen mit einem Symmetriebezug erstreckt. In der Regel handelt es sich bei dieser zentralen Achse um die Drehachse eines Rotors einer Turbomaschine bzw. Radialturbomaschine.

**[0003]** Insbesondere in Radialturbomaschinen besteht das Erfordernis, eine Strömungsführung vorzusehen, die das jeweilige Strömungsfluid im Betrieb der Maschine entweder aus dem Austritt eines Laufrades übernimmt und einem nachfolgenden Strömungsaggregat zuführt oder das Strömungsfluid einem stromabwärtigen Laufrad zuführt. Ein häufiger Fall einer solchen Strömungsführung in der Ausführung als statisches Bauteil einer Turbomaschine ist gegeben durch eine sogenannte Rückführstufe, bei der das Strömungsfluid aus einem Laufrad austritt und dem stromabwärts gelegenen Laufrad zugeführt wird. Handelt es sich um einen Radialverdichter, der auch häufig als Kreiselverdichter oder Zentrifugalverdichter beschrieben wird, tritt das Strömungsfluid im Wesentlichen radial aus dem stromaufwärts gelegenen Laufrad aus und wird nach einer in der Regel verhältnismäßig radial verlaufenden Strömungsstrecke um etwa 180° aus einer radial nach außen gerichteten Strömungsrichtung in eine radial nach innen gerichtete Strömungsrichtung umgelenkt. Im Anschluss an diesen 180°-Bogen strömt das Strömungsfluid nach radial innen auf die Rotationsachse der Turbomaschine zu und wird anschließend in Axialrichtung umgelenkt, um in den im Wesentlichen axialen Eintritt des nachfolgenden Laufrads zu gelangen. Herkömmliche Strömungsführungen dieser Art - also Rückführstufen - beschreiben in dem Stator einer derartigen Radialturbomaschine eine im Wesentlichen im Querschnitt durchgehende Kreisringfläche oder eine zumindest abschnittsweise in Umfangsrichtung segmentierte bzw. durch Leitschaufeln unterbrochene Kreisringfläche. Sowohl die unbeschauelte Strömungsführung bzw. Rückführstufe als auch die beschauelte Strömungsführung sind herkömmlich gestaltet als ein Kompromiss aus Platzangebot und Fertigungsmöglichkeiten sowie aerodynamischer Effizienz. Sowohl der axiale Bauraum als auch der radiale Bauraum sind begrenzt einerseits durch rotodynamische Anforderungen - insbesondere das Bestreben, dass die Länge des Rotors zwischen den Radiallagern nicht ungünstig lang sein sollte - und andererseits durch den Wunsch, dass die

Kosten für das Gehäuse der Radialturbomaschine in Folge eines zu großen radialen Bauraumbedarfs nicht unnötig ansteigen sollen.

**[0004]** Aus dem Stand der Technik sind Rückführstufen bereits aus den Patentanmeldungen WO2018166716-A1, WO2017194272-A1, WO2016079222-A1 bekannt.

**[0005]** Rotierende Strömungsführungen, beispielsweise Laufräder von Radialturbomaschinen, beschreiben an dem Rotor einer Radialturbomaschine im Querschnitt im Wesentlichen eine Kreisringfläche, die gleichfalls abschnittsweise in Umfangsrichtung segmentiert ist von den Laufschaufeln, die sich im Laufrad erstrecken. Dadurch ergibt sich ein fast rechteckiger Querschnitt der Strömungskanäle in dem Laufrad definiert durch die angrenzenden Laufschaufeln, eine Deckplatte und die Nabekontur des Laufrades. Diese mögliche Modularität lässt sich in der Figur 1 im axialen Längsschnitt durch eine Radialturbomaschine ablesen, wobei die Figur 1 weder die Modularität vorgibt, noch eine Querschnittsform für die Strömungskanäle.

**[0006]** Die Erfindung hat es sich zur Aufgabe gemacht, die aerodynamische Effizienz einer Strömungsführung zu verbessern ohne zusätzlichen radialen oder axialen Bauraumbedarf. Weiterhin hat es sich die Erfindung zum Ziel gemacht, ein Fertigungsverfahren für eine derartige Strömungsführung anzugeben. Daneben gibt die Erfindung die Bauweise einer Radialturbomaschine mit einer derartigen Strömungsführung insbesondere als Rückführstufe an.

**[0007]** Die erfindungsgemäßen Erkenntnisse sind unter den stehenden Bauteilen nicht nur für Rückführstufen von Radialturbomaschinen anwendbar, sondern auch für beispielsweise Zuströmungen zu Laufrädern oder Abströmungen aus Laufrädern ohne, dass stromaufwärts bzw. stromabwärts ein weiteres Laufrad angeordnet ist. Eine weitere Anwendung der erfindungsgemäßen Strömungsführung ergibt sich insbesondere für Diffusoren, insbesondere für Radialturbomaschinen. Die Erfindung ist auch für rotierende Strömungsführungen anwendbar.

**[0008]** Als Lösung für die Aufgabenstellung wird erfindungsgemäß eine Strömungsführung eingangs definierter Art vorgeschlagen mit den zusätzlichen Merkmalen des Kennzeichens des Anspruchs 1. Die jeweils rückbezogenen Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung. Es werden außerdem ein Rotor bzw. ein Laufrad, ein Stator bzw. eine Rückführstufe jeweils mit einer derartigen Strömungsführung und eine Radialturbomaschine mit mindestens einer derartigen Rückführstufe bzw. Strömungsführung vorgeschlagen. Daneben wird ein Verfahren zur Fertigung einer derartigen Strömungsführung vorgeschlagen.

**[0009]** Ein zu führendes Strömungsfluid ist in der Regel das Strömungsfluid, das von der entsprechenden Turbomaschine bzw. Radialturbomaschine befördert wird oder das dem Betrieb der Turbomaschine im Wesentlichen als Antrieb oder Abtrieb dient. Das zu führende Strö-

mungsfluid ist hierbei das Medium, das hauptsächlich entweder signifikant technische Arbeit abgibt oder aufnimmt.

