

(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
05. Dezember 2019 (05.12.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/229223 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61M 1/10 (2006.01) F04D 29/18 (2006.01)
A61M 1/12 (2006.01)

(72) Erfinder: STOTZ, Ingo; Schubartstrasse 7, 71254 Ditzingen (DE). BAEUERLE, Niko; Gottlob-Rau-Strasse 8, 75378 Bad Liebenzell (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/064157

(74) Anwalt: GAUSS, Nikolai et al.; Tübinger Str. 26, 70178 Stuttgart (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Mai 2019 (30.05.2019)

(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.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

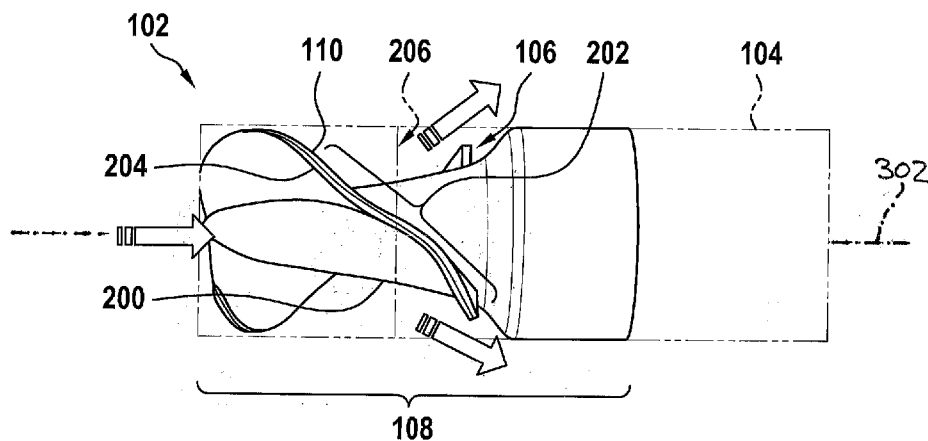
(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 208 541.2
30. Mai 2018 (30.05.2018) DE

(71) Anmelder: KARDION GMBH [DE/DE]; Quellenstraße 7, 70376 Stuttgart (DE).

(54) Title: AXIAL-FLOW PUMP FOR A VENTRICULAR ASSIST DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING AN AXIAL-FLOW PUMP FOR A VENTRICULAR ASSIST DEVICE

(54) Bezeichnung: AXIALPUMPE FÜR EIN HERZUNTERSTÜTZUNGSSYSTEM UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER AXIALPUMPE FÜR EIN HERZUNTERSTÜTZUNGSSYSTEM

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to an axial-flow pump (102) for a ventricular assist device. The axial-flow pump (102) comprises a pump housing (104) for arranging in a blood vessel and a pump rotor (108), which is or can be mounted in the pump housing (104) for rotation about an axis of rotation and which consists of a hub (200) and at least one blade element (110) which is helically wound around the hub (200), at least in portions, and is provided for conveying, in the direction of the axis of rotation (302), a medium to be conveyed. In order to increase the pump efficiency, the blade element (110) has at least one blade portion (202) having an undulating blade curvature.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Axialpumpe (102) für ein Herzunterstützungssystem. Die Axialpumpe (102) umfasst ein Pumpengehäuse (104) zur Anordnung in einem Blutgefäß sowie einen in dem Pumpengehäuse (104) um eine Drehachse drehbar gelagerten oder lagerbaren Pumpenläufer (108) bestehend aus einer Nabe (200) und zumindest einem zumindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe (200) gewundenen Schaufelelement (110) zum Fördern eines Fördermediums in Richtung der Drehachse.

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

Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem und Verfahren zum Herstellen einer Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem

Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft eine Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem und ein Verfahren zum Herstellen einer Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Vorrichtung für das Herstellen einer Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem sowie ein Computerprogramm für das Ausführen und/oder Ansteuern eines solchen Herstellungsverfahrens.

Zur Herz-Kreislauf-Unterstützung herzinsuffizienter Patienten werden unter anderem Systeme eingesetzt, die einen Teil oder die komplette Pumpfunktion des Herzens übernehmen. Diese Systeme, auch Herzunterstützungssysteme oder kurz VAD (ventricular assist device) genannt, können in temporäre Systeme zur kurzzeitigen Herzunterstützung und dauerhafte Systeme zum langzeitigen Verbleib am oder im Patienten untergliedert werden. Bestandteil eines solchen Systems ist in der Regel eine Blutpumpe, typischerweise eine Kreislumpumpe (Turbopumpe), die durch einen integrierten Elektromotor angetrieben wird und mittels eines Laufrades den geforderten Blutfluss erzeugt. Die Pumpe kann hierbei an unterschiedlichen Stellen implantiert werden. Beispielsweise kann die Pumpe durch eine invasive Operation per Sternotomie von außen an das Herz angenäht werden oder minimalinvasiv durch einen Katheter in der Aorta oder im Ventrikel abgesetzt werden. Im letzteren Fall ist der maximal zulässige Außendurchmesser der Pumpe in der Regel auf 10 mm limitiert, weshalb der Einsatz einer Pumpe axialer Bauart mit einem axial angeströmten Laufrad anzustreben ist. Dabei wird das zu fördernde Blut durch am Umfang eines zylindrischen Pumpengehäuses angebrachte Austrittsöffnungen ausgestoßen, um wieder der Aorta zugeführt zu werden.

Bei einer Kreiselpumpe wird durch die Rotation eines Laufrades Drall in die Strömung eingebracht. Der Drall kann beispielsweise durch ein nachgeschaltetes stehendes Leitrad, auch Stator genannt, reduziert werden.

- 5 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem bereitzustellen, die Blut sowohl effizient als auch schonend fördern kann. Diese Aufgabe wird durch eine in Anspruch 1 und Anspruch 14 angegebene Axialpumpe und das in Anspruch 15 angegebene Herstellungsverfahren gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen
10 Ansprüchen angegeben.

- Nachfolgend werden eine solche Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem, ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem, eine Vorrichtung, die dieses Verfahren verwendet, und
15 ein Computerprogramm für das Ausführen und/oder Ansteuern eines solchen Herstellungsverfahrens erläutert.

- Der Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass durch eine zumindest abschnittsweise wellenförmig gekrümmte Schaufel an einem Laufrad für eine axiale
20 Kreiselpumpe eines Herzunterstützungssystems in Verbindung mit einer geeigneten Positionierung des Laufrads relativ zu Austrittsöffnungen an einem Pumpengehäuse eine besonders schonende und effiziente Fluidförderung erreicht werden kann.

- 25 Die Art der Formgebung des Laufrades führt zu einem gesteigerten Wirkungsgrad bei reduzierter Blutschädigung. Unter gewissen Randbedingungen, etwa bei beschränktem Bauraum, ist es sinnvoll, auf ein feststehendes Leitrad zu verzichten, was in der Regel eine entsprechende Reduktion des Wirkungsgrades der Pumpe mit sich bringt. Durch die Formgebung des Laufrades bzw.
30 dessen Schaufeln und dessen geeignete Positionierung relativ zum Pumpengehäuse ist es nun möglich, die Reduktion des Wirkungsgrades zumindest

teilweise zu kompensieren. Weiterhin können dadurch Blutschädigungen durch Hämolyse reduziert werden.

