

(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

3. November 2016 (03.11.2016)



W I P O I P C T



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/174257 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61M 1/10 (2006.01) A61M 1/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/059708

(22) Internationales Anmeldedatum:  
29. April 2016 (29.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

15 166042.0 30. April 2015 (30.04.2015) EP  
15 166045.3 30. April 2015 (30.04.2015) EP

(71) Anmelder: ECP ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH [DE/DE]; Wiesenweg 10, 12247 Berlin (DE).

(72) Erfinder: SIESS, Thorsten; c/o Abiomed Europe GmbH, Neuenhofer Weg 3, 52074 Aachen (DE). SCHECKEL, Mario; Kaiserswerther Str. 4, 14195 Berlin (DE).

(74) Anwalt: PFENNING, MEINIG & PARTNER MBB; Joachimsthaler Str. 12, 10719 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ROTOR FOR A FLUID PUMP AND METHOD AND MOLD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung : ROTOR FÜR EINE FLUIDPUMPE SOWIE VERFAHREN UND GIESSFORM FÜR SEINE HERSTELLUNG

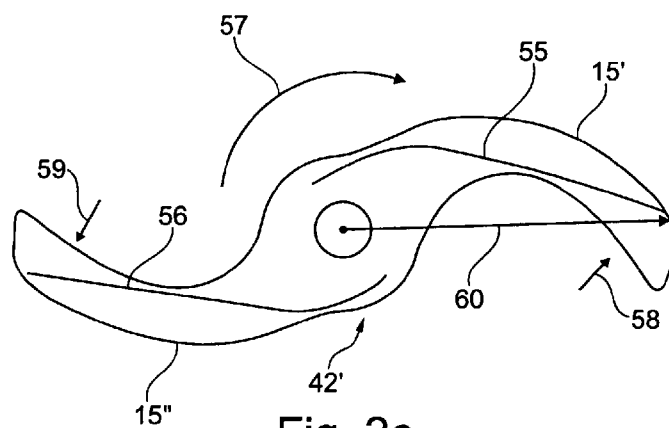


Fig. 2c

(57) Abstract: The invention relates to a rotor for a compressible fluid pump, in particular a blood pump that can be introduced through a blood vessel into a patient's body, wherein said rotor comprises one or more conveying elements (15), is compressible and expandable between a first compressed State and a second radially expanded State, is made at least partially from a plastic reinforced with reinforcing elements, in particular fibers (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) and is provided for rotation about an axis of rotation (14). According to the invention, the rotor is tensioned in the first, compressed State and free from external stresses in the second, expanded State. A third State exists, which the rotor (42) occupies in the operating State under load. The reinforcing elements, in particular fibers, extend in the rotor in the third State at least in sections in a stretched manner.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/174257 A1



- 
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

Gezeigt wird ein Rotor für eine komprimierbare Fluidpumpe, insbesondere eine durch ein Blutgefäß in einen Patientenkörper einführbare Blutpumpe, der ein oder mehrere Fördererlemente (15) aufweist und radial zwischen einem ersten, komprimierten und einem zweiten, radial expandierten Zustand komprimierbar und expandierbar ist und der wenigstens teilweise aus einem durch Verstärkungselemente, insbesondere Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) verstärkten Kunststoff besteht und zur Rotation um eine Rotationsachse (14) vorgesehen ist, wobei der Rotor im ersten, komprimierten Zustand gespannt und im zweiten, expandierten Zustand frei von äußeren Spannungen ist und wobei ein dritter Zustand existiert, den der Rotor (42) im Betriebszustand unter Last einnimmt. Die Verstärkungselemente, insbesondere Fasern, verlaufen in dem Rotor im dritten Zustand wenigstens abschnittsweise gestreckt.

Rotor für eine Huidpumpe sowie Verfahren und Gießform für seine Herstellung

5 Die vorliegende Schutzrechtsanmeldung liegt auf dem Gebiet der Mechanik und befasst sich konkret mit Rotoren für Fluidpumpen. Sie ist mit besonderem Vorteil im Bereich der Medizintechnik bei Katheterpumpen einsetzbar.

10 Im Bereich der Fluidpumpen sind Rotorpumpen bereits in verschiedenen Ausführungsformen als Axialpumpen oder Radtaltumpen bekannt. In beiden Fällen wird das zu fördernde Fluid durch eine Rotation eines Rotors und an diesem befestigter Fördererelemente beschleunigt, entweder in Axialrichtung oder in Radialrichtung.

15 Derartige Pumpen können grundsätzlich auch nach dem Stand der Technik bereits komprimiert werden, um sie platzsparend anzuordnen oder zu transportieren. Dies trifft insbesondere auf Katheterpumpen für den medizinischen Anwendungsbereich zu, die oft radial komprimierbar und expandierbar sind,

um sie durch einen Katheter bzw. durch Hohlräume im Körper eines Patienten an einen Anwendungsort befördern und dort expandieren zu können, bevor die Inbetriebnahme erfolgt. Solche Pumpen werden beispielsweise zur Unterstützung eines Herzens eines Patienten bei der Blutförderung eingesetzt und zu diesem Zweck durch ein Blutgefäß bis an oder in eine Herzkammer vorgeschoben.

Dabei ergeben sich besondere Herausforderungen durch die geringe Größe des Rotors und zusätzlich seine Komprimierbarkeit. Im expandierten Zustand muss der Rotor trotz seiner Komprimierbarkeit reproduzierbar eine Betriebsform einnehmen, die sich auch im Betrieb bei möglichst hohen Förderdrehzahlen so wenig wie möglich ändert, um eine Verringerung der Effizienz sowie eine Schädigung der zu fördernden Blutbestandteile zu verhindern.

Aus diesem Grund ist bereits der Einsatz verschiedenster Materialien und Materialkombinationen zu dem genannten Zweck erwogen und untersucht worden. Beispielsweise ist aus der WO 2010/063494 AI der Einsatz verschiedenster Elastomere, auch im Zusammenhang mit einer Faserverstärkung, bereits bekannt.

Aus der WO 2012/007141 AI ist eine Verstärkung eines Pumpenrotors durch Fasern bekannt, die in orientierter Form, beispielsweise in Radialrichtung, im Rotor angeordnet sein können.

Schließlich ist aus der WO 2012/007140 AI ein Pumpenrotor mit Verstärkungselementen bekannt, die im Wesentlichen außerhalb der Fördererleerente, beispielsweise auf deren Oberflächen, vorgesehen sein können.

Vor dem Hintergrund des Standes der Technik liegt der vorliegenden Erfindung somit die Aufgabe zugrunde, einen Kunststoffrotor der oben genannten Art zu schaffen, der eine minimale Relaxation nach Verformungen zwischen dem komprimierten und dem expandierten Zustand sowie eine möglichst genaue Reproduzierbarkeit seiner Geometrie zumindest im Betriebszustand aufweist.

Die Aufgabe wird durch einen Rotor, ein Verfahren zur Herstellung eines Rotors sowie eine entsprechende Gießform für einen Rotor gelöst.

5 Es ergibt sich unter anderem dadurch ein Rotor für eine komprimierbare Fluidpumpe, insbesondere eine durch ein Blutgefäß in einen Patientenkörper einführbare Blutpumpe, der ein oder mehrere Förder Elemente aufweist und radial zwischen einem ersten, komprimierten und einem zweiten, radial expandierten Zustand komprimierbar und expandierbar ist und der wenigstens teilweise aus einem durch strangförmige Verstärkungselemente, insbesondere Fasern verstärkten Kunststoff besteht und zur Rotation um eine 10 Rotationsachse vorgesehen ist, wobei der Rotor im ersten, komprimierten Zustand gespannt und im zweiten, expandierten Zustand frei von äußeren Spannungen ist und wobei ein dritter Zustand existiert, den der Rotor im Betriebszustand unter Last einnimmt, dadurch gekennzeichnet, dass die 15 Fasern in dem Rotor im dritten Zustand wenigstens abschnittsweise gestreckt verlaufen.

Derartige Fluidpumpen werden üblicherweise im komprimierten Zustand durch eine Schleuse in ein Blutgefäß, beispielsweise eine Arterie, eingeführt 20 und bis in die Nähe des Herzens oder teilweise bis in ein Patientenherz hinein eingeschoben, um dort expandiert zu werden. Die Erfindung beschränkt sich jedoch nicht auf derartige Blutpumpen, sondern umfasst auch andere Arten von Blutpumpen mit komprimierbaren und expandierbaren Rotoren oder andere Fluidpumpen, die für medizinische oder nichtmedizinische Zwecke in 25 Systeme von Hohlräumen einführbar sind. Im komprimierten Zustand steht der Rotor einer solchen Pumpe üblicherweise unter einer radialen Kompressionsspannung, indem er beispielsweise durch eine äußere Hülle zusammengehalten wird. Die äußere Hülle kann beispielsweise ein Katheter sein, aus dem die Pumpe zur Expansion hinausgeschoben wird. Der Rotor der Pumpe kann 30 jedoch auch durch jede andere Art äußerer Hülle im komprimierten Zustand zusammengehalten werden.

Wird die komprimierende Kraft eliminiert, so entspannt sich die Pumpe, oder zumindest der Rotor der Pumpe, und geht in einen zweiten, expandierten 35 entspannten Zustand über, in dem die radiale Ausdehnung des Rotors sich gegenüber dem ersten, komprimierten Zustand erheblich erweitert.

5 Wird dann die Pumpe in Betrieb genommen, indem der Rotor rotatorisch angetrieben und ein Fluid gefördert wird, so geht der Rotor in einen Betriebszustand über, der einem Lastzustand unter der Last der geförderten Flüssigkeit entspricht. Besonders dieser Betriebszustand soll bei einer definierten geometrischen Gestalt des Rotors stattfinden, die von der Höhe der Last möglichst unabhängig sein soll. Der Rotor soll zudem beim Übergang zwischen dem zweiten und dem dritten Zustand eine möglichst geringe Formänderung durchlaufen. Jedoch kann der Rotor im dritten Zustand unter der Last der geförderten Flüssigkeit derart verformt werden, dass der Durchmesser des Rotors sich gegenüber dem zweiten, expandierten Zustand vergrößert.

15 Die strangförmigen Verstärkungselemente/Fasern, die das Kunststoffmaterial des Rotors verstärken, sollen derart in der Matrix des Kunststoffmaterials angeordnet sein, dass sie im dritten Zustand wenigstens abschnittsweise gestreckt verlaufen und dadurch den Rotor in seiner Form gegenüber der Last stabilisieren. Die Fasern sollen dabei in Längsrichtung zugbeansprucht werden. Da die Fasern in Längsrichtung praktisch nicht dehnbar sind, führen entsprechende Belastungen in Längsrichtung der Fasern kaum zu einer merklichen Formveränderung der Matrix. Der Rotor oder einzelne Elemente des Rotors, beispielsweise die Förder Elemente, kann/können sich somit in der Form vom komprimierten Zustand bis zum Betriebszustand problemlos so lange verändern, bis die Fasern wenigstens abschnittsweise gestreckt sind. An diesem Punkt wird durch die Verankerung der Fasern im Kunststoffmaterial!

20

25 des Rotors zumindest in dem Bereich, in dem die Fasern gestreckt sind, eine Bewegung in Längsrichtung der Fasern auch unter Last praktisch unmöglich gemacht.

30 Eine besondere Ausgestaltung der Lösung sieht beispielsweise dabei vor, dass die Verstärkungselemente/Fasern im dritten Zustand (Betriebszustand) des Rotors wenigstens abschnittsweise in Bereichen des Rotors, in denen dieser eine Dehnspannung aufweist, gestreckt und im Wesentlichen in Richtung der Dehnspannung verlaufen.

35 Die Verstärkungselemente/Fasern sollten wenigstens abschnittsweise in der Verlaufsrichtung angeordnet werden, in der Dehnspannungen im Rotor

auftreten, so dass diese Dehnspannungen durch Aufnahme der Längskräfte in den Fasern abgefangen werden und der Rotor sich in seiner Form praktisch nicht bzw. nicht weiter verändert.

5 Dies erfordert beispielsweise, dass wenigstens ein Teil der Verstärkungselemente/Fasern außerhalb der sogenannten neutralen Faser in den Förderementen des Rotors verläuft. Im Bereich der sogenannten neutralen Faser und/oder neutralen Fläche in der Nomenklatur der Biegemechanik würde eine zugfeste Faser keine zusätzliche Stabilisierung des Rotors erbringen. Die  
10 biegetechnisch neutrale Faser ist bei den hier beschriebenen Rotoren in der Regel eine Fläche, weshalb im Folgenden zur besseren Klarheit der Begriff biegeneutrale Fläche bzw. neutrale Fläche verwendet wird.