**[0010]** Unter dem Begriff "in einem Betrieb" versteht die Erfindung den Zustand des Betriebs der entsprechenden Maschine bzw. Turbomaschine, währenddessen sich beispielsweise der Rotor der Maschine dreht und eine Übertragung von technischer Arbeit auf das Strömungsfluid oder von dem Strömungsfluid fort erfolgt.

**[0011]** Unter einer parallelen Durchströmung versteht die Erfindung nicht zwingend die geometrisch parallele Durchströmung der verschiedenen Strömungskanäle durch ein Strömungsfluid, sondern bevorzugt die Aufteilung des Strömungsfluides in mehrere Teilströme, die die jeweiligen Strömungskanäle der erfindungsgemäßen Strömungsführung nebeneinander durchströmen, wobei sie in der Regel vor der Teilung einen gemeinsamen Hauptstrom bildeten und bevorzugt nach der erfindungsgemäßen Strömungsführung stromabwärts wieder zu einem gemeinsamen Hauptstrom vereinigt werden.

**[0012]** Unter einer räumlichen Durchströmungslinie versteht die Erfindung im Wesentlichen einen dreidimensionalen linienartigen Verlauf, der kennzeichnend ist für die räumliche Form eines Strömungskanals der Strömungsführung. Die Durchströmungslinie beschreibt im Wesentlichen den Weg der gemittelten Bewegung des Strömungsfluids durch einen Strömungskanal der Strömungsführung. Insofern kann die räumliche Durchströmungslinie auch als eine Linie der Hauptströmungsrichtung des Strömungsfluids bezeichnet werden.

**[0013]** Entlang der gedachten räumlichen Durchströmungslinie ist der jeweilige Strömungskanal definiert durch Kanalquerschnitte an jedem einzelnen Punkt der Durchströmungslinie. Die Kanalquerschnitte werden durch eine Kanalquerschnittskontur nach außen hin begrenzt, die gleichzeitig die gegenständliche Grenze des Strömungskanals darstellt. Die Strömungskanäle sind im Wesentlichen schlauchartige Höhlen in dem umgebenden Material, das die Strömungsführung darstellt.

**[0014]** Unter einer tortenstückartigen Segmentierung versteht die Erfindung eine gedachte Zerteilung eines Kanalquerschnitts in hinsichtlich des Umfangswinkels beliebige (bevorzugt aber nicht zwingend gleiche) Stücke, wobei die die einzelnen Stücke voneinander definierenden Radialstrahlen bevorzugt ausgehend von dem Durchstoßpunkt der Durchströmungslinie durch den jeweiligen Kanalquerschnitt verlaufen. Diese von der Definition des unabhängigen Anspruchs gewählte Segmentierung ist Teil eines Kriteriums, um den Unterschied der Strömungskanalquerschnitte zwischen einer herkömmlichen im Wesentlichen nahezu rechteckigen Form und erfindungsgemäßen Strömungskanalquerschnitten in eine weniger rechteckige Form zu beschreiben.

**[0015]** Unter dem Innenwinkel der beiden Tangenten an der Kanalquerschnittskontur versteht die Erfindung den Winkel, der durch seine Öffnung der Öffnung des Umfangswinkels des Kanalquerschnittssegments der gedachten Segmentierung zugewendet ist.

**[0016]** Das von der Erfindung eingeführte Kriterium, dass der jeweilige Strömungskanal zumindest abschnittsweise derart ausgebildet ist, dass eine gedachte, von einem Mittelpunkt des Kanalquerschnitts ausgehende tortenstückartige Umfangssegmentierung Umfangssegment mit einem Umfangswinkel  $\alpha$  zwischen zwei benachbarten segmentierenden Radialstrahlen ausbilden, wobei Tangenten an der Kanalquerschnittskontur in den Schnittpunkten der Radialstrahlen mit der Kanalquerschnittskontur einen Innenwinkel  $\beta$  ausbilden, wobei für jede denkbare Umfangssegmentierung für jedes Umfangssegment gilt:  $1/10 \cdot |180^\circ - \beta| < \alpha$ , ist ein Maß für die "Nicht-Eckigkeit" der Kanalquerschnittsform.

**[0017]** Zur weiteren Verdeutlichung der Winkelbezeichnung sei festgestellt, dass die Winkelweite des Innenwinkels der beiden Tangenten an der Kanalquerschnittskontur der Winkelweite des Umfangswinkels zugewendet ist. Die beiden Radialstrahlen und die Tangenten bilden dementsprechend ein Viereck, wobei sowohl der Umfangswinkel  $\alpha$  als auch der Innenwinkel  $\beta$  Innenwinkel des Vierecks sind.

**[0018]** Während herkömmliche Strömungskanäle auch bedingt durch klassische Entwurfs- und Fertigungsverfahren verhältnismäßig eckig ausgebildet sind, weist die Strömungsführung nach der Erfindung aufgrund des Kriteriums  $1/10 \cdot |180^\circ - \beta| < \alpha$  in bestimmten charakteristischen Abschnitten der Durchströmungslinie keine im Sinne der Erfindung strömungstechnisch ungünstige, stark eckige Umfangskonturen auf. Gemäß einer Weiterbildung ist es besonders bevorzugt, dass gilt:  $1/5 \cdot |180^\circ - \beta| < \alpha$  und weiterhin bevorzugt  $1/3 \cdot |180^\circ - \beta| < \alpha$ . Das erfindungsgemäße Kriterium  $1/10 \cdot |180^\circ - \beta| < \alpha$  bezieht sich auf eine idealisierte Form der Strömungsführung und berücksichtigt beispielsweise keine tatsächlichen Oberflächenbeschaffenheiten. Bevorzugt ist das Kriterium als auf den Entwurf oder ein virtuelles Modell des tatsächlichen Strömungsführung zu verstehen.