5 Eine erfindungsgemäße Axialpumpe kann insbesondere folgende Merkmale aufweisen:

ein Pumpengehäuse zur Anordnung in einem Blutgefäß; und

10 einen in dem Pumpengehäuse um eine Drehachse drehbar gelagerten oder lagerbaren Pumpenläufer bestehend aus einer Nabe und zumindest einem zumindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe gewundenen Schaufelelement zum Fördern eines Fördermediums in Richtung der Drehachse, wobei das Schaufelelement zumindest einen Schaufelabschnitt mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung aufweist.

15

Unter einer Axialpumpe kann eine Kreispumpe mit integriertem Elektromotor zum axialen Ansaugen eines Fördermediums verstanden werden. Ein Ausstoßen des angesaugten Fördermediums kann beispielsweise in radialer oder diagonalen Richtung durch eine oder mehrere seitliche Austrittsöffnungen im Pumpengehäuse erfolgen. Unter einem Herzunterstützungssystem kann insbesondere eine minimalinvasiv durch einen Katheter in der Aorta oder in einer Herzkammer platzierbare, rohr- oder schlauchförmige Pumpvorrichtung verstanden werden. Beispielsweise kann das Herzunterstützungssystem einen maximalen Außendurchmesser zwischen 10 und 15 mm aufweisen. Unter einem Pumpengehäuse kann ein Gehäuse in Form eines Schlauches oder Rohres verstanden werden. Unter einem Blutgefäß kann eine (Haupt-)Schlagader oder eine Herzkammer verstanden werden. Unter einem Fördermedium kann dementsprechend Blut verstanden werden. Unter einem Pumpenläufer kann ein axial anströmbares Laufrad der Axialpumpe verstanden werden. Der Pumpenläufer kann beispielsweise zwei oder mehr Schaufelelemente aufweisen, die zumindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe gewunden sein können und zumindest einen Schraubenabschnitt mit einer wellenförmigen

20

25

30

Schaufelkrümmung aufweisen können. Unter einer wellenförmigen Schaufelkrümmung kann eine Wellenform einer Skelettlinie des Schaufelelements verstanden werden, die durch zumindest einen Wellenbauch und zumindest ein Wellental charakterisiert ist.

5

Gemäß einer Ausführungsform kann das Schaufelelement durch eine oder mehrere Skelettlinie mit je zumindest einem Wendepunkt und/oder eine lokal konstante oder variable Aufdickung beschrieben oder definiert sein, insbesondere wobei eine Tangentensteigung einer Krümmung der Skelettlinie repräsentierenden Tangente in Strömungsrichtung zunächst zunimmt und ab dem Wendepunkt wieder abnimmt, um die wellenförmige Schaufelkrümmung zu erzeugen. Dadurch kann die wellenförmige Schaufelkrümmung in Richtung der Skelettlinie erzeugt werden.

10

15 Unter der Skelettlinie eines Schaufelelements ist vorliegend insbesondere die Mittellinie eines Profils des Schaufelelements in einer zu der Drehachse des Pumpenläufers koaxialen Mantelfläche eines Zylinders zu verstehen, welche die Mittelpunkte aller Kreise verbindet, die in das Profil passen, also die Kurve, die überall zur Ober- und Unterseite des Profils den gleichen (Quer-)Abstand
20 hat.

25

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann eine Mantelfläche des Pumpengehäuses zumindest eine Austrittsöffnung zum seitlichen Ausleiten des Fördermediums aufweisen. Dabei kann der Schaufelabschnitt im eingebauten Zustand des Pumpenläufers der Austrittsöffnung zumindest teilweise gegenüberliegen. Dadurch kann ein effizientes und schonendes radiales oder diagonales Ausleiten des Fördermediums gewährleistet werden.

30

Der Wendepunkt kann etwa im Bereich der Austrittsöffnung, insbesondere im Bereich einer im Betrieb der Axialpumpe stromaufwärts liegenden Kante der Austrittsöffnung, also beispielsweise dem Beginn der Austrittsöffnung, liegen. Dadurch kann die Effizienz der Axialpumpe weiter gesteigert werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Schaufelelement ausgehend von einem Anfang des Pumpenläufers schraubenförmig um die Nabe gewunden sein, wobei die Tangentensteigung ausgehend von dem Anfang des Pumpenläufers zunimmt und ab dem Wendepunkt wieder abnimmt. Eine solche Ausführungsform steigert besonders gut den Wirkungsgrad der Axialpumpe bei reduzierter Blutschädigung.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die wellenförmige Schaufelkrümmung in Richtung einer radialen Ausdehnung des Schaufelelements variieren. Unter einer radialen Ausdehnung kann eine Ausdehnung in radialer Richtung ausgehend von der Drehachse verstanden werden. Dadurch kann die Schaufelkrümmung in mehreren Richtungen optimal an verschiedene Randbedingungen angepasst werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die wellenförmige Schaufelkrümmung mit zunehmendem Abstand von der Drehachse zunehmen. Somit kann eine größtmögliche Effizienz der Axialpumpe erreicht werden.

Es ist ferner von Vorteil, wenn die Nabe einen in Strömungsrichtung zunehmenden Durchmesser aufweist. Dadurch kann das schonende Ausleiten des Fördermediums in radialer oder diagonalen Richtung zur Drehachse unterstützt werden.

Der hier vorgestellte Ansatz schafft zudem ein Verfahren zum Herstellen einer Axialpumpe für ein Herzunterstützungssystem, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Bilden eines Pumpengehäuses zur Anordnung in einem Blutgefäß und eines Pumpenläufers bestehend aus einer Nabe und zumindest einem zumindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe gewundenen

Schaufelelement zum Fördern eines Fördermediums, wobei das Schaufelelement zumindest einen Schaufelabschnitt mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung aufweist; und

- 5 Anordnen des Pumpenläufers in dem Pumpengehäuse, wobei der Pumpenläufer um eine Drehachse drehbar gelagert wird, um das Fördermedium in Richtung der Drehachse zu fördern.

- 10 Dieses Verfahren kann beispielsweise in Software oder Hardware oder in einer Mischform aus Software und Hardware, beispielsweise in einem Steuergerät, implementiert sein.

- 15 Der hier vorgestellte Ansatz schafft ferner eine Vorrichtung, die ausgebildet ist, um die Schritte einer Variante eines hier vorgestellten Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen, anzusteuern bzw. umzusetzen. Auch durch diese Ausführungsvariante der Erfindung in Form einer Vorrichtung kann die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden.

- 20 Hierzu kann die Vorrichtung zumindest eine Recheneinheit zum Verarbeiten von Signalen oder Daten, zumindest eine Speichereinheit zum Speichern von Signalen oder Daten, zumindest eine Schnittstelle zu einem Sensor oder einem Aktor zum Einlesen von Sensorsignalen von dem Sensor oder zum Ausgeben von Daten- oder Steuersignalen an den Aktor und/oder zumindest eine
- 25 Kommunikationsschnittstelle zum Einlesen oder Ausgeben von Daten aufweisen, die in ein Kommunikationsprotokoll eingebettet sind. Die Recheneinheit kann beispielsweise ein Signalprozessor, ein Mikrocontroller oder dergleichen sein, wobei die Speichereinheit ein Flash-Speicher, ein EPROM oder eine magnetische Speichereinheit sein kann. Die Kommunikationsschnittstelle
- 30 kann ausgebildet sein, um Daten drahtlos und/oder leitungsgebunden einzulesen oder auszugeben, wobei eine Kommunikationsschnittstelle, die leitungsgebundene Daten einlesen oder ausgeben kann, diese Daten beispielsweise

elektrisch oder optisch aus einer entsprechenden Datenübertragungsleitung einlesen oder in eine entsprechende Datenübertragungsleitung ausgeben kann.