Es kann deshalb vorgesehen sein, dass mehr als die Hälfte der Verstärkungselemente/Fasern in Bereichen des Rotors und/oder der Förderemente  
15 angeordnet sind, in denen dieser/diese im Betriebszustand Dehnspannungen aufweist/aufweisen. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn viele Fasern in dem Bereich des Rotors oder eines Förderelements angeordnet sind, der unter Last Dehnspannungen aufweist.

20 Zudem kann vorgesehen sein, dass bei dem Rotor zwischen dem zweiten, expandierten Zustand in dem dritten Betriebszustand bezüglich der äußeren Form im Wesentlichen keine Unterschiede bestehen.

25 Zu einer besonders guten Stabilisierung des Rotors insgesamt kann beispielsweise auch vorgesehen sein, dass Verstärkungselemente/Fasern vorgesehen sind, die sich in radialer Richtung über die Rotationsachse hinaus erstrecken. Damit werden einzelne Förderemente nicht nur gegen eine Biegung in steh stabilisiert, sondern auch gegenüber einer Schwenkbewegung um einen  
30 rotationsachsennahen Teil des Rotors, beispielsweise eine Nabe.

Zudem kann vorteilhaft vorgesehen sein, dass im Betriebszustand wenigstens ein Teil der Fasern, insbesondere die Mehrheit der Verstärkungselemente/Fasern, abschnittsweise gerade verlaufen. Zwischen den Abschnitten, in  
35 denen die Verstärkungselemente/Fasern gerade verlaufen, können andere

gerade Abschnitte oder auch gekrümmte Abschnitte der Fasern vorgesehen sein.

5 Es kann auch vorgesehen sein, dass im Betriebszustand wenigstens ein Teil der Fasern, insbesondere die Mehrheit der Verstärkungselemente/Fasern, entlang der Längsrichtung des jeweiligen Förderelementes mit einer geringeren Krümmung verlaufen als die neutrale Fläche des jeweiligen Förderelementes im Sinne der Festigkeitslehre. Durch diese Anordnung der Verstärkungselemente/Fasern wird sichergestellt, dass die Verstärkungsfasern einerseits  
10 im Betriebszustand bereits stark gestreckt sind und dass sie andererseits außerhalb der neutralen Fläche der Förderelemente verlaufen und somit in solchen Bereichen, die unter Belastungen Dehnspannungen aufweisen können.

15 Es kann zudem auch vorgesehen sein, dass der Kunststoff des Rotors eine Shore-Härte  $< 100$  D, insbesondere  $< 80$  D, aufweist. Durch die geringe Shore-Härte, die beispielsweise auch kleiner als 80 D gewählt werden kann, ergibt sich bei starker Biegung oder Knickung des Materials für die eingebetteten Verstärkungselemente/Fasern die Möglichkeit, in das nachgiebige Material der Basis auszuweichen und dadurch den Krümmungsradius nach unten zu  
20 begrenzen. Damit ergibt sich eine Verringerung der Bruchgefahr für die Elemente/Fasern.

Zudem kann bei einem solchen Rotor auch vorgesehen sein, dass ein erster  
25 Anteil von mehr als 30%, insbesondere mehr als 50%, der Verstärkungselemente/Fasern im expandierten Zustand des Rotors im Wesentlichen gestreckt von einem der Rotorachse am nächsten liegenden Abschnitt zu einem der Rotationsachse ferner liegenden zweiten Abschnitt verläuft. Durch diese Positionierung, Ausrichtung und Formung der Verstärkungselemente/Fasern  
30 wird eine Überstreckung des Rotors über den expandierten Zustand hinaus wirkungsvoll vermieden.

Eine Rotorkonstruktion kann auch dadurch ausgestaltet werden, dass ein  
35 erster Anteil der Verstärkungselemente/Fasern, der mehr als 30% der Verstärkungselemente/Fasern, insbesondere mehr als 50%, der Verstärkungselemente/Fasern beträgt, eine Länge aufweist, die mindestens 30%, insbe-



sondere mindestens 50%, der Maximaihöhe der Fördererelemente, gemessen in Radialrichtung des Rotors im expandierten Zustand, entspricht. Hierdurch ergeben sich Stabilisierungskräfte, die größere Teile des Rotors umfassen und diesen insgesamt stabilisieren.

5

Dazu kann außerdem vorgesehen sein, dass der erste Anteil der Verstärkungselemente/Fasern im Betriebszustand im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsachse verläuft. Durch diese Ausrichtung der Verstärkungselemente/Fasern können Dehnspannungen im Rotor, die durch die Last des zu fördernden Fluids erzeugt werden, optimal aufgenommen werden.

10

Weiter kann die Bauart des Rotors dadurch ausgestaltet werden, dass der Durchmesser der Verstärkungselemente/Fasern, insbesondere des ersten Anteils der Verstärkungselemente/Fasern, kleiner als 40 Mikrometer ist.

15

Durch einen derart klein gestalteten Durchmesser der Verstärkungselemente/Fasern können geringe Biegeradien erreicht werden, so dass die Bruchgefahr für die Verstärkungselemente/Fasern weiter vermindert ist.

20

Zudem kann vorgesehen sein, dass die Oberfläche der Verstärkungselemente/Fasern mit einem Haftvermittler versehen ist. Dadurch wird eine gute Verankerung der Verstärkungselemente/Fasern im Kunststoffmaterial der Matrix erreicht, was zu einer weiteren Verbesserung bei der Aufnahme von Dehnspannungen durch die Verstärkungselemente/Fasern führt.

25

Die Erfindung bezieht sich zudem auf ein Verfahren zur Herstellung eines Rotors nach Anspruch 1 oder einem der folgenden mittels eines Gießverfahrens, insbesondere eines Spritzgießverfahrens, bei dem das Material der Fördererelemente in Radialrichtung in Bezug auf die Rotorachse in die Volumina der Fördererelemente derart eingebracht wird, dass der Gießwerkstoff in das Volumen jedes einzelnen Fördererelementes jeweils in Radialrichtung einströmt.

30

35

Bei einem solchen Verfahren kann das Gussmaterial beispielsweise in Axialrichtung im zentralen Bereich des Rotors, beispielsweise im Volumen einer Rotornabe, eingespritzt und von dort radial in die einzelnen Fördererelemente hinein verteilt werden. Jedes einzelne Fördererelement wird dann in einer radial

gerichteten Flussrichtung des Materials von innen nach außen gefüllt. Es ist jedoch auch eine Füllung von den radial außen liegenden Enden der Förder-elemente radial nach innen, auf die Rotorachse hin gerichtet, möglich.

5 Die in dem Gussmaterial vorhandenen Verstärkungselemente/Fasern oder auch Folienabschnitte, die beispielsweise aus Glas, jedoch auch aus Kohlenstoff bzw. Polycarbonat oder Metall bestehen können, werden durch den Strom des Matrixmaterials mitgenommen und vorwiegend in Flussrichtung des Materials ausgerichtet.

10

Eine für die Herstellung des beschriebenen Rotors und für das beschriebene Verfahren optimierte Gießform soll ebenfalls vorgestellt werden. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass bei den Volumina der Förder-elemente an deren radial verlaufenden Kanten Überströmkanäle vorgesehen sind, um  
15 einen störungsfreien Fluss des Gießwerkstoffs in Radialrichtung zu ermöglichen.

15

Durch die an den Kanten vorgesehenen Überströmkanäle wird die Ausbildung von Verwirbelungen mit lokalen Rückströmungen im Bereich der Kanten der Förder-elemente verhindert, so dass eine weitgehend laminare Strömung ausgebildet werden kann. Hierdurch werden die Verstärkungselemente/Fasern in überwiegend gestreckter Lage in die Matrix eingebettet. Dies ist insbesondere deshalb sinnvoll, da die Gießform den Guss eines Rotors im zweiten, expandierten Zustand, d. h. frei von äußeren Spannungen, ermöglicht.  
25

20

25

Zusätzlich zu den an den seitlichen Kanten der Förder-elemente vorgesehenen Überströmkanälen können auch an den radial außen gelegenen Enden der Volumina in der Gießform Überströmkanäle ausgebildet sein, die das Abströmen an den radial außen gelegenen Enden der Förder-elemente erlauben. Das überschüssige Gussmaterial kann nach wenigstens teilweisem Erstarren des Rotors in der Gießform entfernt werden,  
30

30

Es kann bei der Anordnung der Verstärkungselemente/Fasern im Volumen der Förder-elemente gezielt eine Beabstandung von der biege-neutralen Fläche angestrebt werden, um bei der Belastung durch den Fluidgedruck im  
35

35

Betriebszustand eine besondere Stabilisierung bei Ausbiegung der Förderer-  
mente in eine Richtung durch Streckung der Verstärkungselemente/Fasern zu  
erreichen. Jedenfalls sollten die Verstärkungselemente/Fasern vorteilhaft im  
Inneren der Fördererlemente verlaufen und einen bestimmten Mindestab-  
stand zu den äußeren Begrenzungsflächen der Fördererlemente einhalten.

Es können in dem Rotor auch mehrere Gruppen von Verstärkungselemen-  
ten/Fasern unterschiedlicher Länge vorgesehen sein, wobei wenigstens eine  
Gruppe eine bestimmte Mindestlänge aufweist, während die Verstärkungs-  
elemente/Fasern von einer oder mehreren Gruppen kürzer sind oder eine  
Längenverteilung aufweisen, die nur vernachlässigbar wenige Verstärkungs-  
elemente/Fasern oberhalb einer Faserlänge aufweist, die unterhalb einer  
typischen Länge des ersten Anteils der Verstärkungselemente/Fasern liegt.  
Typisch liegt die Durchschnittslänge der kürzeren Verstärkungselemen-  
te/Fasern bei weniger als einem Drittel der Länge des ersten Anteils der  
Verstärkungselemente/Fasern.

Der Rotor kann vorteilhaft dadurch ausgestaltet werden, dass jedes Verstär-  
kungselement /jede Faser des ersten Anteils der Verstärkungselemen-  
te/Fasern in ihrem Verlauf höchstens  $45^\circ$  in Axialrichtung und/oder  
Azimutalrichtung von einer radial auf die Rotorachse (14) ausgerichteten Lage  
abweicht. Die Verstärkungselemente/Fasern verlaufen dann in einer Fläche, in  
der auch die gesamte Rotationsachse des Rotors verläuft, so dass sie sich  
beispielsweise direkt von der Rotationsachse ausgehend zunächst senkrecht  
radial nach außen erstrecken können. Jedoch ist auch eine Ausrichtung der  
Verstärkungselemente/Fasern von der Rotationsachse radial in einem Winkel  
zwischen  $45^\circ$  und  $90^\circ$  zur Rotationsachse möglich. In einer Ausgestaltung  
weist die Erstreckung der Verstärkungselemente/Fasern jedenfalls keine oder  
nur geringe azimutale (in Umfangsrichtung verlaufende) Ausrichtung auf.

Der Gegenstand kann weiterhin dadurch ausgestaltet sein, dass die Förder-  
elemente aus einem Schaumstoff bestehen. Dabei ist insbesondere an einen  
geschlossenporigen Schaumstoff gedacht, der durch die Verstärkungsfasern  
effektiv stabilisierbar ist und der dennoch einfach und in ausreichendem Maß  
komprimierbar ist. Bei der Kompressionsbewegung ist gerade bei einem  
Schaumstoff ein Ausweichen der Verstärkungselemente/Fasern zur Verhinde-

rung der Unterschreitung eines kritischen Biegeradius besonders einfach möglich, Üblicherweise weisen derartige Schaumstoffe im Inneren des Volumens der Fördererlemente entsprechende Poren auf, sind jedoch an den äußeren Begrenzungsflächen praktisch vollständig geschlossen.

5

Der Rotor kann auch derart gestaltet sein, dass ein Anteil von Verstärkungselementen/Fasern im expandierten Zustand des Rotors zu den Verstärkungselementen/Fasern des ersten Teils quer verläuft und insbesondere mit diesen im Mittel Winkel von mindestens 30° einschließt. Dadurch kann die jeweilige Gruppe von Fasern ein Biegen des Rotors oder eines Fördererlements des Rotors jeweils in Längsrichtung der Fasern fast vollständig verhindern, sofern die Biegung in einer Richtung erfolgt, in der die Fasern auf Zug beansprucht werden. Sind in der beschriebenen Art zwei Richtungen durch die verschiedene Anordnung von zwei Fasergruppen ausgezeichnet, so lässt sich eine dreidimensionale Form des Rotors oder eines Teils des Rotors in sehr effizienter Weise stabilisieren und gegen Biegung in verschiedenen Richtungen verfestigen.