**[0019]** Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Strömungsführung derart ausgebildet ist, dass der Kanalquerschnitt eines Strömungskanals eine entlang der Durchströmungslinie zumindest abschnittsweise variierende Querschnittsform aufweist. Diese Gestaltung ermöglicht eine aerodynamisch optimale Anpassung an die Betriebsbedingungen, derart, dass eine bestmögliche strömungstechnische Effizienz erzielt wird. Die Variation der Querschnittsform kann sich sowohl auf die Größe des Querschnitts beziehen als auch auf den Formtyp. Entlang der Querschnittsbegrenzungskontur kann diese als Kreisradius, elliptisch, eckig oder in der Art einer Freiformlinie ausgebildet sein. In den erfindungsgemäßen Bereichen, in denen für alle denkbaren Umfangssegmente der Innenwinkel  $\beta$  derart ausgebildet ist, dass im Verhältnis zu dem Umfangswinkel  $\alpha$  gilt:  $1/10 \cdot |180^\circ - \beta| < \alpha$ , ist ein eckiger Verlauf der Querschnittskontur nicht gegeben. Bei einer runden Querschnittskontur würde für alle denkbaren Umfangssegmente gelten  $|180^\circ - \beta| = \alpha$ ; zunehmende Abweichungen von der Rundheit ist vorliegend als zunehmende

"Eckigkeit" bezeichnet. Eine Gestaltungsmöglichkeit des entlang der Durchströmungslinie variierenden Strömungskanals ist gegeben durch eine zumindest abschnittsweise Variation des Querschnittsumfangs. Gleichfalls kann die Querschnittsfläche abschnittsweise entlang der Durchströmungslinie variieren. Eine zweckmäßige Ausbildung der Erfindung ist gegeben durch eine Strömungsführung, die als Stator ausgebildet ist. Hierzu zählen beispielsweise Rückführstufen von Radialturbomaschinen, Zuströmbereiche zu Laufrädern oder Abströmbereiche bzw. Diffusoren stromabwärts von Laufrädern.

**[0020]** Eine andere Möglichkeit der Umsetzung der Erfindung ergibt sich durch eine Strömungsführung, die als Rotor, insbesondere als Laufrad einer Radialturbomaschine ausgebildet ist.

**[0021]** Sowohl in der Ausbildung als Stator als auch bei der Ausführung als Rotor ist es zweckmäßig, wenn bestimmte Abschnitte entlang der Durchströmungslinie rechteckiger ausgebildet sind als andere. Hierzu zählen besonders die Abschnitte eingangs und/oder ausgangs der Strömungsführung. Beispielsweise bei Ausbildung der Strömungsführung als Stator, insbesondere als Rückführstufe, ist es zweckmäßig, wenn eingangs der Strömungsführung ein im Wesentlichen rechteckiger Querschnitt gegeben ist, damit das aus dem Laufrad austretende Strömungsfluid möglichst widerstandsfrei - also bei geringstmöglicher Verblockung der Zuströmung in den nachfolgenden Stator - in die stehende Strömungsführung gemäß der Erfindung eintreten kann. Ähnliches gilt für den Austritt aus einer Rückführstufe bzw. einer erfindungsgemäßen Strömungsführung, weil beispielsweise bei dem Austritt aus der Rückführstufe bzw. dem Eintritt in das stromabwärts befindliche Laufrad sogenannte Totwasserbereiche durch abrupten Abbruch von Verblockungen zwischen einzelnen Strömungskanälen vermieden werden können.

**[0022]** Besonders zweckmäßig ist die erfindungsgemäße Strömungsführung Bestandteil einer Radialturbomaschine. Hierbei ist es sinnvoll, wenn die Strömungsführung entweder Bestandteil der Radialturbomaschine stromaufwärts und/oder stromabwärts eines Laufrades ist.

**[0023]** Besonders zweckmäßig lässt sich die erfindungsgemäße Strömungsführung fertigen mittels sogenannter additiver Fertigungsverfahren. Hierbei wird in einem ersten Schritt zunächst ein virtuelles Modell der Strömungsführung erzeugt. Auf Basis dieses virtuellen Modells findet die Herstellung der Strömungsführung mittels des additiven Fertigungsverfahrens statt. Alternativ kann die erfindungsgemäße Strömungsführung auch mittels eines Gussverfahrens hergestellt werden. Das Modell für das Gussverfahren kann besonders bevorzugt mittels eines additiven Fertigungsverfahrens erzeugt werden. Hierzu würden die Schritte des bereits vorab erläuterten Fertigungsverfahrens zur Herstellung der Strömungsführung mutatis mutandis auf die Fertigung des Modells für den Guss der Strömungsführung ange-

wendet werden.

**[0024]** Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- 5     Figur 1     einen schematisch dargestellten Querschnitt in axialer Längsrichtung durch einen Verdichter bzw. Radialverdichter mit einer Strömungsführung nach der Erfindung,
- 10    Figur 2     eine schematische dreidimensionale Darstellung einer Rückführstufe mit Strömungsführungen nach der Erfindung aus einer ersten Betrachtungsperspektive,
- 15    Figur 3     wie Figur 2 aus einer zweiten Betrachtungsperspektive,
- Figur 4     eine schematische dreidimensionale Darstellung eines Laufrades einer Radialturbomaschine mit Strömungsführungen nach der Erfindung,
- 20    Figur 5     eine schematische Darstellung einer Querschnittsform einer erfindungsgemäßen Strömungsführung,
- Figur 6     wie Figur 5 darstellend eine andere Querschnittsform.