- 5 Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt oder Computerprogramm mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger oder Speichermedium wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung, Umsetzung und/oder Ansteuerung der Schritte des Verfahrens nach einer der vorstehend
10 beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, insbesondere wenn das Programmprodukt oder Programm auf einem Computer oder einer Vorrichtung ausgeführt wird.

Vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen
15 schematisch dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

- 20 Fig. 1 ein Herzunterstützungssystem mit einer Axialpumpe gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 2 die Axialpumpe des Herzunterstützungssystems aus Fig. 1 mit Schaufelelementen und mit einer Nabe in einer Seitenansicht;
- 25 Fig. 3 eine Abwicklung eines Schaufelelements der Axialpumpe aus den Figuren 1 und 2;
- Fig. 4 eine perspektivische Teilansicht der Axialpumpe aus den Figuren 1
30 und 2 mit einem Schaufelelement, das einen Schaufelabschnitt mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung hat und zum Vergleich die

Geometrie eines herkömmlichen Schaufelelements für eine Axialpumpe, das keinen wellenförmig gekrümmten Abschnitt aufweist;

- 5 Fig. 5 eine Ansicht des Schaufelelements der in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Axialpumpe mit auf die die Oberfläche der Nabe bezogenen unterschiedlichen Schaufelhöhen;
- 10 Fig. 6 den Verlaufs des zwischen der Umfangsrichtung und einer Skelettlinie des Schaufelelements gebildeten Schaufelwinkels β entlang einer normierten meridionalen Koordinate m/m_{Max} ;
- Fig. 7 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen einer Axialpumpe gemäß einem Ausführungsbeispiel; und
- 15 Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Ausführen und/oder Ansteuern des Verfahrens aus Fig. 7.

20 In der nachfolgenden Beschreibung günstiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

25 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Herzunterstützungssystems 100 mit einer Axialpumpe 102 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das Herzunterstützungssystem 100 weist eine rohr- oder schlauchförmige Gestalt auf. Beispielfhaft ist das Herzunterstützungssystem 100 als ein minimalinvasiv durch einen Katheter in ein Blutgefäß wie etwa die Aorta oder eine Herzkammer einführbares axiales Kreislumpensystem realisiert. Die Axialpumpe 102
30 hat eine Drehachse 302 und umfasst ein Pumpengehäuse 104, das als ein rohrförmiger Abschnitt des Herzunterstützungssystems 100 realisiert ist, der die Drehachse 302 umgibt und beispielhaft drei einander gegenüberliegende

seitliche Austrittsöffnungen 106 zum seitlichen Ausleiten eines Fördermediums, hier von Blut, aufweist. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen weist das Pumpengehäuse 104 nur eine, zwei, drei oder auch mehr als drei in Umfangsrichtung verteilte Austrittsöffnungen 106 auf. In dem Pumpengehäuse 104 drehbar gelagert ist ein Pumpenläufer 108, auch Laufrad genannt, der in dem in Fig. 1 gezeigten zusammengebauten Zustand der Axialpumpe 102 abschnittsweise den Austrittsöffnungen 106 gegenüberliegt. Der Pumpenläufer 108 dient zum axialen Ansaugen und radialen oder diagonalen Ausstoßen des Blutes über die Austrittsöffnungen 106.

10

Um einen möglichst effizienten und schonenden Transport des Blutes zu gewährleisten, weist der Pumpenläufer 108 zumindest ein schraubenförmig gewundenes Schaufelelement 110 auf. Die Skelettlinie des Schaufelelements 110 weist hierbei im Bereich des stromauf liegenden Beginns der Austrittsöffnungen 106 einen Wendepunkt auf.

15

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der Axialpumpe 102 aus Fig. 1 in der Seitenansicht. Zu erkennen ist das Schaufelelement 110, das um eine Nabe 200 der Axialpumpe 102 schraubenförmig gewunden ist. Die Nabe 200 bildet dabei einen inneren Kern des Pumpenläufers 108. Eine Strömungsrichtung des Fördermediums ist mit drei Pfeilen schematisch angedeutet. Das Ansaugen des Fördermediums erfolgt durch eine dem Pumpenläufer 108 vorgeschaltete stirnseitige als eine Ansaugöffnung wirkende Eintrittsöffnung im Pumpengehäuse 104.

20

25

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel erstreckt sich das Schaufelelement 110 ausgehend von einem stromauf liegenden Ende des Pumpenläufers 108 über eine gesamte Länge oder zumindest über einen größten Teil der Nabe 200. Dabei weist die Nabe 200 einen in Strömungsrichtung zunehmenden Durchmesser auf, sodass sich eine in Strömungsrichtung dicker werdende Gestalt der Nabe 200 ergibt. Dadurch wird das radiale bzw. diagonale Ausleiten des Fördermediums erleichtert.

30

Das Schaufelelement 110 weist einen Schaufelabschnitt 202 mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung auf, die durch eine mehrfache Krümmung einer Skelettlinie 204 des Schaufelelements 110 definiert ist. Unter einer wellenförmigen Schaufelkrümmung ist hierbei eine mit zumindest einem Vorzeichenwechsel verbundene Krümmungsänderung des Schaufelabschnitts 202 zu verstehen.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, befindet sich im eingebauten Zustand des Pumpenläufers 108 zumindest ein Teilabschnitt des Schaufelabschnitts 202 gegenüber den Austrittsöffnungen 106.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel befindet sich der Schaufelabschnitt 202 zumindest teilweise im Bereich einer strömungszugewandten Kante 206 der Austrittsöffnung 106. Der Schaufelabschnitt 202 repräsentiert dabei einen Übergang zwischen einer konvexen und einer konkaven Wölbung.

Beispielhaft umfasst der Pumpenläufer 108 gemäß Fig. 2 zwei Schaufelelemente 110, die gleichsinnig um die Nabe 200 gewunden sind und je den Schaufelabschnitt 202 aufweisen. Gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel ist der Pumpenläufer 108 mit mehr als zwei solcher Schaufelelemente 110 realisiert.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der Abwicklung einer Skelettlinie 204 eines Schaufelelements 110 aus den Figuren 1 und 2. Eingezeichnet sind beispielhaft zwei Schaufelwinkelpaare α_1, β_1 und α_2, β_2 , die je eine Tangentensteigung einer die Krümmung der Skelettlinie 204 repräsentierenden Tangente 300 repräsentieren. Die Tangente 300 ist je in einem zylindrischen Koordinatensystem mit einer zu einer Drehachse 302 des Pumpenläufers parallelen z-Achse und einer zur z-Achse senkrechten Φ -Achse eingezeichnet. Die Φ -Achse repräsentiert eine Umfangsrichtung des Pumpenläufers.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich, wird die Tangentensteigung in Strömungsrichtung, angedeutet durch einen vertikalen Pfeil, zunächst größer und nimmt anschließend wieder ab.. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel nimmt die Tangentensteigung ausgehend von einer Schaufelvorderkante 304 bis zu einer Schaufelhinterkante 306 des Schaufelelements 110 zunächst kontinuierlich zu und bei Erreichen des Wendepunktes 310 der Skelettlinie 204 wieder ab. Ein Punkt 308 markiert eine Position eines Strömungsaustritts über die Austrittsöffnungen des Pumpengehäuses, genauer einen Beginn des Strömungsaustritts in axialer Richtung. Hierbei ist es anzustreben, dass der Wendepunkt 310 und der Punkt 308 des Beginns des Strömungsaustritts in räumlicher Nähe sind.