10

15

20

25

Es kann zudem vorgesehen sein, dass die Verstärkungselemente/Fasern wenigstens teilweise in Form von Gewebeabschnitten mit längs und quer verlaufenden Fasern vorliegen. Die Gewebeabschnitte können sich beispielsweise in ihrer Längsrichtung wenigstens zwei-, drei-, fünf- oder zehnmal so weit erstrecken wie in der senkrecht dazu liegenden Querrichtung, so dass sie jeweils einen länglichen Streifen bilden. Innerhalb dieser Gewebe sind dann ohne weiteres erste Fasern in einer Längsrichtung und dazu quer verlaufende zweite Fasern senkrecht oder in einem stumpfen Winkel dazu vorgesehen.

30

35

Es kann beispielsweise auch vorgesehen sein, dass die Verstärkungselemente in Form von Folienstreifen vorliegen, deren Länge wenigstens dreimal, insbesondere wenigstens fünfmal, weiter insbesondere wenigstens zehnmal so groß ist wie ihre Breite. Diese Folienstreifen können aus einem anisotropen Polymer bestehen, das beispielsweise in Längsrichtung wesentlich zugfester ist als in Querrichtung. Sie können jedoch auch aus einer isotropen Folie bestehen, beispielsweise aus zugfestem Kunststoffmaterial oder auch aus einem Metall, wie Aluminium, Silber, Titan, Nitinoid oder Gold.

Vorteilhaft kann zudem vorgesehen sein, dass die Verstärkungselemente von dem Kunststoff, aus dem der Rotor überwiegend besteht, wenigstens auf einem Anteil von 90%, insbesondere 99 %, ihrer Oberfläche, weiter insbesondere vollständig, umschlossen sind. Es kann im Einzelfall geschehen, dass

5 Verstärkungselemente in der Spritzgreißform an deren Wand stoßen, so dass sie im fertigen Produkt an die äußere Oberfläche des Rotors treten. Dabei sind dann jedoch im Normalfall nur die Enden der Verstärkungselemente an der Außenseite des Rotors freiliegend angeordnet, wobei auch dies durch das Einbringen von Verstärkungselementen und eine geeignete Strömungs-

10 führung beim Spritzgießen während des Spritzgießvorgangs relativ unwahrscheinlich wird.

Es kann bei dem Rotor außerdem auch vorgesehen sein, dass das Kunststoffmaterial, das die Verstärkungselemente einbettet, auf der im Betrieb von dem

15 Fluidgegendruck nicht belasteten Seite der Förderelemente wenigstens bereichsweise andere Eigenschaften aufweist als auf der mit dem Fluidgegendruck belasteten Seite der Förderelemente, insbesondere auf der von dem Fluidgegendruck nicht belasteten Seite stärker vernetzt oder geschrumpft ist oder dort auf der Oberfläche eine auf dem Förderelement geschrumpfte

20 Auflage in Form von einer oder mehreren Folien, Beschichtungen oder Fasern trägt. Mit den beiden Seiten der Förderelemente sind in diesem Zusammenhang die Volumenbereiche auf den beiden Seiten der im Pumpbetrieb bei der Biegebelastung biegeneutralen Ebene oder Fläche im Volumen des jeweiligen Förderelementes gemeint.

25 Eines der Ziele, die mit der Erfindung angestrebt werden können, ist, dass der zweite Zustand des Rotors, den dieser im von außen kraftfreien Zustand einnimmt, sich möglichst wenig von einem dritten Zustand unterscheidet, den der Rotor im Betrieb während seiner Rotation in einem Fluid unter der Wirkung des Fluidgegendrucks einnimmt. Deshalb ist es wünschenswert, dass die Verstärkungsfasern bereits im zweiten Zustand des Rotors möglichst weitgehend gestreckt sind und in einer Richtung verlaufen, in der sie zumindest Biegungen des Rotors begrenzen.

30

35 Dies kann dadurch unterstützt werden, dass die Form des Rotors in dem zweiten Zustand, in dem er sich kraftfrei befindet, sich von der Form, die der

Rotor in der Spritzgießform einnimmt, unterscheidet. Es kann durch geeignete Gestaltung der Kunststoffmatrix, die durch den Spritzgießwerkstoff gebildet wird, bewirkt werden, dass bereits im von außen kräftefreien Zustand durch elastische Kräfte des Spritzgießwerkstoffs eine Verformung in Richtung auf den dritten Zustand hin stattfindet, die die Fasern vorspannt. Dieser Effekt kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass ein von den Verstärkungselementen unterschiedliches Material im oder am Rotor vorgesehen ist, dass den Rotor, insbesondere die Fördererlemente, in eine Form bringt, in der die Verstärkungselemente vorgespannt sind. Da beim eigentlichen Vergießen der Verstärkungselemente in der Matrix diese mehr oder weniger kraftfrei vorliegen, gelingt dies durch eine Veränderung der Kunststoffmatrix oder des Körpers des Rotors insgesamt nach dem Abschluss des Spritzgießvorgangs. Beispielsweise kann die Kunststoffmatrix nach der Entnahme aus der Spritzgussform besonders behandelt werden, derart, dass das Material der Fördererlemente auf der Seite, die dem Fluidgedrückt während des Betriebs ausgesetzt ist, gelängt oder auf der gegenüberliegenden Seite geschrumpft bzw. anisotrop verkürzt wird. Dies kann beispielsweise durch eine ungleichmäßige Vernetzung der Kunststoffmatrix geschehen, die auf den beiden Seiten der neutralen Faser der Fördererlemente unterschiedlich ist. Es kann jedoch auch dadurch gelingen, dass die Fördererlemente auf der Seite, die der im Betrieb dem Fluidgedrückt ausgesetzten Seite der Fördererlemente gegenüberliegt, mit einer Folie beschichtet werden, die nach der Beschichtung schrumpft oder geschrumpft werden kann, beispielsweise durch **Elektronenstrahlvernetzung** oder UV-Vernetzung oder durch thermische Behandlung.

Es kann auch ein Rotor für eine komprimierbare Fluidpumpe vorliegen, der radial zwischen einem ersten, komprimierten und einem zweiten, expandierten Zustand expandierbar und komprimierbar ist, wobei zudem vorgesehen sein kann, dass ein oder mehrere Fördererlemente des Rotors durch Spritzgießen mit gleichzeitigem Hinzufügen von Verstärkungselementen im expandierten Zustand hergestellt ist, wobei die Verstärkungselemente durch einen Spritzgießwerkstoff allseitig umschlossen sind und wenigstens abschnittsweise im expandierten Zustand gestreckt, insbesondere zu wenigstens 90 %, weiter insbesondere zu 95 %, weiter insbesondere zu 99 % gestreckt bzw. bei Verwendung eines Gewebes soweit wie möglich gestreckt vorliegen.

Der Rotor kann beispielsweise auch derart gestaltet sein, dass die Verstärkungselemente im zweiten, expandierten Zustand des Rotors ohne einen Fluidgedruck in einem solchen Maß gestreckt vorliegen, dass sie sich beim Übergang zu einem dritten Zustand, der den Betriebszustand mit einem Fluidgedruck darsteift, um weniger als 5 %, insbesondere weniger als 1 %, verlängern, wobei die Verlängerung insbesondere am Abstand der beiden Enden eines Verstärkungselementes voneinander vor und während der Zugbelastung bemessen ist.

Es kann beispielsweise bei dem Rotor weiter vorgesehen sein, dass in einem zweiten, expandierten Zustand des Rotors und/oder einem dritten Betriebszustand mit Fluidgedruck wenigstens ein Anteil der Verstärkungselemente, insbesondere mindestens 10 %, weiter insbesondere mindestens 30 %, in wenigstens einem Bereich eines Förderelementes, in dem dieses gekrümmt ist, gestreckt und gerade verlaufen.

Es kann außerdem vorgesehen sein, dass in einem Bereich eines Förderelementes, in dem dieses gekrümmt ist, wenigstens zwei Anteile von Verstärkungselementen gerade und gestreckt verlaufen, wobei die Richtungen, in denen die Verstärkungselemente verlaufen, bei dem jeweiligen Anteil parallel, jedoch bei den verschiedenen Anteilen verschieden sind. Die Fasern der verschiedenen Gruppen können dabei bereits miteinander verbunden als Gewebe oder getrennt voneinander, insbesondere nacheinander, in die Spritzgussform eingebracht werden.

Eine weitere Ausgestaltung des Rotors kann vorsehen, dass die Länge der Verstärkungselemente bei wenigstens 30 %, insbesondere wenigstens 50 %, der Elemente größer ist als die durchschnittliche Dicke der Förderelemente, insbesondere wenigstens zweimal so lang, weiter insbesondere wenigstens 5-mal oder 10-mal so lang. Die so gekennzeichneten langen Verstärkungselemente können beim Füllen des Gießwerkstoffs durch andere Füllelemente, wie beispielsweise sehr kurze Fasern und/oder Partikel, ergänzt werden, wobei die kurzen Fasern dabei auch jeweils in gestreckter Form vorliegen können. Dies bewirkt jedoch wenig in Bezug auf eine Begrenzung der Krümmung des Rotors, da diese Fasern üblicherweise sehr kurz sind. Mit der Dicke der Förderelemente ist in diesem Zusammenhang an jedem Punkt der Förder-

elemente die Ausdehnung in derjenigen Richtung gemeint, in der die Ausdehnung des jeweiligen Förderelements am geringsten ist.

5 Eine weitere Ausgestaltung des Rotors kann vorsehen, dass Verstärkungselemente, insbesondere Fasern, in den sie einbettenden Kunststoff in einem Spritzgussverfahren eingebracht sind und während der Zeit, in der sich der Rotor in der Spritzgussform befindet, einen abschnittsweise gekrümmten Verlauf entlang der Strömung des Kunststoffs in die Spritzgussform aufweisen.

10 Die Erfindung bezieht sich zudem auch auf eine Gießform für einen Rotor der oben beschriebenen Art, bei der vorgesehen ist, dass bei den Volumina der Fördererlemente an deren radial verlaufenden Kanten Überströmkanäle vorgesehen sind, um einen störungsfreien Fluss des Gießwerkstoffs in Radialrichtung zu ermöglichen.

15 Ein Verfahren zur Herstellung des oben beschriebenen Rotors kann vorsehen, dass das Material der Fördererlemente in Radialrichtung in Bezug auf die Rotorachse in die Volumina der Fördererlemente derart eingebracht wird, dass der Gießwerkstoff in das Volumen jedes einzelnen Fördererlementes jeweils in Radialrichtung einströmt.

20

Durch Anordnung und Größe der Überströmkanäle der Gießform kann darüber hinaus die Strömungsrichtung des einfließenden Gießwerkstoffes und damit die Ausrichtung der Fasern entlang der Strömung gesteuert werden.

25 Ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Rotors kann vorsehen, dass der Rotor durch Gießen, insbesondere Spritzgießen, hergestellt wird, wobei das Spritzgießverfahren in zwei aufeinanderfolgenden Phasen mit unterschiedlichen Einspritzrichtungen und/oder von zwei verschiedenen Einspritzstellen aus durchgeführt wird. Hierdurch können gezielt Verstärkungselemente/Fasern in den Spritzgießwerkstoff eingebracht werden, die gruppenweise in unterschiedlichen Richtungen verlaufen.

30

Es kann auch bei einem Verfahren zur Herstellung eines Rotors vorgesehen sein, dass der Rotor nach dem Spritzgießen einer Behandlung unterworfen wird, die eine unterschiedliche Schrumpfung und/oder Vernetzung des Guss-

35



materials auf der im Betrieb durch den Fluidgegendruck belasteten Seite der Fördererelemente als auf der dieser gegenüberliegenden Seite bewirkt. Hierdurch kann der Rotor durch Erzeugung innerer Spannungen derart vorgespannt werden, dass er ohne Einwirkung äußerer Kräfte bereits den dritten Zustand, d. h. einen Betriebszustand, einnimmt, der stabil ist, wenn der Rotor einem Fluidgegendruck ausgesetzt ist. Dies geschieht dadurch, dass die inneren Spannungen derart gerichtet und bemessen sind, dass hierdurch die Verstärkungselemente bereits mit einer Zugkraft beaufschlagt werden, die in der Größenordnung der Kräfte liegt, denen die Verstärkungsfasern im Betrieb des Rotors ausgesetzt sind.

Hierzu kann beispielsweise auch vorgesehen sein, dass auf der der im Betrieb einem Fluidgegendruck ausgesetzten Seite der Fördererelemente gegenüberliegenden Seite auf wenigstens eines der Fördererelemente eine schrumpfbare oder schrumpfende Schicht aufgebracht wird.