25     **[0025]** Figur 1 zeigt einen axialen Längsschnitt durch eine Radialturbomaschine RTM mit einer erfindungsgemäßen Strömungsführung FLG. Die Achse X des Längsschnitts ist gleichzeitig die Drehachse von Laufrädern IMP, die an einer Welle SHS der Radialturbomaschine RTM befestigt sind. Die Laufräder IMP umfassen eine Nabe HUB, Schaufeln BLD und eine Deckscheibe SHR. Grundsätzlich umfasst die Radialturbomaschine RTM einen Rotor RTR mit der Welle SHS und den Laufrädern IMP und einen Stator STT umfassend die anderen Bauelemente. In einem Betrieb der Radialturbomaschine RTM durchströmt ein Strömungsfluid FLD zunächst eine Zuströmung INL des Stators STT, dann ein Laufrad IMP bzw. Strömungskanäle FLC des Laufrads IMP, stromabwärts des Laufrads eine Rückführstufe RST des Stators STT und weiter stromabwärts ein weiteres Laufrad IMP sowie anschließend eine Abströmung EXT umfassend einen Diffusor DFS und eine anschließende Spirale VLT, die als Sammler für einen Austritt aus dem Stator STT in nicht dargestellter Weise dient. Gegenüber der Welle SHS des Rotors RTR ist der Stator STT an verschiedenen Stellen in den Bereichen eines Bewegungsspalts mittels einer Wellendichtung SSL abgedichtet. Die Rückführstufe RST umfasst einen radial nach außen gerichteten Diffusorabschnitt RDF, eine 180-Umlenkung UTN und einen nach radial innen gerichteten Rückführabschnitt BCH sowie eine Umlenkung TRN in die Axialrichtung zum Eintritt in das stromabwärts befindliche Laufrad IMP. Während die gesamte Darstellung der Figur 1 schematisch ist, sind die Laufräder IMP und die Rückführstufe RST besonders vereinfacht dargestellt. Die Laufräder IMP sind hier klassisch als modular aufgebaut idealisiert wiedergegeben. Es gibt eine Nabe HUB, die auch häufig

als Radscheibe bezeichnet wird, Schaufeln BLD und eine Deckscheibe SHR, die von den Schaufeln BLD an der Nabe HUB gehalten wird. Diese Modularität ist nach der Erfindung zumindest nicht hinsichtlich einer Unterschiedlichkeit der Bauteile des Laufrades IMP gegeben. Besonders bevorzugt ist das Laufrad IMP - wie auch in Figur 4 dargestellt - nach der Erfindung einstückig ausgebildet, beispielsweise als Gussbauteil oder als Bauteil, das mittels eines additiven Fertigungsverfahrens erzeugt worden ist. Der durch die Bauteile Nabe HUB, Schaufel BLD und Deckscheibe SHR jeweils definierte Strömungskanal FLC erstreckt sich durch das Laufrad IMP eher wie eine schlauchartige Höhle mit zumindest abschnittsweise variierender Querschnittsform, variierendem Querschnittsumfang und variierendem Querschnittsflächeninhalt. In gleicher Weise ist die Rückführstufe RST in dem Stator STT gestaltet. Entlang der einzelnen Strömungsabschnitte RDF, UTN, BCH, TRN erstreckt sich der Strömungskanal FLC der Rückführstufe RST mit zumindest abschnittsweise variierender Querschnittsform, Querschnittsumfang, Querschnittsflächeninhalt wie eine Höhle schlauchartig durch den Stator STT.

[0026] Die Möglichkeiten der Formgebung der Strömungsführung FLG zeigen sich dreidimensional in den Figuren 2, 3 für eine Rückführstufe RST und in der Figur 4 für ein Laufrad IMP.

[0027] Figur 2 zeigt eine im Wesentlichen axiale Perspektive eines Radialturboverdichters mit dem Strömungskanal eines Laufrads IMP und mehreren Strömungskanälen FLC einer Rückführstufe RST.

[0028] Die Figur 3 zeigt die Rückführstufe RST aus der Figur 2 aus der im Wesentlichen entgegengesetzten Axialperspektive mit einem stromabwärts befindlichen Laufrad IMP.

[0029] Im Mittelpunkt der Darstellungen in den Figuren 2, 3 steht die Formgebung der Strömungskanäle FLC der Strömungsführung FLG der Rückführstufe RST. Die einzelnen Abschnitte RDF, UTN, BCH, TRN weisen jeweils eine individuelle Form hinsichtlich der Querschnittsform, des Querschnittsumfangs und der Querschnittsfläche auf. Eingangs der Rückführstufe RST ist die Querschnittsform rechteckiger als im Mittelteil der Rückführstufe RST, wobei ausgangs der Rückführstufe RST die Querschnittsform wieder rechteckiger wird. Die rechteckigere Kontur der Querschnittsform eingangs und ausgangs der Durchströmung der Rückführstufe RST vermeidet eine Verblockung bzw. Totwassergebiete beim Eintritt bzw. beim Austritt aus der Rückführstufe RST.

[0030] Die Figur 4 zeigt die gleichen Aspekte umgesetzt an einem Laufrad IMP.

[0031] Das erfindungsgemäße Kriterium, dass der jeweilige Strömungskanal FLC zumindest abschnittsweise derart ausgebildet ist, dass eine gedachte, von einem Mittelpunkt des Kanalquerschnitts CCS ausgehende tortenstückartige Segmentierung Stücke mit einem Umfangswinkel  $\alpha$  zwischen zwei benachbarten segmentierenden Radialstrahlen RR1, RR2 ausbilden, wobei Tan-

genten T1, T2 an der Kanalquerschnittskontur CCC in den Schnittpunkten SC1, SC2 der Radialstrahlen RR1, RR2 mit der Kanalquerschnittskontur CCC einen Innenwinkel  $\beta$  ausbilden, wobei gilt:  $1/10 \cdot |180^\circ - \beta| < \alpha$ , ist in den Figuren 5, 6 dargestellt.

[0032] Figur 5 zeigt eine etwas rechteckigere Querschnittsform des Kanalquerschnitts CCS mit einer Querschnittskontur CCC. Die tortenstückartigen Segmente können im Sinne der Erfindung beliebig klein und beliebig in Umfangsrichtung verschoben angeordnet sind. Entscheidend für die erfindungsgemäße Kanalquerschnittskontur CCC ist eine zumindest abschnittsweise nicht eckige Ausbildung des Kanalquerschnitts CCS. Nach einer eckigen Ausbildung des Kanalquerschnitts CCS würde im Bereich einer Ecke der Kanalquerschnittskontur CCC ein beliebig kleiner Winkel  $\alpha$  einen Winkel  $|180^\circ - \beta|$  von  $90^\circ$  ergeben, so dass das erfindungsgemäße Kriterium des Verhältnisses von Innenwinkel  $\beta$  zu Umfangswinkel  $\alpha$  nicht erfüllt ist.