Wie bereits beschrieben, ist der Pumpenläufer gemäß einem Ausführungsbeispiel mit mindestens zwei Schaufelelementen 110 realisiert. Das Fördermedium wird dem Pumpenläufer axial zugeführt oder davon angesaugt und radial und diagonal durch eine oder mehrere Austrittsöffnungen im Pumpengehäuse ausgestoßen. Die Schaufelelemente 110 sind dabei so gestaltet, dass sich der Winkel α zwischen der mit einer Schaufeloberfläche oder der Skelettlinie 204 gebildeten Tangente 300 und der Drehachse 302 bzw. der z-Achse in axialer Richtung ändert. In entgegengesetztem Maße ändert sich der Winkel β zwischen der Umfangsrichtung bzw. der Φ -Achse und der Schaufeloberfläche oder der Skelettlinie 204. Der Winkel β ändert sich derart, dass er zumindest im Bereich des größten Durchmessers des Pumpenläufers, also in einem Schnitt im Bereich der Schaufelspitzen der Schaufelelemente 110, vom Beginn des Pumpenläufers an, also ab der Schaufelvorderkante 304, in Strömungsrichtung größer wird. Insbesondere nimmt der Winkel β im Bereich des Beginns des Strömungsaustritts 308 bzw. in räumlicher Nähe zu diesem seinen größten Wert an, zumindest im Bereich des größten Durchmessers des Pumpenläufers, also in einem Schnitt im Bereich der Schaufelspitzen der Schaufelelemente 110.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der Axialpumpe 102 aus den Figuren 1 und 2 in perspektivischer Ansicht. Ein von dem Pumpengehäuse 104 umschlossener Bereich des Pumpenläufers 108, in dem das Pumpengehäuse 104 keine Austrittsöffnung hat, ist mit einem Rechteck 400 markiert. Gut zu erkennen ist die wellenförmige Schaufelkrümmung des Schaufelelements 110, die in einem von dem Pumpengehäuse 104 umschlossenen Bereich erstreckt ist, in dem dieses eine Austrittsöffnung 106 hat. Zum Vergleich ist neben dem Schaufelelement 110 ein herkömmliches Schaufelelement 402 ohne wellenförmige Schaufelkrümmung eingezeichnet.

10

Fig. 5 ist eine Ansicht des Schaufelelements der in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Axialpumpe mit auf die Oberfläche der Nabe des Pumpenläufers 108 bezogenen unterschiedlichen Schaufelhöhen. Eingezeichnet sind fünf horizontale Linien, die unterschiedliche Schaufelhöhen des Schaufelelements 110 relativ zu einer Oberfläche der Nabe 200 repräsentieren. Dabei repräsentiert eine erste Linie 501 0 Prozent, eine zweite Linie 502 25 Prozent, eine dritte Linie 503 50 Prozent, eine vierte Linie 504 75 Prozent und eine fünfte Linie 505 100 Prozent einer maximalen Schaufelhöhe.

15

Fig. 6 zeigt ein Diagramm zur Darstellung eines Verlaufs des Schaufelwinkels β aus Fig. 3 entlang einer normierten meridionalen Koordinate m/m_{Max} . Der Verlauf des Schaufelwinkels β ist anhand von fünf Kurven in Abhängigkeit von der Schaufelhöhe des Schaufelelements, d. h. von einem radialen Abstand dessen Skelettlinie von der Nabe, für verschiedene Schaufelschnitte dargestellt. Analog zu Fig. 5 entspricht eine erste Kurve 601 einem Schnitt des Schaufelelements entlang der ersten Linie 501 auf Höhe der Nabe bei 0 Prozent Schaufelhöhe, eine zweite Kurve 602 einem Schnitt des Schaufelelements entlang der zweiten Linie 502 bei 25 Prozent Schaufelhöhe, eine dritte Kurve 603 einem Schnitt des Schaufelelements entlang der dritten Linie 503 bei 50 Prozent Schaufelhöhe, eine vierte Kurve 604 einem Schnitt des Schaufelelements entlang der vierten Linie 504 bei 75 Prozent Schaufelhöhe und eine fünfte Kurve 605 einem Schnitt des Schaufelelements entlang der fünften

25

30

Linie 505 bei 100 Prozent Schaufelhöhe, also an den Schaufelspitzen bei maximalem Laufraddurchmesser. Der Beginn des Strömungsaustritts an den Austrittsöffnungen des Pumpengehäuses ist mit einem schraffierten Bereich 606 markiert.

5

Aus dem Diagramm ist zum einen ersichtlich, dass der Schaufelwinkel β , und damit die Krümmung der Skelettlinie, in Strömungsrichtung je nach radialem Abstand von der Nabe unterschiedliche Verläufe aufweist. Zum anderen ist daraus ersichtlich, dass der Schaufelwinkel β in den betrachteten Schnitten jeweils in Strömungsrichtung zunächst zunimmt und ab einem Hochpunkt, der hier ein jeweiliges Maximum der Kurven bzw. der Schaufelwinkel β repräsentiert, wieder abnimmt. Die Lage des Hochpunktes entlang der meridionalen Koordinate variiert dabei je nach radialem Abstand der Skelettlinie von der Nabe.

15

Gemäß Fig. 6 liegt der Umkehrpunkt für die Schaufelhöhen von 25 bis 100 Prozent entweder in oder kurz vor oder kurz hinter dem schraffierten Bereich 606, dessen Abstand von der Eintrittsöffnung des Pumpengehäuses 104 in der Richtung der Drehachse 302 gesehen dem Abstand der zu der Eintrittsöffnung des Pumpengehäuses 104 weisenden Kante der Austrittsöffnung 106 des Pumpengehäuses 104 entspricht. Bezogen auf einen gleichen, auf der Drehachse 302 liegenden Koordinatenursprung haben also der die Eintrittsöffnung des Pumpengehäuses 104 zugewandte Seite der Austrittsöffnung 106 und der dem schraffierte Bereich 606 entsprechende Bereich des Pumpenläufers 108 axiale Koordinaten, die einander entsprechen, d.h. die zueinander gleich sind oder die nur wenig voneinander abweichen.

20
25

Hingegen befindet sich der Umkehrpunkt für die Schaufelhöhe von 0 Prozent deutlich vor dem schraffierten Bereich 606, hier in einem Bereich der meridionalen Koordinate zwischen 10 und 20 Prozent.

30

Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist der Pumpenläufer den Hochpunkt im Schaufelwinkel β im Bereich des Beginns des Strömungsaustritts über die Austrittsöffnungen oder auch in räumlicher Nähe zum Strömungsaustritt, zumindest aber im äußeren Bereich an den Schaufelspitzen auf. Es liegt in diesem Bereich also eine Änderung der Skelettlinienkrümmung von konkav nach konvex vor. Durch diese Formgebung des Schaufelelements kann der Drall in der Strömung reduziert werden, was einen effizienten Betrieb und, damit verbunden, eine schonende Fluidförderung mit reduzierter Schädigung ermöglicht.

10

Fig. 7 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 700 zum Herstellen einer Axialpumpe gemäß einem Ausführungsbeispiel, etwa der vorangehend anhand der Figuren 1 bis 6 beschriebenen Axialpumpe. Dabei werden in einem Schritt 710 das Pumpengehäuse und der Pumpenläufer mit der Nabe und dem schraubenförmig um die Nabe gewundenen Schaufelelement gebildet. Das Schaufelelement wird dabei zumindest abschnittsweise mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung ausgeformt. In einem weiteren Schritt 720 erfolgt das Anordnen des Pumpenläufers in dem Pumpengehäuse. Dabei wird der Pumpenläufer um eine Drehachse drehbar gelagert, um das Fördermedium in Richtung der Drehachse zu fördern.