Alternativ oder zusätzlich kann beispielsweise vorgesehen sein, dass bei der Gießform wenigstens zwei verschiedene Einspritzöffnungen für den Spritzgießwerkstoff vorgesehen sind. Dadurch kann während des Gießvorgangs die Strömung des Spritzgießwerkstoffs in der Form gezielt verändert werden, so dass bei Zusatz von Verstärkungselementen in verschiedenen Phasen die Verstärkungselemente jeweils in der Hauptströmungsrichtung des Spritzgießwerkstoffs und damit in unterschiedlichen Richtungen entsprechend den verschiedenen Phasen des Spritzgießvorgangs angeordnet werden können. Hierzu kann beispielsweise eine erste Teilmenge des Spritzgießwerkstoffs durch eine erste Einspritzöffnung und eine zweite Teilmenge durch eine zweite Einspritzöffnung nacheinander oder gleichzeitig oder in einem veränderlichen Mengenverhältnis zueinander eingespritzt werden.

Im Folgenden wird die Neuerung anhand von Ausführungsbeispielen in Figuren einer Zeichnung gezeigt und nachfolgend erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 schematisch in einem Schnitt eine Katheterpumpe, die in eine Herzkammer eines Patienten eingeführt ist,

- Fig. 2a einen Ausschnitt aus einem Rotor einer Katheterpumpe zur Förderung von Blut,
- 5 Fig. 2b eine Querschnittsdarstellung eines entspannten Rotors mit einer beispielhaft dargestellten Faser,
- Fig. 2c die Querschnittsdarstellung eines Rotors im dritten Zustand, dem Betriebszustand,
- 10 Fig. 2d die Querschnittsdarstellung eines Rotors im komprimierten Zustand,
- Fig. 2e eine Querschnittsdarstellung eines Förderelementes mit Markierung der biegetechnisch neutralen Fläche sowie mit beispielhaft dargestellten Verstärkungsfasern,
- 15 Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Ebene, die die Rotationssachse des Rotors enthält,
- 20 Fig. 4 einen Ausschnitt aus einem planen Förderelement mit einer Faser zur Verstärkung,
- Fig. 5a die Ausrichtung einer Faser beim Gießvorgang,
- 25 Fig. 5b eine Seitenansicht des Abschnitts aus Figur 4,
- Fig. 6 den Abschnitt eines Förderelements wie in Figur 4 und 5 gezeigt nach einem Knickvorgang,
- 30 Fig. 7 eine schematische Ansicht eines Gießwerkzeugs für einen Rotor, wobei der Gießvorgang durch Strömungspfeile angedeutet ist,
- Fig. 8 eine Gießform für einen Rotor mit einer verglichen mit Figur 7 umgekehrten Einspritzrichtung,
- 35

- Fig. 9 eine Gießform, bei der Maßnahmen gegen eine Verwirbelung des Spritzgusswerkstoffs im Volumen der Fördererlemente getroffen sind,
- 5 Fig. 10 eine weitere Gießform,
- Fig. 11 ein folienartiges, bandförmiges Verstärkungselement,
- 10 Fig. 12 ein gewebeartiges Verstärkungselement sowie
- Fig. 13 einen Querschnitt durch ein Fördererlement,
- Fig. 14a ein Gewebe aus Fasern in einem kraftfreien Zustand,
- 15 Fig. 14 b das Gewebe aus Fig. 14a in einem maximal gestreckten Zustand unter Last,
- Fig. 15a ein Fördererlement in einer perspektivischen Ansicht im expandierten Zustand ohne äußere Krafteinwirkung,
- 20 Fig. 15 b eine Schnittansicht des Fördererlements aus Fig. 15a in der dort mit A-A bezeichneten Schnittebene,
- Fig. 16a ein Fördererlement in einer perspektivischen Ansicht im expandierten Zustand ohne äußere Krafteinwirkung,
- 25 Fig. 16 b eine Schnittansicht des Fördererlements aus Fig. 16a in der dort mit B-B bezeichneten Schnittebene,
- 30 Fig. 17a ein Fördererlement in einer seitlichen Ansicht im expandierten Zustand ohne äußere Krafteinwirkung und
- Fig. 17b eine Schnittansicht des Fördererlements aus Fig. 17a in der dort mit C-C bezeichneten Schnittebene.
- 35

Figur 1 zeigt im Querschnitt das Herz 1 eines Patienten mit mehreren Herzkammern, wobei die Herzkammer 2 mit der Aorta 12 in Verbindung steht. Durch die Aorta 12 ist ein Katheter 4 bis in die Herzkammer 2 vorgeschoben, wobei am Ende des Katheters 4 ein Pumpenkopf 3 mit einer Rotationspumpe angeordnet ist. Die Rotationspumpe ist mittels einer durch den Katheter 4 verlaufenden drehbaren Welle 6 antreibbar, die innerhalb des Pumpenkopfes 3 mit einem Pumpenrotor 42 verbunden ist. Der Pumpenrotor rotiert in einem nicht im Einzelnen dargestellten Gehäuse des Pumpenkopfes 3.

Die biegsame Welle 6 ist mit einem Motor 7 verbunden, der beispielsweise außerhalb des Patientenkörpers angeordnet ist. Das Drehmoment kann beispielsweise über eine Magnetkopplung von dem Motor 7 in beiden Drehrichtungen 8, 9 auf die Welle 6 übertragen werden.

Der Katheter 4 wird üblicherweise über eine Schleuse vom Körperäußeren durch die Haut und Gewebe sowie die Gefäßwand in die Aorta 12 hinein und in dieser vorgeschoben.

Die Pumpe saugt in der Herzkammer 2 Blut an und fördert dies in die Aorta 12. Hierdurch kann die Herzpumpe die Funktion des Herzens 1 entweder unterstützen oder zumindest zeitweise ersetzen.

Neben der in der Figur dargestellten Katheterpumpe mit mechanischem Antrieb sind auch andere Pumpen, insbesondere zur intrakorporalen Anwendung, Gegenstand dieses Schutzrechts, beispielsweise Pumpen mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb, und dort auch Pumpen, bei denen der Antrieb innerhalb des menschlichen Körpers ist.

Die Pumpe wird mitsamt dem Pumpenkopf, dem Pumpengehäuse und dem Rotor zur Verschiebung in der Aorta radial komprimiert und beispielsweise innerhalb des Katheters 4 verschoben. Die Pumpe kann dann aus dem Katheter 4 axial herausgeschoben werden und sich radial entfalten, d. h. expandiert werden. Dabei werden hohe Anforderungen an die Materialien des Pumpengehäuses und insbesondere des Pumpenrotors gestellt: Die Förder Elemente des Pumpenrotors weisen eine sehr geringe Wandstärke auf, müssen aber

dennoch auch bei hohen Rotationsdrehzahlen formstabil bleiben und in reproduzierbarer Weise Blut fördern.

5 Zu diesem Zweck sind in die Matrix des Kunststoffes, aus dem der Rotor besteht, Verstärkungsfasern (Fasern) eingebettet, die beispielsweise als Glasfasern oder Polycarbonatfasern ausgestaltet sein können. Solche Verstärkungselemente/Fasern sind in Figur 2a in drei Einzelbeispielen dargestellt. Es sind die drei Verstärkungselemente/Fasern 10, 11, 13 gezeigt, von denen jede ein erstes Ende oder einen ersten Abschnitt 10a, 11a, 13a aufweist, das/der der Rotationsachse 14 näher ist als das jeweilige zweite Ende / der jeweilige zweite Abschnitt 10b, 11b, 13b der Verstärkungselemente/Fasern 10, 11, 13.

15 Die Verstärkungselemente/Fasern 10, 11, 13 erstrecken sich im Wesentlichen von der Rotationsachse oder einem Punkt in der Nähe der Rotationsachse 14 des Rotors radial nach außen weg. Dabei ist es nicht notwendig, dass der Rotor 42, wie im dargestellten Beispiel, eine Nabe 43 aufweist. Das wendelartige Fördererelement 15 kann auch eine derartige Eigenstabilität aufweisen, dass eine Rotornabe nicht notwendig ist.

20 Grundsätzlich kann die Kunststoffmatrix des Fördererelements oder der Fördererelemente 15 mit Verstärkungselementen/Fasern verstärkt sein, die in Bezug auf Länge und/oder Dicke und/oder Orientierung ungleichmäßig verteilt und angeordnet sind. Ein Aspekt ist, dass ein gewisser Mindestanteil der Verstärkungselemente/Fasern im expandierten Zustand des Rotors, der in Figur 2b dargestellt ist, im Wesentlichen gestreckt von der Rotationsachse weg verläuft. Im Betriebszustand, der dem dritten Zustand entspricht und der in Figur 2c dargestellt ist, sind diese Verstärkungselemente/Fasern gestreckt und stehen zudem unter Zugspannung, die durch die Last der geförderten Flüssigkeit erzeugt wird. Diese Zugspannung führt allerdings wegen der Längsfestigkeit der Verstärkungselemente/Fasern nicht zu einer wahrnehmbaren Längung und somit auch praktisch nicht zu einer Formänderung des Rotors gegenüber dem spannungslosen expandierten Zustand bzw. zu keiner weiteren Verformung oberhalb eines bestimmten Betriebspunktes. Der Anteil der Verstärkungselemente/Fasern, der die genannte Bedingung erfüllt, von der Gesamtmenge der Verstärkungselemente/Fasern, die in den Kunststoff des Rotors eingebettet sind, sollte wenigstens 30% oder vorteilhaft 50% oder

35

noch vorteilhafter beispielsweise 70%, gemessen in Volumen- oder Massen-  
prozent der Verstärkungselemente/Fasern oder auch in der Zahl der Verstär-  
kungselemente/Fasern, darstellen. Dabei ist vorteilhaft eine gewisse Mindest-  
länge der Verstärkungselemente/Fasern gegeben, beispielsweise etwa we-  
5 nigstens 20% oder wenigstens 40% oder 50% des Radius des Rotors. Die  
Verstärkungselemente/Fasern können während des Füllvorgangs der Form  
leicht aus der axialen Ausrichtung, die der Einfüllrichtung axial in die Nabe 43  
entspricht, in die radiale Position der Fördererelemente 15 wechseln ohne  
hierfür gebogen zu werden, da der Winkel zwischen dem Fördererelement 15  
10 und der Nabe 43 mit  $< 30^\circ$  oder bevorzugt  $< 20^\circ$  relativ flach verläuft. Somit  
werden die Verstärkungselemente/Fasern bei der radialen Befüllung der  
Fördererelemente 15 einfach von der sie umgebenden Matrix mitgenommen  
und mit dem Materialfluss im Fördererelement radial gemäß Figur 2a ausgerich-  
tet.

15 Weitere vorteilhafte Eigenschaften der Verstärkungselemente/Fasern sind  
eine gewisse Maximaldicke, wobei ein Durchmesser von höchstens  $40 \mu\text{m}$   
vorteilhaft sein kann, um bei einer starken Biegung der Verstärkungselemen-  
te/Fasern keinen Bruch der Verstärkungselemente/Fasern selbst zu erzeugen.  
20 Mit ca.  $40 \mu\text{m}$  hingegen sind die Verstärkungselemente/Fasern biegesteif  
genug, um die sie umgebende Matrix nach erfolgter Deformation wieder in  
den Ausgangszustand zurück zu holen und ein nachhaltiges Kriechen der Matrix  
unter dauerhafter Biegebelastung zu verhindern. Ferner sind Verstärkungs-  
elemente/Fasern mit  $40 \mu\text{m}$  Durchmesser druck- und zugsteif, so dass sie bei  
25 einer Anordnung außerhalb des biegeneutralen Bereiches ebenfalls ein  
rückstellendes Moment erzeugen und einer bleibenden Deformation entge-  
gen wirken.

30 Die Verstärkungselemente/Fasern können für eine Verbesserung der Verbin-  
dung mit der Matrix mit einem Haftvermittler beschichtet sein.

Figur 2b zeigt im Querschnitt einen Rotor 42' mit Fördererelementen 15', 15" im  
entspannten, expandierten Zustand. Die Verstärkungselemente/Fasern 55, 56  
weisen in diesem Zustand eine möglichst gestreckte Form auf, so dass sie  
35 einer weitergehenden Verformung des Rotors durch ihre Längssteifigkeit  
einen Widerstand entgegensetzen.

Der Pfeil 57 zeigt die Rotationsrichtung des Rotors im Betriebszustand. Die Pfeile 58, 59 zeigen die auf die Förderelemente 15', 15" wirkende Last, d. h. den durch die Förderbewegung wirkenden Fluidgegendruck auf die Förder-  
5 demente. In Figur 2b ist die Sehne 60 eingezeichnet, die die Höhe des Förder-  
elements 15' in radialer Richtung von der Rotationsachse aus gemessen  
bezeichnet.