[0033] Bevorzugt ist eine konvexe Ausbildung der Kanalquerschnittskontur CCC. Eine andere Möglichkeit liegt in einer Ausbildung der Kanalquerschnittskontur CCC mit konvexen Umfangsstücken KXC und konkaven Umfangsstücken KVC, wie in Figur 6 darstellt. Auf diese Weise kann die Strömungsführung auch an besondere aerodynamische Erfordernisse angepasst werden.

## Patentansprüche

1. Strömungsführung (FLG) einer Radialturbomaschine (RTM), wobei die Strömungsführung (FLG) mehrere Strömungskanäle (FLC) nebeneinander aufweist, die parallel von einem zu führenden Strömungsfluid (FLD) in einem Betrieb durchströmt werden, wobei die Strömungskanäle (FLC) jeweils entlang einer räumlichen Durchströmungslinie (FLN) für jeden Linienpunkt (LPO) einen bestimmten Kanalquerschnitt (CCS) aufweisen, der von einer Kanalquerschnittskontur (CCC) begrenzt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der jeweilige Strömungskanal (FLC) zumindest abschnittsweise derart ausgebildet ist, dass eine gedachte, von einem Mittelpunkt des Kanalquerschnitts (CCS) ausgehende tortenstückartige Umfangssegmentierung Umfangssegment mit einem Umfangswinkel ( $\alpha$ ) zwischen zwei benachbarten segmentierenden Radialstrahlen (RR1, RR2) ausbilden, wobei Tangenten (T1, T2) an der Kanalquerschnittskontur (CCC) in den Schnittpunkten (SC1, SC2) der Radialstrahlen (RR1, RR2) mit der Kanalquerschnittskontur (CCC) einen Innenwinkel ( $\beta$ ) ausbilden, wobei für jede denkbare Umfangssegmentierung für jedes Umfangssegment gilt:

$$1/10 * |180^\circ - \beta| < \alpha.$$

2. Strömungsführung (FLG) nach Anspruch 1, wobei der Kanalquerschnitt (CCS) eines Strömungskanals (FLC) eine entlang der Durchströmungslinie (FLN) zumindest abschnittsweise variierende Querschnittsform (CSP) aufweist. 5
3. Strömungsführung (FLG) nach Anspruch 1, wobei der Kanalquerschnitt (CCS) eines Strömungskanals (FLC) einen entlang der Durchströmungslinie (FLN) zumindest abschnittsweise variierenden Querschnittsumfang (CSC) aufweist. 10
4. Strömungsführung (FLG) nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei der Kanalquerschnitt (CCS) eines Strömungskanals (FLC) eine entlang der Durchströmungslinie (FLN) variierende Querschnittsfläche (CSS) aufweist. 15 20
5. Strömungsführung (FLG) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Strömungsführung (FLG) als Stator (STT) ausgebildet ist. 25
6. Strömungsführung (FLG) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Strömungsführung (FLG) als Rückführstufe einer Radialturbomaschine (RTM) ausgebildet ist. 30
7. Strömungsführung (FLG) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Strömungsführung (FLG) als Rotor (RTR), insbesondere Laufrad (IMP) ausgebildet ist. 35
8. Strömungsführung (FLG) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Strömungsführung (FLG) eingangs und/oder ausgangs eine eckigere Querschnittsform (CSC) aufweist als in einem benachbarten Abschnitt oder einem Abschnitt dazwischen. 40
9. Strömungsführung (FLG) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei für jede denkbare Umfangssegmentierung für jedes Umfangssegment gilt: 45

$$\alpha < 10 |180^\circ - \beta|.$$

10. Radialturbomaschine (RTM) mit einer Strömungsführung (FLG) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9. 50
11. Radialturbomaschine (RTM) mit einer Strömungsführung (FLG) nach Anspruch 10 angeordnet stromaufwärts und/oder stromabwärts eines Laufrads 55

(IMP) der Radialturbomaschine (RTM).

12. Verfahren zur Herstellung einer Strömungsführung (FLG) nach einem der Ansprüche 1 - 9, mit den folgenden Schritten:
  - a) Erzeugung eines virtuellen Modells der Strömungsführung (FLG) mit einer Ausbildung der Strömungskanäle (FLC) nach zumindest Anspruch 1,
  - b) Herstellung der Strömungsführung (FLG) mittels eines additiven Fertigungsverfahrens (AMM) gemäß dem virtuellen Modell.