20

Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung 800 zum Ausführen und/oder Ansteuern des Verfahrens 700 aus Fig. 7. Die Vorrichtung 800 umfasst eine erste Einheit 810 zum Bilden des Pumpengehäuses und des Pumpenläufers sowie eine zweite Einheit 820 zum Anordnen des Pumpenläufers im Pumpengehäuse.

25

Umfasst ein Ausführungsbeispiel eine „und/oder“-Verknüpfung zwischen einem ersten Merkmal und einem zweiten Merkmal, so ist dies so zu lesen, dass das Ausführungsbeispiel gemäß einer Ausführungsform sowohl das erste Merkmal als auch das zweite Merkmal und gemäß einer weiteren

30

Ausführungsform entweder nur das erste Merkmal oder nur das zweite Merkmal aufweist.

5 Zusammenfassend sind insbesondere folgende Merkmale der Erfindung festzuhalten: Eine Axialpumpe 102 für ein Herzunterstützungssystem umfasst ein Pumpengehäuse 104 zur Anordnung in einem Blutgefäß sowie einen in dem Pumpengehäuse 104 um eine Drehachse drehbar gelagerten oder lagerbaren Pumpenläufer 108 bestehend aus einer Nabe 200 und zumindest einem zumindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe 200 gewundenen
10 Schaufelelement 110 zum Fördern eines Fördermediums in Richtung der Drehachse 302. Zur Steigerung des Pumpenwirkungsgrades weist das Schaufelelement 110 zumindest einen Schaufelabschnitt 202 mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung auf.

15 Insbesondere betrifft die Erfindung die in den folgenden Klauseln angegebenen Aspekte:

1. Axialpumpe (102) für ein Herzunterstützungssystem (100), wobei die Axialpumpe (102) folgende Merkmale aufweist:
20 ein Pumpengehäuse (104) zur Anordnung in einem Blutgefäß; und

einen in dem Pumpengehäuse (104) um eine Drehachse (302) drehbar gelagerten oder lagerbaren Pumpenläufer (108) bestehend aus einer
25 Nabe (200) und zumindest einem zumindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe (200) gewundenen Schaufelelement (110) zum Fördern eines Fördermediums in Richtung der Drehachse (302), wobei das Schaufelelement (110) zumindest einen Schaufelabschnitt (202) mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung aufweist.
30
2. Axialpumpe (102) gemäß Klausel 1, bei der das Schaufelelement (110) durch eine oder mehrere Skelettlinie (204) mit zumindest je einem

- Wendepunkt und/oder durch eine lokal variable Verdickung definiert ist, insbesondere wobei eine Tangentensteigung einer Krümmung der Skelettlinie (204) repräsentierenden Tangente (300) in Strömungsrichtung zunächst zunimmt und ab dem Wendepunkt wieder abnimmt, um die wellenförmige Schaufelkrümmung zu erzeugen.
- 5
3. Axialpumpe (102) gemäß einer der vorangegangenen Klauseln, bei der eine Mantelfläche des Pumpengehäuses (104) zumindest eine Austrittsöffnung (106) zum seitlichen Ausleiten des Fördermediums aufweist, wobei der Schaufelabschnitt (202) im eingebauten Zustand des Pumpenläufers (108) der Austrittsöffnung (106) zumindest teilweise gegenüberliegt.
- 10
4. Axialpumpe (102) gemäß Klausel 2 und 3, bei der der Wendepunkt zumindest einer Skelettlinie im Bereich der Austrittsöffnung (106), insbesondere im Bereich einer strömungszugewandten oder stromaufwärts liegenden Kante (206) der Austrittsöffnung (106), liegt.
- 15
5. Axialpumpe (102) gemäß einer der Klauseln 2 bis 4, bei der das Schaufelelement (110) ausgehend von einem Anfang (304) des Pumpenläufers (108) schraubenförmig um die Nabe (200) gewunden ist, wobei die Tangentensteigung ausgehend von dem Anfang (304) des Pumpenläufers (108) zunimmt und ab dem Wendepunkt wieder abnimmt.
- 20
6. Axialpumpe (102) gemäß einer der vorangegangenen Klauseln, bei der die wellenförmige Schaufelkrümmung in Richtung einer radialen Ausdehnung des Schaufelabschnitts (202) variiert.
- 25
7. Axialpumpe (102) gemäß einer der vorangegangenen Klauseln, bei der die wellenförmige Schaufelkrümmung mit zunehmendem Abstand von der Drehachse (302) zunimmt.
- 30

8. Axialpumpe (102) gemäß einer der vorangegangenen Klauseln, bei der die Nabe (200) einen in Strömungsrichtung zunehmenden Durchmesser aufweist.
- 5 9. Verfahren (700) zum Herstellen einer Axialpumpe (102) für ein Herzunterstützungssystem (100), wobei das Verfahren (700) folgende Schritte umfasst:
- 10 Bilden (710) eines Pumpengehäuses (104) zur Anordnung in einem Blutgefäß und eines Pumpenläufers (108) bestehend aus einer Nabe (200) und zumindest einem zumindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe (200) gewundenen Schaufelelement (110) zum Fördern eines Fördermediums, wobei das Schaufelelement (110) zumindest einen Schaufelabschnitt (202) mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung aufweist; und
- 15 Anordnen (720) des Pumpenläufers (108) in dem Pumpengehäuse (104), wobei der Pumpenläufer (108) um eine Drehachse (302) drehbar gelagert wird, um das Fördermedium in Richtung der Drehachse (302) zu fördern.
- 20 10. Vorrichtung (800) mit Einheiten (810, 820), die ausgebildet sind, um das Verfahren (700) gemäß Anspruch 9 auszuführen und/oder anzusteuern.
- 25 11. Computerprogramm, das ausgebildet ist, um das Verfahren (700) gemäß Klausel 9 auszuführen und/oder anzusteuern.
12. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Klausel 11 gespeichert ist.
- 30

Patentansprüche

1. Axialpumpe (102) für ein Herzunterstützungssystem (100), wobei die Axialpumpe (102) folgende Merkmale aufweist:
5
ein Pumpengehäuse (104) zur Anordnung in einem Blutgefäß; und einen in dem Pumpengehäuse (104) um eine Drehachse (302) drehbaren Pumpenläufer (108) mit einer Nabe (200) und mit zumindest einem zu-
10
mindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe (200) gewundenen Schaufelelement (110) zum Fördern eines Fördermediums, wobei das Schaufelelement (110) zumindest einen Schaufelabschnitt (202) mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung aufweist.
2. Axialpumpe (102) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
15
das Pumpengehäuse (104) wenigstens eine Eintrittsöffnung und wenigstens eine Austrittsöffnung (106) hat.
3. Axialpumpe (102) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eintrittsöffnung auf einer von der Drehachse (302) durchsetzten Seite
20
des Pumpengehäuses (104) angeordnet ist.
4. Axialpumpe gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nabe (200) einen von der Eintrittsöffnung kommend in Richtung der Drehachse (102) zunehmenden Durchmesser aufweist.
25
5. Axialpumpe (102) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine Schaufelelement (110) ein Profil mit Skelettlinien (204) aufweist, deren Krümmung bei Abwickeln in eine Ebene in der Richtung der Drehachse (302) von der Eintrittsöffnung her kommend bis
30
zu einem Wendepunkt (310) zunimmt.
6. Axialpumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine Schaufelelement (110) ein Profil mit Skelettlinien (204)

aufweist, deren Krümmung bei Abwickeln in eine Ebene in der Richtung der Drehachse (302) von der Eintrittsöffnung ab dem Wendepunkt (310) abnimmt.