Die Sehne 60 ist auch in Figur 2c eingezeichnet, welche den Rotor 42' im  
10 dritten Zustand, dem Betriebszustand, zeigt. Die Verstärkungsfasern 55, 56  
stehen durch die Last 58, 59 unter Zugspannung und nehmen die Dehnungs-  
spannungen in den Förderelementen 15', 15" auf. Die Länge der Sehne 60,  
d. h. die Höhe der Förderelemente, ist im Betriebszustand gegenüber dem  
zweiten Zustand gleichbleibend oder um ein geringes Maß erhöht, jedoch  
15 nicht verringert.

Figur 2d zeigt den Rotor 42' in komprimierter Form, in der die Förderelemente  
an die Rotornabe angeklappt sind. In dieser Stellung kann die Pumpe durch  
einen engen Kanal an den Betriebsort gebracht werden.

20 In Figur 2e ist ein Betriebszustand des Förderelements 15" im Querschnitt  
detaillierter dargestellt. Es ist die "biegeneutrale Faser" oder "biegeneutrale  
Fläche" durch die gestrichelte Linie 61 dargestellt, d. h. die Linie oder Fläche,  
die beim Biegen des Förderelements 15' unter Last weder eine Längung noch  
eine Stauchung erfährt. Eine Mehrzahl von Verstärkungsfasern, beispielhaft  
25 mit 62, 63 bezeichnet, liegt auf der Seite der Linie/Fläche 61, auf der im  
Betriebszustand eine Dehnspannung entsteht. Die Verstärkungselemen-  
te/Fasern sind dort abschnittsweise gestreckt und verlaufen gerade sowie im  
Wesentlichen parallel zu der Linie/Fläche 61. Hierdurch können sie Dehn-  
30 Spannungen effektiv aufnehmen.

Anhand der Figur 3 soll weiter die mögliche Orientierung der Verstärkungs-  
elemente/Fasern erläutert werden. Die Rotornabe ist in Figur 3 mit 16 be-  
zeichnet, und die Rotationsachse mit 14. Es ist eine Ebene 17 anhand eines  
35 ausgeschnittenen Rechtecks dargestellt, wobei die Ebene 17 die Rotation-  
sachse 14 enthält, d. h., die Rotationsachse 14 verläuft vollständig in der

Ebene 17. Es sei bemerkt, dass diese Darstellung vereinfacht ist, da üblicherweise die Förderelemente wendelförmig sind, so dass die Fläche 17 dann nicht mehr eben, sondern gekrümmt ist.

5 Es sind beispielhaft zwei Verstärkungselemente/Fasern 18, 19 eingezeichnet, die beide in der Ebene 17 im Wesentlichen radial in Bezug auf die Rotationsachse 14 verlaufen. Die Faser 18 verläuft in einem Winkel  $\alpha$  zur Rotationsachse 14, teilweise in Axialrichtung, wobei der Winkel  $\alpha$  vorteilhaft zwischen 45° und 90° liegt. Die Faser 19 ist derart ausgerichtet, dass sie senkrecht auf  
10 der Rotationsachse 14 steht. Ein reales Schaufelblatt ist in drei Dimensionen wendelförmig gebogen, so dass in vielen Fällen eine begrenzte Erstreckung der Verstärkungselemente/Fasern in Azimutalrichtung hinzukommt.

Die einzelnen Verstärkungselemente/Fasern müssen nicht derart positioniert  
15 sein, dass sie im Bereich der Rotationsachse 14 oder der Rotornabe 16 ihren ersten Anfangspunkt/Endpunkt haben. Sie können auch so angeordnet sein, dass sie zwischen zwei Endpunkten verlaufen, die beide von der Rotorachse 14 und/oder von der Rotornabe 16 radial beabstandet sind. Sie können sich aber auch von einem ersten radial, außen liegenden Schaufelrand bis maximal  
20 zu einem zweiten, radial gegenüber liegenden Schaufelrand, jedenfalls über die Achse hinweg, erstrecken.

In Figur 4 ist schematisch ein Ausschnitt 20 aus einem Förderelement dargestellt, wobei der Ausschnitt 20 quaderförmig gestaltet ist. In dem Abschnitt 20  
25 ist eine Faser 19 dargestellt.

In Figur 5a wird deutlich gemacht, wie die zentrale Ausrichtung der Faser 19 erreicht wird. Das bevorzugt laminare Strömungsprofil beim Befüllen der Gießform zwischen den Begrenzungswänden 53 und 54 hat die höchste  
30 Strömungsgeschwindigkeit in der Mitte und die niedrigste Geschwindigkeit in der Nähe der Bewandung. Die nun zunächst windschief liegende Faser 19 ist in drei von links nach rechts nacheinander erreichten Winkelpositionen dargestellt und wird durch die Materialströmung, angedeutet durch die Pfeile 50, 51, infolge der Geschwindigkeitsverteilung in der Gießform in Richtung der  
35 Mitte des Strömungsprofils gezogen. Die Geschwindigkeitsverteilung der



Strömung ist in dem Graphen 52 des Diagramms mit den Achsen x ( $\Delta$  Geschwindigkeit) und y ( $\Delta$  Ortskoordinate in der Gießform) dargestellt.

5 Figur 5b zeigt eine Seitenansicht, wobei das Material des Abschnitts 20 transparent dargestellt ist, so dass der Verlauf der Faser 19 etwa in der Mitte zwischen den Begrenzungsflächen des Förderelements sichtbar ist.

10 Anhand der Figur 6 soll das Verhalten der Faser bei einer starken Biegung oder Knickung des Förderelements beschrieben werden.

15 Figur 6 zeigt den Abschnitt 20 des Förderelements nach einer Knickung, Die Faser 19 ist ebenfalls verformt. Durch eine gewisse Eigensteifigkeit der Faser kann diese jedoch wegen der Nachgiebigkeit des Materials des Förderelements beim Knicken nach außen in Richtung des Pfeils 21 ausweichen, um einen möglichst großen Krümmungsradius der Faser zu erreichen und damit  
20 einem Bruch der Faser entgegenzuwirken. Im Bereich der Knickstelle ist damit die Faser 19 aus der Mitte zwischen den Begrenzungswänden des Förderelements für die Zeitdauer der Knickung ausgelenkt. In Figur 6 ist die Mittelebene des Förderelements der Übersichtlichkeit halber wenigstens abschnittsweise durch eine gestrichelte Linie 22 dargestellt. Um diesen Effekt zu erreichen, ist eine Weichheit der Kunststoffmatrix des Rotors vorteilhaft, die einer Shorehärte  $< 100$  D, insbesondere  $< 80$  D, entspricht.

25 Anhand der Figur 7 soll auf die erfindungsgemäße Gestaltung eines Gusswerkzeugs / einer Gießform für einen erfindungsgemäßen Rotor eingegangen werden.

30 Es ist in Figur 7 ein Längsschnitt der Spritzgießform gezeigt, wobei der Bereich, der das Volumen der Rotornabe umfasst, mit 23 bezeichnet ist und die Volumina der einzelnen Förderelemente mit 24, 25, 26, 27 bezeichnet sind. In Figur 7 ist zudem eine Einspritzrichtung durch den Pfeil 28 angedeutet. Durch die weiteren Pfeile 29, 30, 31, 32, 33 ist angedeutet, dass der Spritzgusswerkstoff axial entlang der Rotationsachse 14 des entstehenden Rotors einströmt, und von dort aus radial nach außen in die Volumina der Förderelemente  
35 hinein. Beispielhaft ist die Längsachse eines der Förderelemente mit einer strichpunktierten Linie angedeutet und mit 44 bezeichnet. Werden in den

Spritzgusswerkstoff entsprechend lange Verstärkungselemente/Fasern in ausreichender Anzahl eingebracht, so orientieren diese sich nach der Hauptströmungsrichtung des Werkstoffs und verbleiben beim Erstarren des Materials an Ort und Stelle.

5

Verdrängte Luft und überschüssiges Gießmaterial können am radial äußeren Ende der Fördererlemente durch Öffnungen 45 abströmen.

10

In Figur 8 ist eine umgekehrte Einspritzrichtung angedeutet, wobei der Spritzgusswerkstoff von den radial äußeren Enden 34, 35 der Fördererlemente radial nach innen zum Volumen des Rotors 23 eingespritzt wird. Auch in diesem Fall können lange Verstärkungselemente/Fasern mit eingebracht werden, die sich in der gemäß der Erfindung beabsichtigten Art und Weise orientieren und anordnen.

15

Anhand der Figur 9 wird gezeigt, dass bei schmalen Fördererlementen 36, 37 die radial von innen nach außen strömende Vergussmasse an den Kanten 38, 39 des Volumens des jeweiligen Fördererlements durch die Reibung verwirbelt, so dass sich keine laminare Strömung der Vergusswerkstoffs beim Einströmen ergibt.

20

Auf der linken Seite in der Darstellung der Figur 9 ist eine Gussformvariante dargestellt, die im Bereich der Kanten 40, 41 Überströmöffnungen oder Überströmschlitze aufweist, durch die ein Teil des Spritzgusswerkstoffs in Axialrichtung des Rotors abströmen kann, so dass die auf der rechten Seite der Figur 9 dargestellte Verwirbelung nicht entsteht. Im mittleren Bereich des Fördererlements 37 ergibt sich damit eine quasi laminare Strömung, so dass die eingebrachten Verstärkungselemente/Fasern sich dort in einem Bereich um die biegetechnisch "neutrale Faser" oder neutrale Fläche (bei der im Pumpbetrieb auftretenden Biegebelastung) herum in gestreckter Form anordnen können, ohne dass sie durch Beeinflussung der Strömung des Spritzgusswerkstoffs verformt werden. Nach dem Erstarren können die Teile des Spritzgusswerkstoffs, die durch die Öffnungen an den Kanten 40, 41 der Volumina der Fördererlemente in der Spritzgießform ausgetreten sind, entfernt werden, beispielsweise durch Abschneiden. Gleiches kann, wie in Figur 7, an den Außenkanten der Fördererlemente erfolgen. Hier sind zwei Über-

25

30

35

Strömkanäle 45 vorgesehen, durch die der Kunststoff ohne Verstärkungselemente/Fasern entweichen kann.

5 Durch eine asymmetrische Verteilung der Abströmöffnungen, beispielsweise einen größeren Abströmquerschnitt in der Nähe des Bereiches des Förder-  
elements, das im Betrieb dem Fluidgedruck der Flüssigkeit ausgesetzt ist, ergibt sich dort eine stärkere Strömung des Gießwerkstoffs, so dass dort mehr  
Verstärkungselemente/Fasern als auf der der "neutralen Fläche" gegenüber-  
10 liegenden Seite eingelagert werden, mit dem Ergebnis, dass die Dehnspannungen durch eine hohe Anzahl von Verstärkungselementen/Fasern aufgenommen werden können.

In Figur 10 ist schematisch eine Spritzgießform 70 mit einer ersten Einspritz-  
öffnung 71 und einer zweiten Einspritzöffnung 72 dargestellt, wobei die  
15 beiden Einspritzöffnungen 71, 72 an einander gegenüberliegenden Enden des zentralen Hohlraums 73 angeordnet sind, in dem durch den Verguss die Nabe des Rotors gebildet wird. Die Hohlräume, in denen die Förder-  
elemente entstehen, sind nur sehr schematisch angedeutet und mit 74, 75 bezeichnet. Die  
Pfeile 76, 77 bezeichnen die Strömungsrichtungen des in die Gussform ein-  
20 strömenden Kunststoffs. Wird der Kunststoff nacheinander oder in wechselnden Mengenverhältnissen durch jeweils die erste Einspritzöffnung 71 und die  
zweite Einspritzöffnung 72 in die Form eingespritzt, so ergeben sich verschiedene Strömungsrichtungen des flüssigen Gießwerkstoffs. Wenn diesem die  
Verstärkungselemente hinzugefügt werden, so ergeben sich entsprechend  
25 auch unterschiedliche Ausrichtungen der Verstärkungselemente in dem entstehenden Rotor. Auf diese Weise können unterschiedliche Ausrichtungsmuster durch Steuerung der Einspritzgeschwindigkeit durch die Einspritzöff-  
nungen und Änderung der Einspritzgeschwindigkeiten bzw. des Verhältnisses  
der Einspritzgeschwindigkeiten durch die verschiedenen Einspritzöffnungen  
30 während des Gießverfahrens gestaltet werden.

In Figur 11 ist in einer perspektivischen Ansicht ein Verstärkungselement in  
Form einer Metallfolie oder einer Kunststofffolie 78 dargestellt, die beispiels-  
weise nur wenige Mikrometer dick, wenige Zehntelmillimeter breit und  
35 wenige Millimeter lang sein kann.

Figur 12 zeigt als Verstärkungselement einen länglichen Gewebestreifen, der schematisch nur zwei in Längsrichtung verlaufende Fasern 79, 80 und eine Vielzahl von quer zu diesen verlaufenden kürzeren Fasern 81 aufweist. Ein solches Gewebe kann in den beiden Längsrichtungen der vorhandenen Fasern besonders gut Zugkräfte aufnehmen.