FIG 1

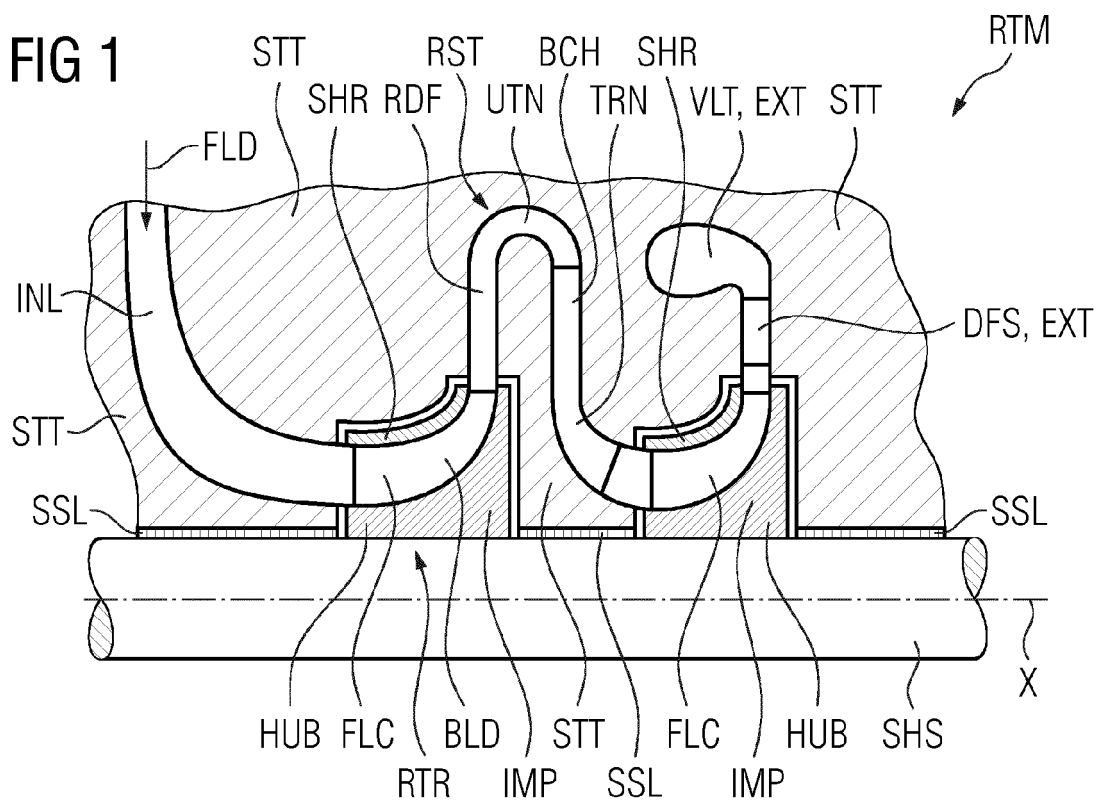


FIG 2

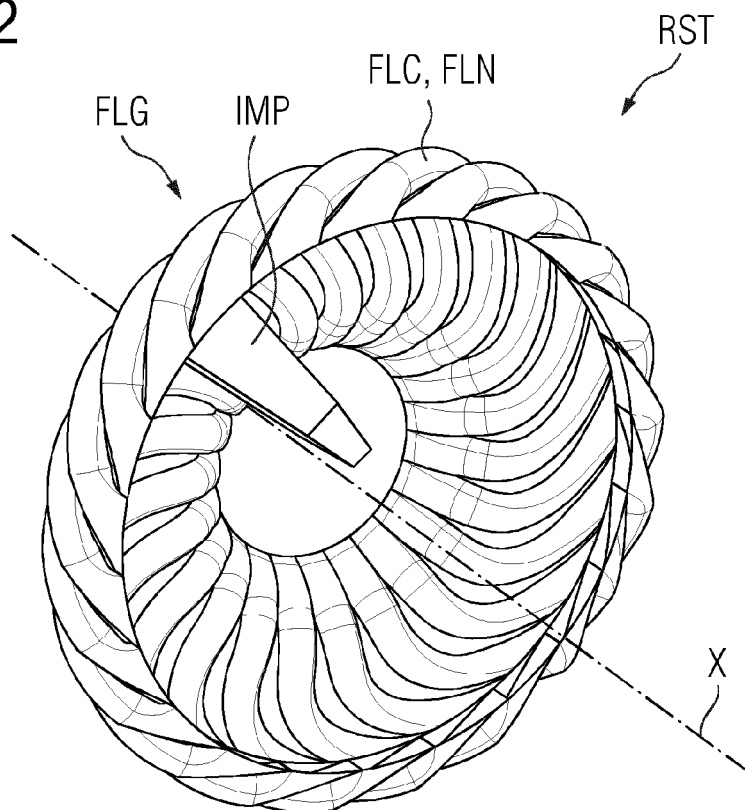


FIG 3

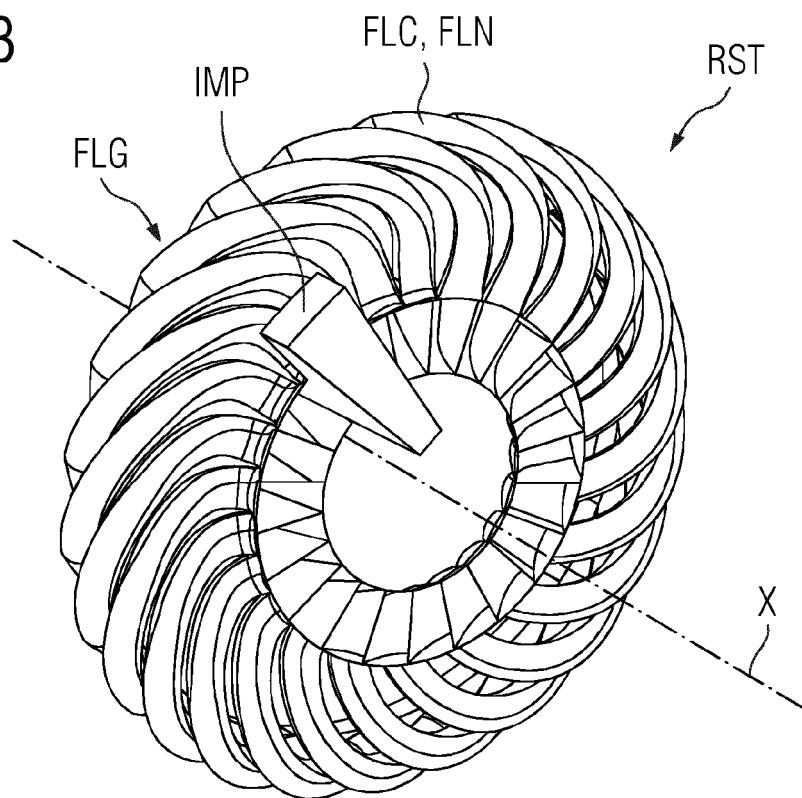