- 5 7. Axialpumpe (102) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass Pumpengehäuse (104) einen die Drehachse (302) umgebenden Gehäuseabschnitt hat, in dem die wenigstens eine Austrittsöffnung für das seitliche Ausleiten des Fördermediums ausgebildet ist.
- 10 8. Axialpumpe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaufelabschnitt (202) mit der wellenförmigen Schaufelkrümmung in einem Abschnitt des Pumpenläufers (108) ausgebildet ist, sich wenigstens teilweise in einem durch die wenigstens eine Austrittsöffnung (106) geöffneten Gehäuseabschnitt des Pumpengehäuses (104) befindet.
- 15 9. Axialpumpe nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wendepunkt (310) zumindest einer Skelettlinie im Bereich der Austrittsöffnung (106) liegt.
- 20 10. Axialpumpe nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wendepunkt (310) zumindest einer Skelettlinie im Bereich einer zu der Eintrittsöffnung weisenden Kante (206) der Austrittsöffnung (106), liegt.
- 25 11. Axialpumpe (102) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der die wellenförmige Schaufelkrümmung in Richtung einer radialen Ausdehnung des Schaufelabschnitts (202) variiert.
- 30 12. Axialpumpe (102) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, bei der die wellenförmige Schaufelkrümmung mit zunehmendem Abstand von der Drehachse (302) zunimmt.

13. Axialpumpe nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schaufelelement (110) in dem zumindest einen Schaufelabschnitt (202) mit der wellenförmigen Schaufelkrümmung eine in der Richtung der Drehachse (302) sich ändernde Dicke hat.

5

14. Axialpumpe (102) für ein Herzunterstützungssystem (100), wobei die Axialpumpe (102) folgende Merkmale aufweist:

ein Pumpengehäuse (104) zur Anordnung in einem Blutgefäß; und

10

einen in dem Pumpengehäuse (104) um eine Drehachse (302) drehbaren Pumpenläufer (108) mit einer Nabe (200) und mit zumindest einem zumindest abschnittsweise schraubenförmig um die Nabe (200) gewundenen Schaufelelement (110) zum Fördern eines Fördermediums,

15

wobei das Pumpengehäuse (104) wenigstens eine Eintrittsöffnung und wenigstens eine Austrittsöffnung (106) hat. die Eintrittsöffnung auf einer von der Drehachse durchsetzten Seite des Pumpengehäuses (104) angeordnet ist, und

20

wobei das zumindest eine Schaufelelement (110) ein Profil mit Skelettlinien (204) aufweist, deren Krümmung bei Abwickeln in eine Ebene in der Richtung der Drehachse (302) von der Eintrittsöffnung her kommend in einem Abschnitt bis zu einem Wendepunkt (310) zunimmt und in dem Abschnitt ab dem Wendepunkt (310) abnimmt.

25

15. Verfahren (700) zum Herstellen einer Axialpumpe (102) für ein Herzunterstützungssystem (100), wobei das Verfahren (700) folgende Schritte umfasst:

30

Bilden (710) eines Pumpengehäuses (104) zur Anordnung in einem Blutgefäß und eines Pumpenläufers (108) bestehend aus einer Nabe (200) und zumindest einem zumindest abschnittsweise schraubenförmig um

die Nabe (200) gewundenen Schaufelelement (110) zum Fördern eines Fördermediums, wobei das Schaufelelement (110) zumindest einen Schaufelabschnitt (202) mit einer wellenförmigen Schaufelkrümmung aufweist; und

5

Anordnen (720) des Pumpenläufers (108) in dem Pumpengehäuse (104), wobei der Pumpenläufer (108) um eine Drehachse (302) drehbar gelagert wird, um das Fördermedium in Richtung der Drehachse (302) zu fördern.

10

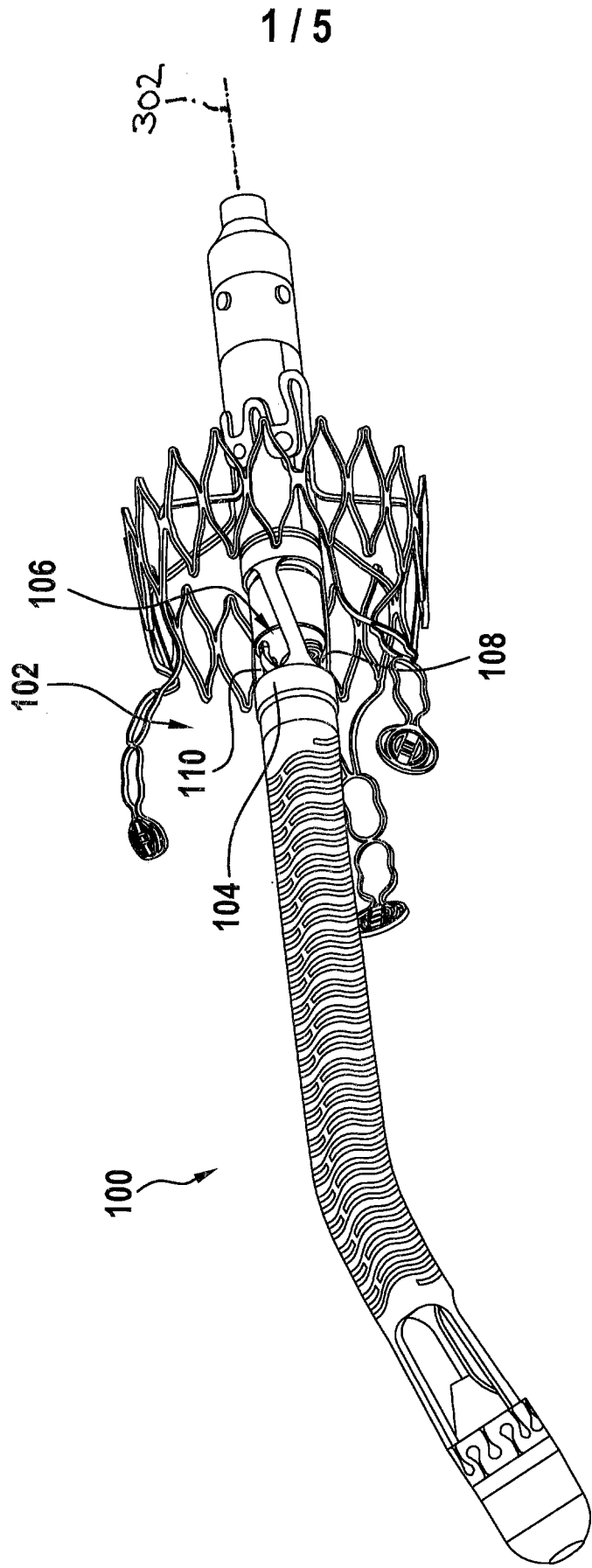
16. Vorrichtung (800) mit Einheiten (810, 820), die ausgebildet sind, um das Verfahren (700) gemäß Anspruch 15 auszuführen und/oder anzusteuern.

15 17. Computerprogramm, das ausgebildet ist, um das Verfahren (700) gemäß Anspruch 15 auszuführen und/oder anzusteuern.

18. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 17 gespeichert ist.