In Figur 13 ist im Querschnitt schematisch ein Bereich eines Förderelementes 82 dargestellt. Dabei ist mit 83 die Oberfläche bezeichnet, die im Betrieb auf der Druckseite liegt und die dem Fluidgedrückt, angedeutet durch den Pfeil 84, ausgesetzt ist.

Die dieser Seite oder Deckfläche 83 gegenüberliegende Deckfläche ist mit 85 bezeichnet. In dem dargestellten Beispiel ist auf dieser Seite des Förderelementes 82 eine Beschichtung 86 vorgesehen, die durch eine aufgeklebte Folie oder eine flüssige Beschichtung, beispielsweise Lackierung, gegeben sein kann.

Die bei der Biegung des Förderelementes 82 im Pumpbetrieb im Sinne der Mechanik neutrale "Faser" oder Fläche ist gestrichelt eingezeichnet und mit 87 bezeichnet.

Wird angenommen, dass das Förderelement, wie in Figur 13 dargestellt, sich im kräftefreien Zustand befindet, d. h., dass auf das Förderelement keine äußeren Kräfte wirken, so kann vorgesehen sein, dass in diesem Zustand die Verstärkungselemente, von denen eines beispielhaft eingezeichnet und mit 88 bezeichnet ist, gestreckt und kraftfrei vorliegen.

Wird dann durch die Wirkung des Fluidgedrückt 84 bei Rotation des Rotors in einem Fluid eine Biegekräft auf das Förderelement in Richtung des Pfeils 84 gebracht, so werden die Verstärkungselemente 88 auf Zug beansprucht, da auf der in der Figur linken Seite der neutralen Faser 87 infolge der Biegung des Förderelementes eine Verlängerung auftritt. Dieser Biegung wird durch die Verstärkungselemente 88 eine Grenze gesetzt, da diese praktisch dehnfest sind.

35

Um den Formunterschied des Rotors zwischen dem zweiten, kraftfreien Zustand und einem dritten Zustand, dem Belastungszustand, weiter zu verringern, kann vorgesehen sein, dass im kraftfreien Zustand, d. h. ohne Einwirkung von äußeren Kräften auf den Rotor, die Verstärkungselemente 88 bereits durch innere Materialspannung vorgespannt sind. Dies gelingt dadurch, dass nach der Herstellung des Rotors, genauer nach Vollendung des Spritzgießvorgangs, das Förderelement entweder auf der Seite der Deckfläche 83 gedehnt oder auf der Seite der Deckfläche 85 geschrumpft wird.

Dies gelingt beispielsweise dadurch, dass auf die Deckfläche 85 nach dem Spritzgießvorgang oder während des Spritzgießvorgangs, beispielsweise durch Imprägnieren der Spritzgießform, eine Beschichtung 86 aufgebracht wird, die während des Trocknens oder Vernetzens oder durch eine nachfolgende Behandlung, insbesondere Strahlenvernetzung, UV-Vernetzung oder thermische Behandlung, geschrumpft werden kann. Die Strahlenvernetzung kann beispielsweise auch mittels eines oder mehrerer Laserstrahlen eingebracht und damit lokal sehr fokussiert appliziert werden.

Es ist jedoch auch denkbar, dass zusätzlich oder alternativ zu einer Deckschicht 86 das Material des Förderelementes 82 auf der Seite der neutralen Fläche der Faser 87, die der Deckschicht 85 zugewandt ist, geschrumpft wird, beispielsweise durch eine Wärmebehandlung oder durch eine Vernetzung/Polymerisation, die auf der anderen Seite des Förderelementes nicht oder nur in geringerem Maße stattfindet.

In den Figuren 14a und 14b ist ein beispielhaft ein Gewebe aus Fasern dargestellt. Die Faser 90 verläuft dabei als Teil eines Faserbündels in einem Winkel zu weiteren Faserbündeln 91, wobei die Faserbündel 91 senkrecht zur Zeichenfläche angeordnet sind und von der Faser 90 abwechselnd links- bzw. rechtsseitig passiert werden. In Fig. 14a, welche den entspannten Zustand des Rotors repräsentiert, haben die Faserbündel 91 einen Abstand  $a$  zueinander und die Faser 90 hat einen hin- und her gekrümmten Verlauf. In Fig. 14b, welche den Zustand des Rotors im Betrieb repräsentiert, haben die Faserbündel 91 einen größeren Abstand  $a'$  zueinander und die Faser 90 hat einen weniger gekrümmten Verlauf. Aus den Figuren 14a und 14b wird ersichtlich, dass sich ein solches System bereits wesentlich stabilisiert, bevor eine voll-

ständige Streckung der Faser 90 erreicht ist, da über den Zustand der Fig. 14b hinaus die Faserbündel 91 sich rechtwinklig zur Faser 90 im Grundwerkstoff bewegen müssten, was durch diesen und die Faser 90 im Wesentlichen verhindert wird.

5

Fig. 15a zeigt einen Rotor in einem expandierten kraftfreien Zustand in einer perspektivischen Ansicht und die Kennzeichnung einer Schnittebene A-A. Fig. 15b zeigt denselben Rotor in ebendieser Schnittansicht. Die gestrichelten Linien 101 und 102 repräsentieren die jeweils biegeneutrale Faser bzw. Fläche des jeweiligen Schaufelblatts. Die Fasern 103 und 104 zeigen beispielhaft den Verlauf von zwei Fasern in der dargestellten Schnittebene. Die Fasern sind in diesem Zustand gekrümmt. Im Betriebszustand unter Last wirkt durch das Fluid ein Druck in Richtung der dargestellten Pfeile auf die Schaufelblätter, wodurch diese sich weiter aufstellen. Bei voller Betriebslast sind die Fasern 103 und 104 zumindest in den mit 105 bzw. 106 gekennzeichneten Bereichen gestreckt, wodurch ein weiteres Aufstellen der Schaufelblätter behindert wird, da die sehr zugsteifen Fasern, dann in ihrer axialen Ausdehnung gestreckt werden müssten. Der Vorteil einer solchen Auslegung ist, dass die Form des Schaufelblattes oberhalb einer Mindestdrehzahl nahezu konstant ist.

10

15

20

Fig. 16a zeigt einen Rotor in einem expandierten kraftfreien Zustand in einer perspektivischen Ansicht und die Kennzeichnung einer Schnittebene B-B. Fig. 16b zeigt denselben Rotor in ebendieser Schnittansicht. Die gestrichelten Linien 111 und 112 repräsentieren die jeweils biegeneutrale Faser bzw. Fläche des jeweiligen Schaufelblatts. Die Fasern 113 und 114 zeigen beispielhaft den Verlauf von zwei Fasern in der dargestellten Schnittebene. Wie man erkennen kann, sind die Fasern in diesem Beispiel bereits in einem weiten Bereich gestreckt. Da die Fasern sehr zugsteif sind, ist eine weitere Dehnung der Fasern kaum möglich. Auch unter den im Betriebszustand auftretenden Kräften, welche durch den Strömungsdruck auf die Schaufelblätter einwirken und welche in der Fig. 16b durch Pfeile dargestellt sind, wird sich ein solches Schaufelblatt nicht mehr wesentlich verformen, mit dem Vorteil dass die Schaufelblattform über nahezu den gesamten Drehzahlbereich hinweg nahezu unverändert ist.

25

30

35

Fig. 17a zeigt einen Rotor in einem expandierten kraftfreien Zustand in einer seitlichen Ansicht mit der Darstellung einer Schnittebene C-C. Fig. 17b zeigt denselben Rotor in ebendieser Schnittansicht. Die gestrichelten Linien 121 und 122 repräsentieren die jeweils biegeneutrale Faser bzw. Fläche des  
5 jeweiligen Schaufelblatts. Die Fasern 123 und 124 zeigen beispielhaft den Verlauf von zwei Fasern in der dargestellten Schnittebene. Wie man erkennen kann, sind die Fasern in diesem Beispiel bereits in einem weiten Bereich gestreckt. Da die Fasern sehr zugsteif sind, ist eine weitere Dehnung der Fasern kaum möglich. Auch unter den im Betriebszustand auftretenden  
10 Kräften, welche durch den Strömungsdruck auf die Schaufelblätter einwirken und welche in der Fig. 17b durch Pfeile dargestellt sind, wird sich ein solches Schaufelblatt nicht mehr wesentlich verformen.

Durch die oben angegebenen Merkmale, insbesondere durch Gestaltung des Rotors und Einbringen geeigneter Verstärkungselemente/Fasern, wird eine  
15 stabile Gestaltung eines Rotors mit ausreichender Formtreue auch nach teilweise Überstreckung oder häufiger Wechselbelastung oder konstant anliegender Biegebelastung erreicht. Durch die erläuterten Herstellungsverfahren und die dargestellte Spritzgießform wird eine sinnvolle und vorteilhafte  
20 Herstellungsmöglichkeit für den vorgestellten Rotor aufgezeigt.

Die Erfindung umfasst zudem folgende Aspekte, die auch jeweils für sich allein und unabhängig schutzfähig sein können:

25 1. Aspekt: Rotor für eine komprimierbare Fluidpumpe, insbesondere eine durch ein Blutgefäß in einen Patientenkörper einführbare Blutpumpe, der ein oder mehrere Förder Elemente (15) aufweist und radial zwischen einem ersten komprimierten und einem zweiten, radial expandierten und von äußeren Kräften freien Zustand komprimierbar und expandierbar ist und der teilweise  
30 aus einem durch strangförmige Verstärkungselemente, insbesondere Fasern, verstärkten Kunststoff besteht und zur Rotation um eine Rotationsachse vorgesehen ist, wobei der Rotor im ersten, komprimierten Zustand gespannt und im zweiten, expandierten Zustand frei von äußeren Spannungen ist und wobei ein dritter Zustand existiert, den der Rotor (42) im Betriebszustand  
35 unter Last einnimmt, wobei verschiedene Materialien des Rotors und ihre Verteilung derart aufeinander abgestimmt sind, dass im zweiten Zustand des

Rotors gezielt Materialspannungen erzeugt sind, die die Verstärkungselemente auf Zug beanspruchen und/oder strecken.

5 2. Aspekt: Rotor nach Aspekt 1, wobei zudem vorgesehen ist, dass die Verstärkungselemente von dem Kunststoff, aus dem der Rotor überwiegend besteht, wenigstens auf einem Anteil von 90 %, insbesondere 99 %, ihrer Oberfläche, weiter insbesondere vollständig, umschlossen sind.

10 3. Aspekt: Rotor nach Aspekt 1 oder 2, wobei zudem vorgesehen ist, dass das Kunststoffmaterial, das die Verstärkungselemente einbettet, auf der im Betrieb von dem Fluidgedruck nicht belasteten Seite der Förderelemente, insbesondere auf der entsprechenden Seite des Förderelementes bezüglich der bei der Biegebelastung im Pumpbetrieb biegeneutralen Faser oder Fläche, wenigstens bereichsweise andere Eigenschaften aufweist als auf der mit dem

15 Fluidgedruck belasteten Seite der Förderelemente, insbesondere auf der von dem Fluidgedruck nicht belasteten Seite stärker vernetzt oder geschrumpft ist oder dort auf der Oberfläche eine auf dem Förderelement geschrumpfte Auflage in Form von einer oder mehreren Folien, Beschichtungen oder Fasern trägt.

20 4. Aspekt: Rotor nach Aspekt 1, 2 oder 3, wobei zudem vorgesehen ist, dass ein oder mehrere Förderelemente des Rotors durch Spritzgießen mit gleichzeitigem Hinzufügen von Verstärkungselementen im expandierten Zustand hergestellt ist, wobei die Verstärkungselemente durch

25 einen Spritzgießwerkstoff allseitig umschlossen sind und wenigstens abschnittsweise im expandierten Zustand gestreckt, insbesondere zu wenigstens 90 %, weiter insbesondere zu 95 %, weiter insbesondere zu 99 % gestreckt vorliegen.

30 5. Aspekt: Rotor nach Aspekt 1, 2, 3 oder 4, bei dem zudem vorgesehen ist, dass die Verstärkungselemente im zweiten, expandierten Zustand des Rotors ohne einen Fluidgedruck in einem solchen Maß gestreckt vorliegen, dass sie beim Übergang zu einem dritten Zustand, der den Betriebszustand mit einem Fluidgedruck darstellt, um weniger als 5 %, insbesondere weniger

35 als 1 %, verlängern, wobei die Verlängerung insbesondere am Abstand der beiden Enden eines Verstärkungselementes voneinander bemessen ist.