FIG 4

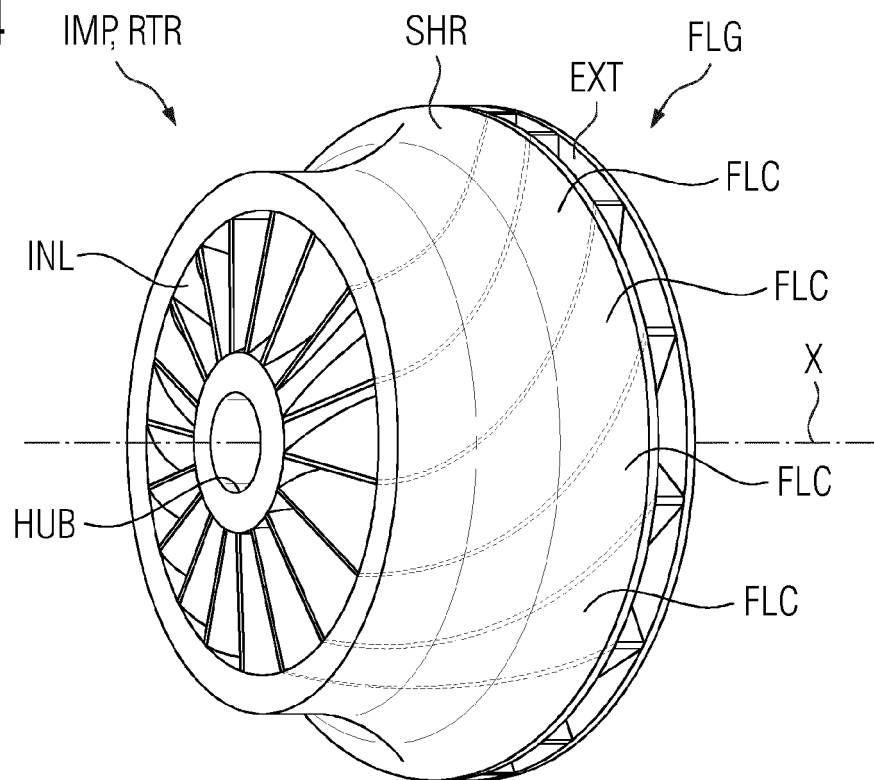


FIG 5

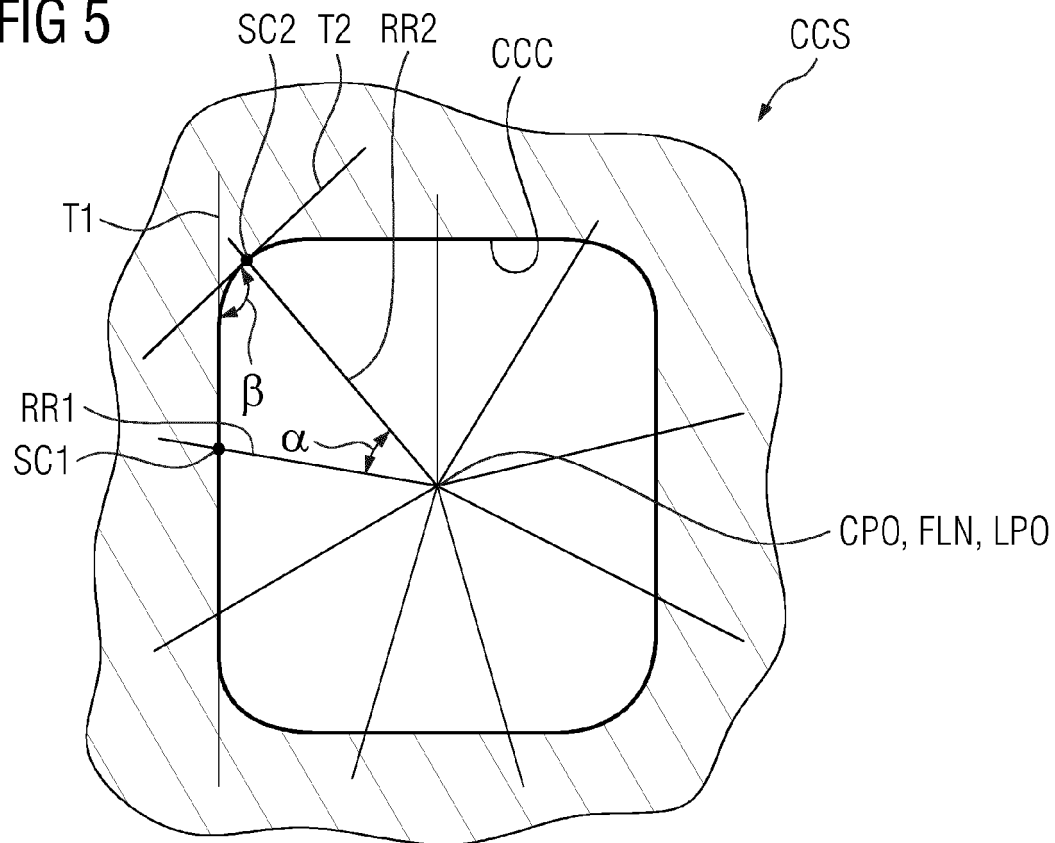
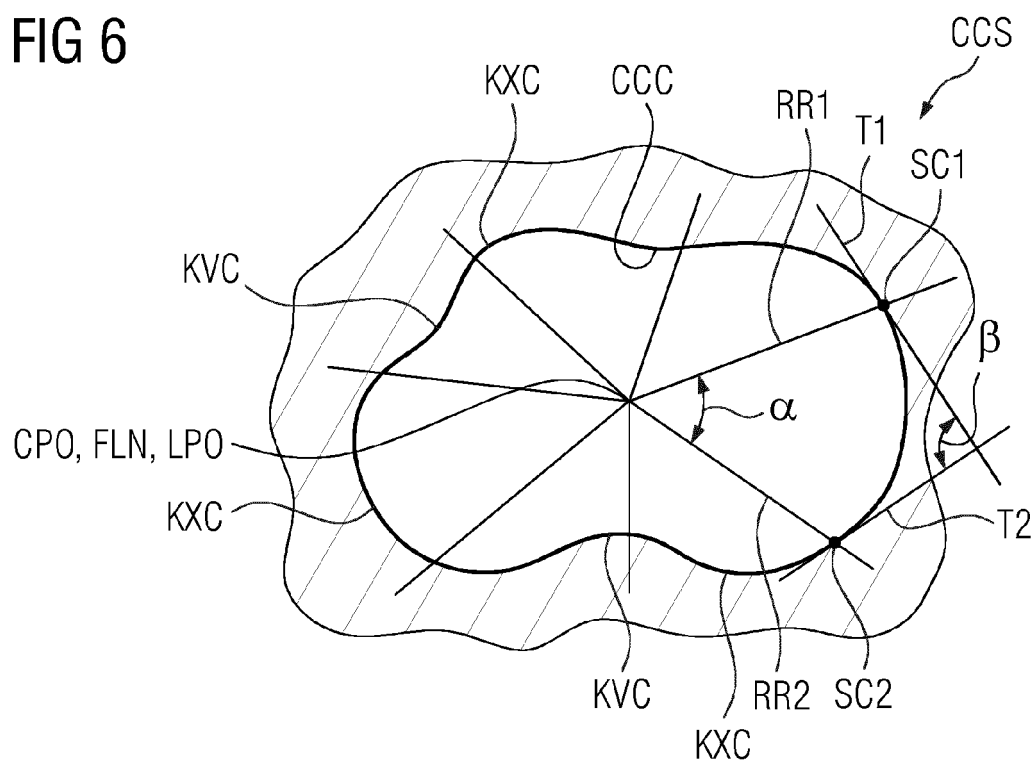