20

Fig. 1



2 / 5

Fig. 2

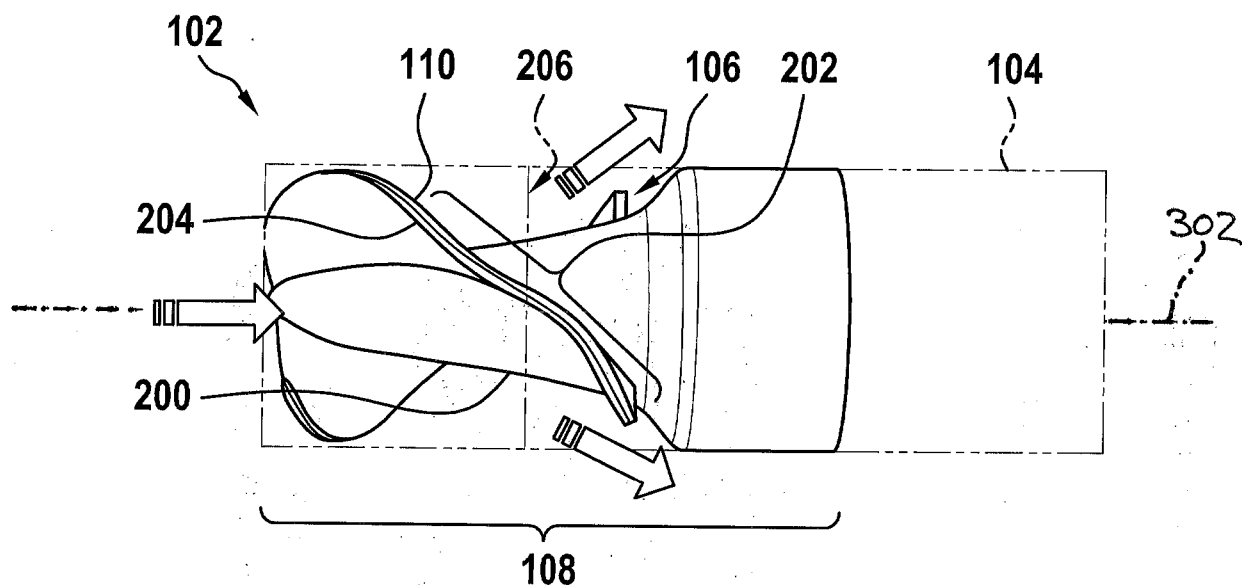


Fig. 3

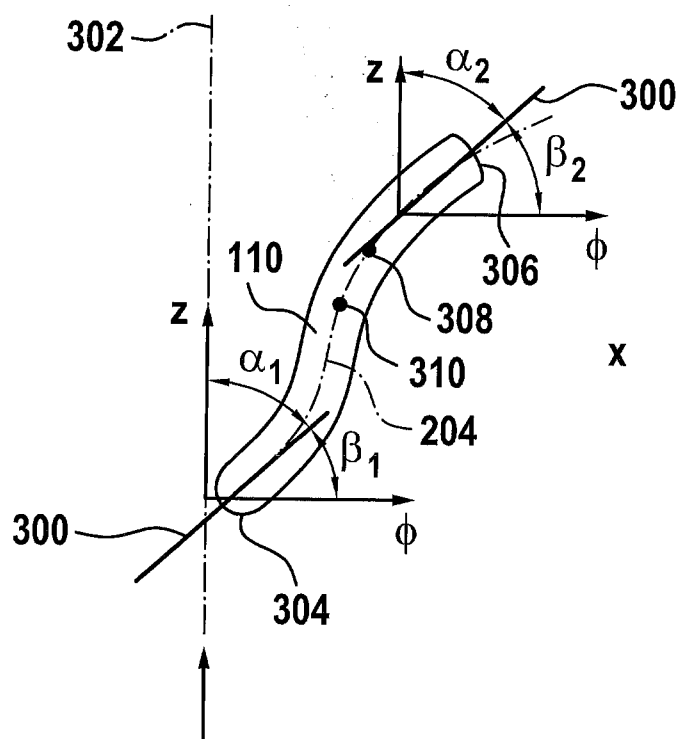


Fig. 4

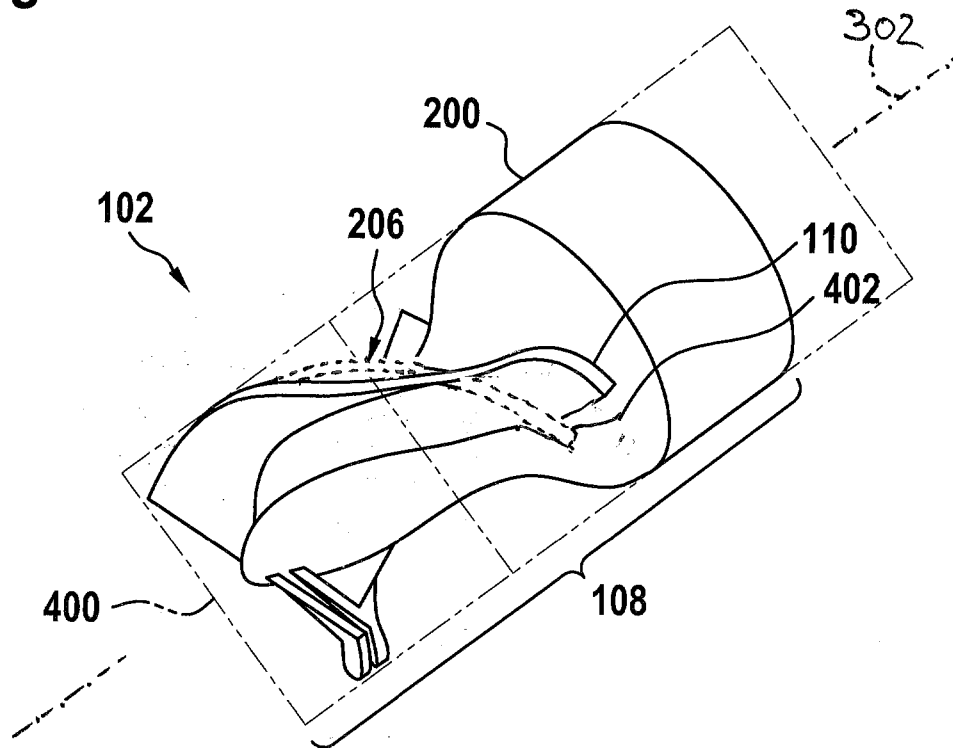
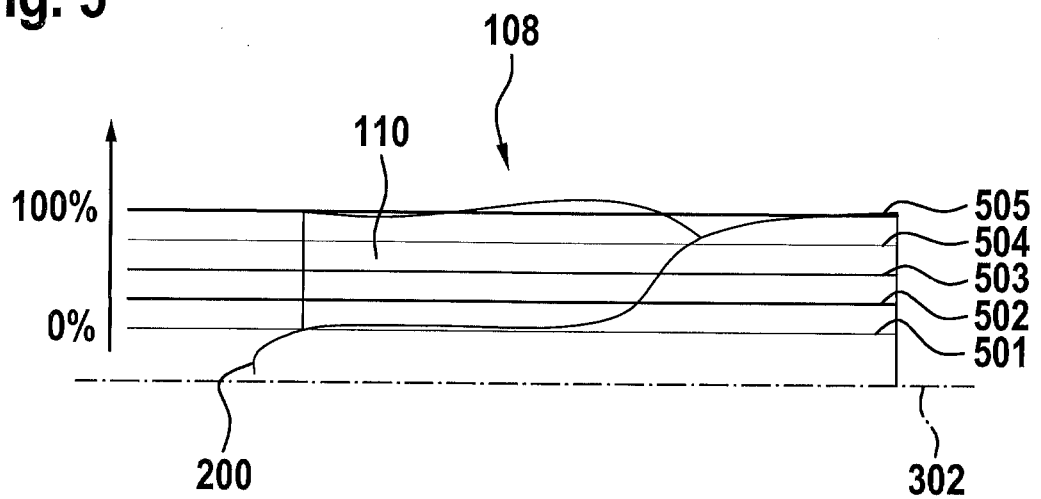