- 5 6. Aspekt: Rotor nach Aspekt 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei zudem vorgesehen ist, dass in einem zweiten, expandierten Zustand des Rotors und/oder einem dritten Betriebszustand mit Fluidgegendruck wenigstens ein Anteil der Verstärkungselemente, insbesondere mindestens 10%, weiter insbesondere mindestens 30 %, in wenigstens einem Bereich eines Förderelementes, in dem dieses gekrümmt ist, gestreckt und gerade verlaufen.
- 10 7. Aspekt: Verfahren zum Herstellen eines Rotors für eine Fluidpumpe, insbesondere nach dem ersten Aspekt, wobei vorgesehen ist, dass der Rotor nach dem Spritzgießen einer Behandlung unterworfen wird, die eine unterschiedliche Schrumpfung und/oder Vernetzung des Gussmaterials auf der im Betrieb durch den Fluidgegendruck belasteten Seite der Förderelemente als auf der dieser gegenüberliegenden Seite bewirkt.
- 15 8. Aspekt: Verfahren zum Herstellen eines Rotors für eine Fluidpumpe, insbesondere nach dem ersten Aspekt, durch Spritzgießen, wobei vorgesehen ist, dass auf der der im Betrieb einem Fluidgegendruck ausgesetzten Seite der Förderelemente gegenüberliegenden Seite auf wenigstens eines der Förder-  
20 elemente eine schrumpfbare Schicht aufgebracht wird.
- 25 9. Aspekt: Gießform für einen Rotor für eine Fluidpumpe mit Förderelementen nach dem ersten Aspekt, bei der wenigstens zwei verschiedene Einspritzöffnungen vorgesehen sind.
10. Aspekt: Rotor nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei vorgesehen ist, dass die Verstärkungselemente zweidimensionale Ausdehnung haben, beispielsweise als Folienstücke oder Gewebe mit Gruppen von einander kreuzenden Fasern (siehe Figuren 14a und 14b) ausgeführt sind.

## Patentansprüche

5

1. Rotor für eine komprimierbare Fluidpumpe, insbesondere eine durch ein Blutgefäß in einen Patientenkörper einführbare Blutpumpe, der ein oder mehrere Förderelemente (15) aufweist und radial zwischen einem ersten, komprimierten und einem zweiten, radial expandierten Zustand komprimierbar und expandierbar ist und der wenigstens teilweise aus einem durch strangförmige Verstärkungselemente, insbesondere Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) verstärkten Kunststoff besteht und zur Rotation um eine Rotationsachse (14) vorgesehen ist, wobei der Rotor im ersten, komprimierten Zustand gespannt und im zweiten, expandierten Zustand frei von äußeren Spannungen ist und wobei ein dritter Zustand existiert, den der Rotor (42) im Betriebszustand unter Last einnimmt, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern in dem Rotor im dritten Zustand wenigstens abschnittsweise gestreckt verlaufen.

10

15

20

2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungselemente, insbesondere Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) im dritten Zustand (Betriebszustand) des Rotors wenigstens abschnittsweise in Bereichen des Rotors (42), in denen dieser eine Dehnspannung aufweist, gestreckt und im Wesentlichen in Richtung der Dehnspannung verlaufen.

25

3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehr als die Hälfte der Verstärkungselemente, insbesondere Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) in Bereichen des Rotors und/oder der Förderelemente angeordnet sind, in denen dieser/diese im Betriebszustand Dehnspannungen aufweist/aufweisen.

30

4. Rotor nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Rotor (42) zwischen dem zweiten, expandierten Zustand in dem

dritten Betriebszustand bezüglich der äußeren Form im Wesentlichen keine Unterschiede bestehen.

5. Rotor nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass Verstärkungselemente, insbesondere Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) vorgesehen sind, die sich in radialer Richtung über die Rotationsachse (14) hinaus erstrecken.  
5
6. Rotor nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Betriebszustand wenigstens ein Teil der Verstärkungselemente, insbesondere Fasern, insbesondere die Mehrheit der Verstärkungselemente/Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63), abschnittsweise gerade verlaufen.  
10
7. Rotor nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Betriebszustand wenigstens ein Teil der Verstärkungselemente, insbesondere Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63), insbesondere die Mehrheit der Verstärkungselemente/Fasern, entlang der Längsrichtung des jeweiligen Förderelementes (15) mit einer geringeren Krümmung verlaufen als die neutrale Faser (Nulllinie) und/oder neutrale Fläche des jeweiligen Förderelementes im Sinne der Festigkeitslehre.  
15
8. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff des Rotors (42) eine Shore-Härte <100 D, insbesondere < 80 D, aufweist.  
20
9. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Anteil von mehr als 30%, insbesondere mehr als 50%, der Verstärkungselemente/Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) im expandierten Zustand des Rotors (42) im Wesentlichen gestreckt von einem der Rotorachse (14) am nächsten liegenden Abschnitt (10a, 11a, 13a) zu einem der Rotationsachse (14) ferner liegenden zweiten Abschnitt (10b, 11b, 13b) verläuft.  
25
10. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Anteil der Verstärkungselemente/Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63), der mehr als 30% der Verstärkungsele-  
30

- 5                    mente/Fasern, insbesondere mehr als 50%, der Verstärkungselemente/Fasern beträgt, eine Länge aufweist, die mindestens 30%, insbesondere mindestens 50%, der Maximalhöhe der Förderelemente (15), gemessen in Radialrichtung des Rotors (42) im expandierten Zustand, entspricht.
11.                Rotor nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Anteil der Verstärkungselemente/Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsachse (14) verläuft.
- 10                12.                Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der Verstärkungselemente/Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63), insbesondere des ersten Anteils der Verstärkungselemente/Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63), kleiner als 40 Mikrometer ist.
- 15                13.                Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der Verstärkungselemente/Fasern (10, 11, 13, 18, 19, 55, 56, 62, 63) mit einem Haftvermittler versehen ist.
- 20                14.                Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anteil von Verstärkungselementen/Fasern im expandierten Zustand des Rotors zu den Verstärkungselementen/Fasern des ersten Teils quer verläuft und insbesondere mit diesen im Mittelwinkel von mindestens 30° einschließt.
- 25                15.                Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungselemente/Fasern wenigstens teilweise in Form von Gewebeabschnitten mit längs und quer verlaufenden Fasern vorliegen.
- 30                16.                Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungselemente in Form von Folienstreifen vorliegen, deren Länge wenigstens dreimal, insbesondere wenigstens fünfmal, weiter insbesondere wenigstens zehnmal so groß ist wie ihre Breite.

17. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungselemente von dem Kunststoff, aus dem der Rotor überwiegend besteht, wenigstens auf einem Anteil von 90%, insbesondere 99 %, ihrer Oberfläche, weiter insbesondere vollständig, umschlossen sind.
- 5
18. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffmaterial, das die Verstärkungselemente einbettet, auf der im Betrieb von dem Fluidgegendruck nicht belasteten Seite der Förderelemente wenigstens bereichsweise andere Eigenschaften aufweist als auf der mit dem Fluidgegendruck belasteten Seite der Förderelemente, insbesondere auf der von dem Fluidgegendruck nicht belasteten Seite stärker vernetzt oder geschrumpft ist oder dort auf der Oberfläche eine auf dem Förderelement (82) geschrumpfte Auflage (86) in Form von einer oder mehreren Folien, Beschichtungen oder Fasern trägt.
- 10
- 15
19. Rotor für eine komprimierbare Fluidpumpe, der radial zwischen einem ersten, komprimierten und einem zweiten, expandierten Zustand expandierbar und komprimierbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Förderelemente des Rotors durch Spritzgießen mit gleichzeitigem Hinzufügen von Verstärkungselementen im expandierten Zustand hergestellt ist, wobei die Verstärkungselemente durch einen Spritzgießwerkstoff allseitig umschlossen sind und wenigstens abschnittsweise im expandierten Zustand gestreckt, insbesondere zu wenigstens 90 %, weiter insbesondere zu 95 %, weiter insbesondere zu 99 % gestreckt vorliegen.
- 20
- 25
20. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungselemente im zweiten, expandierten Zustand des Rotors ohne einen Fluidgegendruck in einem solchen Maß gestreckt vorliegen, dass sie sich beim Übergang zu einem dritten Zustand, der den Betriebszustand mit einem Fluidgegendruck darstellt, um weniger als 5 %, insbesondere weniger als 1 %, verlängern, wobei die Verlängerung insbesondere am Abstand der beiden Enden eines Verstärkungselementes voneinander bemessen ist.
- 30

21. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass in einem zweiten, expandierten Zustand des Rotors und/oder einem dritten Betriebszustand mit Fluidgedrueck wenigstens ein Anteil der Verstärkungselemente, insbesondere mindestens 10 %, weiter insbesondere mindestens 30 %, in wenigstens einem Bereich eines Förderelementes, in dem dieses gekrümmt ist, gestreckt und gerade verlaufen.
22. Rotor nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Bereich eines Förderelementes, in dem dieses gekrümmt ist, wenigstens zwei Anteile von Verstärkungselementen gerade und gestreckt verlaufen, wobei die Richtungen, in denen die Verstärkungselemente der Anteile verlaufen, bei dem jeweiligen Anteil parallel, jedoch bei den verschiedenen Anteilen verschieden sind.
23. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Verstärkungselemente bei wenigstens 30 %, insbesondere wenigstens 50 %, der Elemente größer ist als die durchschnittliche Dicke der Förderelemente, insbesondere wenigstens zweimal so lang, weiter insbesondere wenigstens 5-mal oder 10-mal so lang.
24. Rotor nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, dass Verstärkungselemente, insbesondere Fasern, in den sie einbettenden Kunststoff in einem Spritzgussverfahren eingebracht sind und während der Zeit, in der sich der Rotor in der Spritzgussform befindet, einen abschnittsweise gekrümmten Verlauf entlang der Strömung des Kunststoffs in die Spritzgussform aufweisen.
25. Verfahren zur Herstellung eines Rotors (42) nach Anspruch 1 oder einem der folgenden mittels eines Gießverfahrens, insbesondere eines Spritzgießverfahrens, bei dem das Material der Förderelemente (15) in Radialrichtung in Bezug auf die Rotorachse (14) in die Volumina der Förderelemente derart eingebracht wird, dass der Gießwerkstoff in das Volumen jedes einzelnen Förderelementes jeweils in Radialrichtung (30, 31, 32, 33) einströmt.

26. Verfahren zur Herstellung eines Rotors nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor durch Gießen, insbesondere Spritzgießen, hergestellt wird, wobei das Spritzgießverfahren in zwei aufeinanderfolgenden Phasen mit unterschiedlichen Einspritzrichtungen und/oder von zwei verschiedenen Einspritzstellen aus durchgeführt wird.
- 5
27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor nach dem Spritzgießen einer Behandlung unterworfen wird, die eine unterschiedliche Schrumpfung und/oder Vernetzung des Gussmaterials auf der im Betrieb durch den Fluidgedrückt belasteten Seite der Fördererlemente als auf der dieser gegenüberliegenden Seite bewirkt.
- 10
28. Verfahren nach Anspruch 25, 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, dass auf der der im Betrieb einem Fluidgedrückt ausgesetzten Seite der Fördererlemente gegenüberliegenden Seite auf wenigstens eines der Fördererlemente eine schrumpfbare Schicht aufgebracht wird.
- 15
29. Gießform für einen Rotor (42) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass bei den Volumina der Fördererlemente (15) an deren radial verlaufenden Kanten (40, 41) Überströmkanäle vorgesehen sind, um einen störungsfreien Fluss des Gießwerkstoffs in Radialrichtung zu ermöglichen.
- 20
30. Gießform für einen Rotor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24, gekennzeichnet durch wenigstens zwei verschiedene Einspritzöffnungen.