FIG 6





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 19 19 9850

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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US 2017/030372 A1 (BOUFFLERT SEBASTIEN [FR] ET AL) 2. Februar 2017 (2017-02-02)     | 1-6,8-12                    | INV.<br>F04D29/44<br>F04D17/12<br>F04D29/28<br>F04D29/02<br>F04D29/22 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | * Zusammenfassung *                                                                 | 11                          |                                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | * Absatz [0001] - Absatz [0113] *                                                   | 7                           |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Abbildungen *                                                                     |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -----                                                                               |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                             |                                                                       |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US 6 220 816 B1 (NGUYEN DUC JEAN-MICHEL [FR] ET AL) 24. April 2001 (2001-04-24)     | 1-6,8-12                    |                                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | * Zusammenfassung *                                                                 | 7                           |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Spalte 4, Zeile 23 - Spalte 8, Zeile 41 *                                         |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Abbildungen *                                                                     |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -----                                                                               |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                             |                                                                       |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | AU 2012 221 969 A1 (LEE JEA WOONG [KR]) 20. März 2014 (2014-03-20)                  | 1-4, 7-10, 12               |                                                                       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | * Zusammenfassung *                                                                 | 11                          |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Absatz [0019] - Absatz [0067] *                                                   |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Abbildungen *                                                                     |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -----                                                                               |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                             |                                                                       |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US 2019/277140 A1 (MASUTANI JO [JP] ET AL) 12. September 2019 (2019-09-12)          | 1-4, 7-10, 12               | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)                                       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | * Zusammenfassung *                                                                 | 11                          |                                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | * Absatz [0016] - Absatz [0055] *                                                   | 5,6                         | F04D                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Abbildungen *                                                                     |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -----                                                                               |                             |                                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | WO 2016/128388 A1 (KLEIN SCHANZLIN & BECKER AG [DE]) 18. August 2016 (2016-08-18)   | 1-12                        |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Zusammenfassung *                                                                 |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Seite 1, Zeile 12 - Zeile 18 *                                                    |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Anspruch 1 *                                                                      |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -----                                                                               |                             |                                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | CN 101 391 302 A (UNIV HUAZHONG SCIENCE TECH [CN]) 25. März 2009 (2009-03-25)       | 1-12                        |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Zusammenfassung *                                                                 |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Abbildungen *                                                                     |                             |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -----                                                                               |                             |                                                                       |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |                             |                                                                       |
| Recherchenort                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche |                                                                       |
| Den Haag                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 12. März 2020               |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     | Prüfer                      |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     | Kolby, Lars                 |                                                                       |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                             |                                                                       |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur                                                                                     |                                                                                     |                             |                                                                       |
| T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                     |                             |                                                                       |

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 19 19 9850

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.

12-03-2020

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2017030372 A1                                   | 02-02-2017                    | EP 3129658 A1                     | 15-02-2017                    |
|                                                    |                               | FR 3019860 A1                     | 16-10-2015                    |
|                                                    |                               | JP 2017510754 A                   | 13-04-2017                    |
|                                                    |                               | US 2017030372 A1                  | 02-02-2017                    |
|                                                    |                               | WO 2015155475 A1                  | 15-10-2015                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| US 6220816 B1                                      | 24-04-2001                    | CN 1221078 A                      | 30-06-1999                    |
|                                                    |                               | DE 19858700 A1                    | 24-06-1999                    |
|                                                    |                               | FR 2772843 A1                     | 25-06-1999                    |
|                                                    |                               | IT 1303605 B1                     | 14-11-2000                    |
|                                                    |                               | JP 4510167 B2                     | 21-07-2010                    |
|                                                    |                               | JP H11257272 A                    | 21-09-1999                    |
|                                                    |                               | JP 2010031879 A                   | 12-02-2010                    |
|                                                    |                               | RU 2216648 C2                     | 20-11-2003                    |
|                                                    |                               | US 6220816 B1                     | 24-04-2001                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| AU 2012221969 A1                                   | 20-03-2014                    | AU 2012221969 A1                  | 20-03-2014                    |
|                                                    |                               | KR 101070136 B1                   | 05-10-2011                    |
|                                                    |                               | WO 2012115452 A2                  | 30-08-2012                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| US 2019277140 A1                                   | 12-09-2019                    | CN 110242613 A                    | 17-09-2019                    |
|                                                    |                               | DE 102019001588 A1                | 12-09-2019                    |
|                                                    |                               | JP 2019157710 A                   | 19-09-2019                    |
|                                                    |                               | US 2019277140 A1                  | 12-09-2019                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2016128388 A1                                   | 18-08-2016                    | CN 107208653 A                    | 26-09-2017                    |
|                                                    |                               | DE 102015202417 A1                | 11-08-2016                    |
|                                                    |                               | EP 3256738 A1                     | 20-12-2017                    |
|                                                    |                               | JP 2018506647 A                   | 08-03-2018                    |
|                                                    |                               | KR 20170117120 A                  | 20-10-2017                    |
|                                                    |                               | US 2018236595 A1                  | 23-08-2018                    |
|                                                    |                               | WO 2016128388 A1                  | 18-08-2016                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| CN 101391302 A                                     | 25-03-2009                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              |                               |                                   |                               |

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**

- WO 2018166716 A1 [0004]
- WO 2017194272 A1 [0004]
- WO 2016079222 A1 [0004]