Fig. 5



4 / 5

Fig. 6

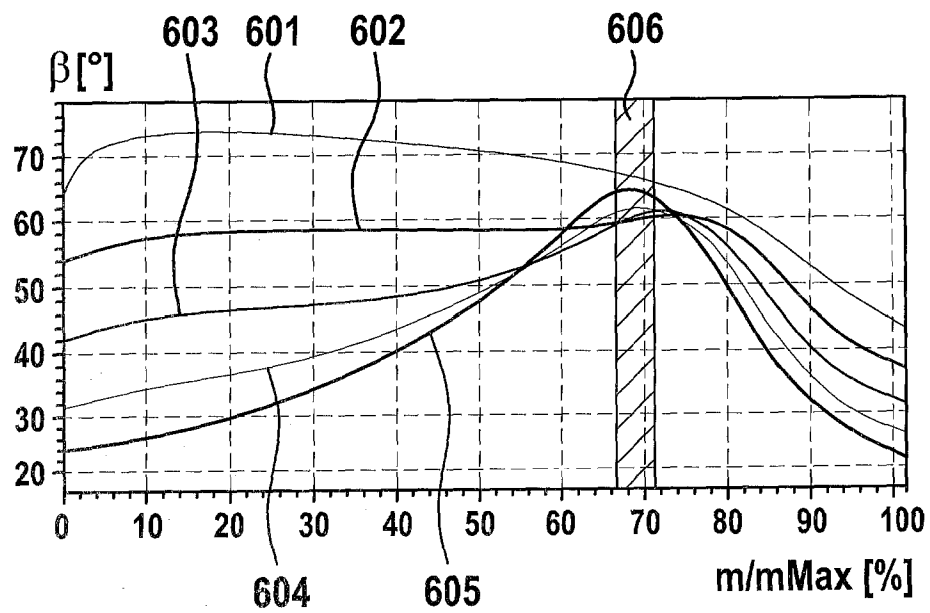
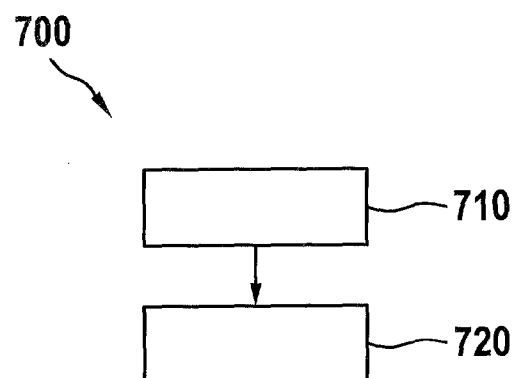
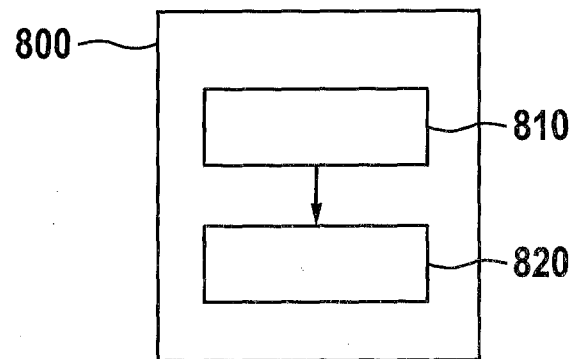


Fig. 7



5 / 5

Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/064157

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**A61M 1/10**(2006.01)i; **A61M 1/12**(2006.01)i; **F04D 29/18**(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)

A61M; F04C; 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2015051438 A1 (TASKIN MUSTAFA ERTAN [US]) 19 February 2015 (2015-02-19) page 2, paragraph 10 - paragraph 14 page 2, paragraph 31 - paragraph 33 page 3, paragraph 38 - page 4, paragraph 43 page 5, paragraph 48 page 5, paragraph 50 - page 6, paragraph 53 page 7, paragraph 61 - paragraph 62 figures 1-6,14,15,18,24	1-4,7,11,13,15-18 14
X	US 2016144089 A1 (WOO YI-REN [US] ET AL) 26 May 2016 (2016-05-26) page 10, paragraph 115 - page 11, paragraph 127 page 12, paragraph 136 - page 14, paragraph 149 page 15, paragraph 163 - page 17, paragraph 191 figures 12A-15C,18A-20C	1-18

☐ 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

29 August 2019

Date of mailing of the international search report

06 September 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Kempeneers, Johanna

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/064157

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
US	2015051438	A1	19 February 2015	AU	2014306563	A1 18 February 2016
				CA	2919896	A1 19 February 2015
				CN	105636619	A 01 June 2016
				EP	3033120	A1 22 June 2016
				JP	6246928	B2 13 December 2017
				JP	2016532500	A 20 October 2016
				KR	20160044492	A 25 April 2016
				US	2015051438	A1 19 February 2015
				US	2017173241	A1 22 June 2017
				US	2018221553	A1 09 August 2018
				WO	2015023850	A1 19 February 2015
US	2016144089	A1	26 May 2016	EP	3223880	A1 04 October 2017
				US	2016144089	A1 26 May 2016
				WO	2016086137	A1 02 June 2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. A61M1/10 A61M1/12 F04D29/18 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) A61M F04C 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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 2015/051438 A1 (TASKIN MUSTAFA ERTAN [US]) 19. Februar 2015 (2015-02-19) Seite 2, Absatz 10 - Absatz 14 Seite 2, Absatz 31 - Absatz 33 Seite 3, Absatz 38 - Seite 4, Absatz 43 Seite 5, Absatz 48 Seite 5, Absatz 50 - Seite 6, Absatz 53 Seite 7, Absatz 61 - Absatz 62 Abbildungen 1-6,14,15,18,24 ----- -/--	1-4,7, 11,13, 15-18 14
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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
29. August 2019		06/09/2019
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Kempeneers, Johanna

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2016/144089 A1 (WOO YI-REN [US] ET AL) 26. Mai 2016 (2016-05-26) Seite 10, Absatz 115 - Seite 11, Absatz 127 Seite 12, Absatz 136 - Seite 14, Absatz 149 Seite 15, Absatz 163 - Seite 17, Absatz 191 Abbildungen 12A-15C, 18A-20C -----	1-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/064157

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
US 2015051438	A1	19-02-2015	AU 2014306563 A1	18-02-2016
			CA 2919896 A1	19-02-2015
			CN 105636619 A	01-06-2016
			EP 3033120 A1	22-06-2016
			JP 6246928 B2	13-12-2017
			JP 2016532500 A	20-10-2016
			KR 20160044492 A	25-04-2016
			US 2015051438 A1	19-02-2015
			US 2017173241 A1	22-06-2017
			US 2018221553 A1	09-08-2018
			WO 2015023850 A1	19-02-2015

US 2016144089	A1	26-05-2016	EP 3223880 A1	04-10-2017
			US 2016144089 A1	26-05-2016
			WO 2016086137 A1	02-06-2016