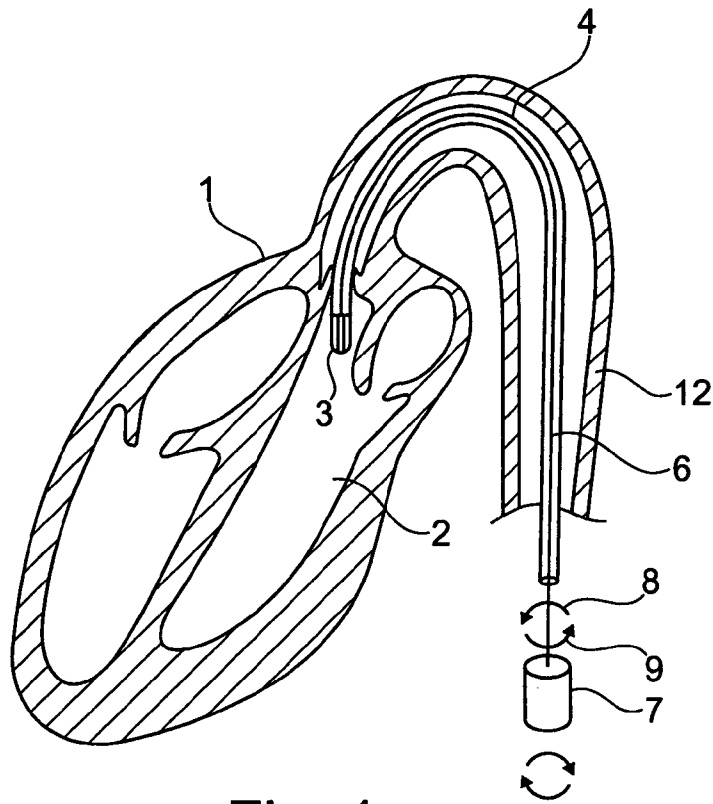


Fig. 1

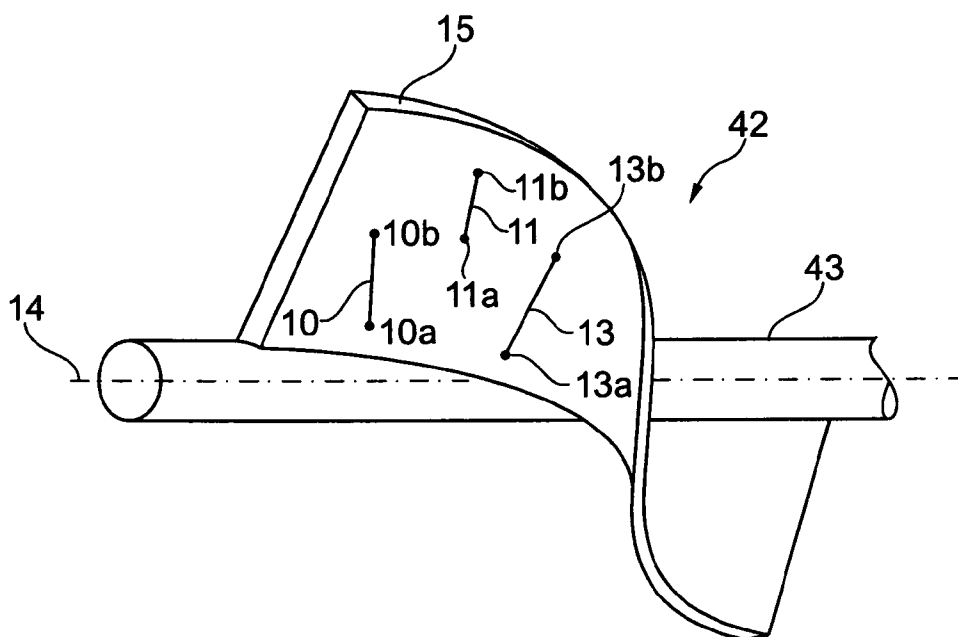


Fig. 2a



2/10

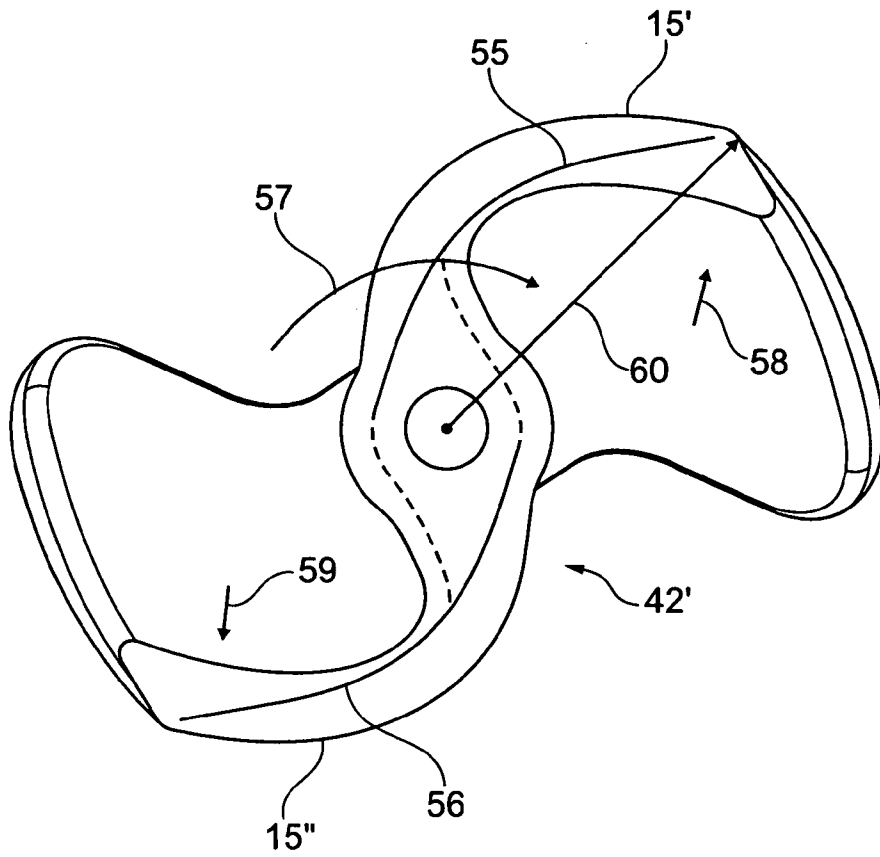


Fig. 2b

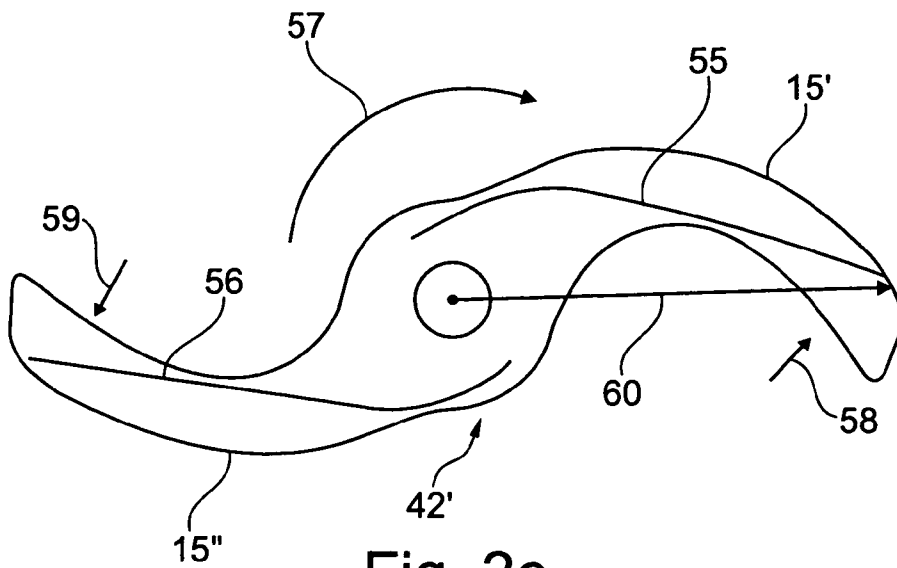


Fig. 2c

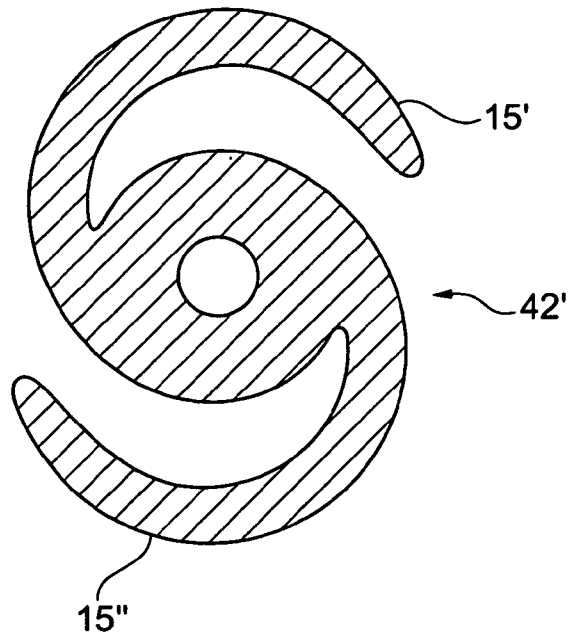


Fig. 2d

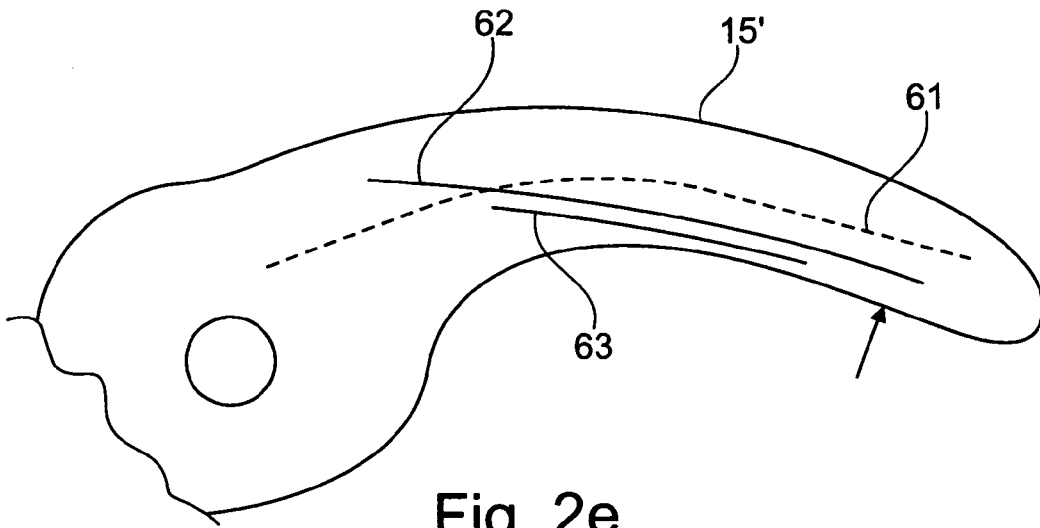
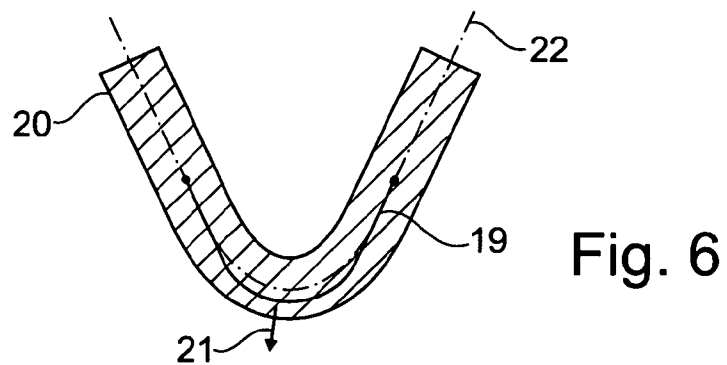
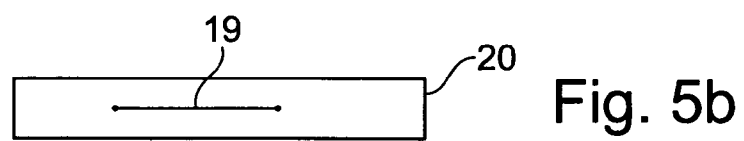
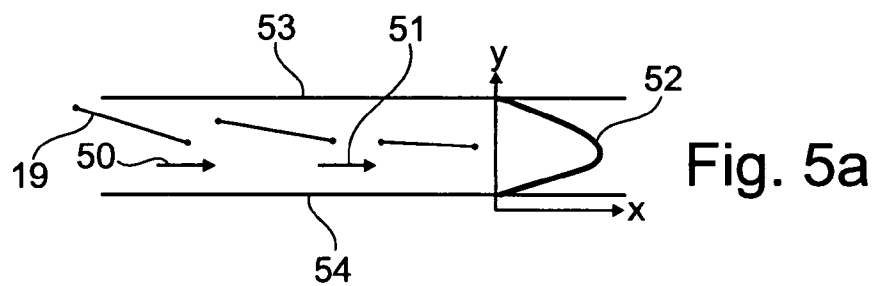
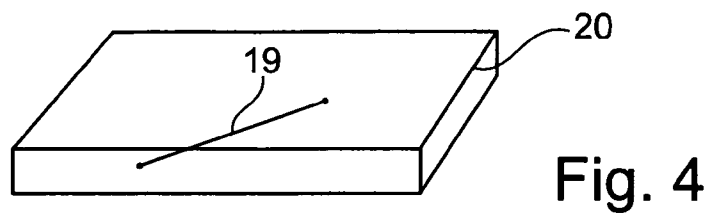
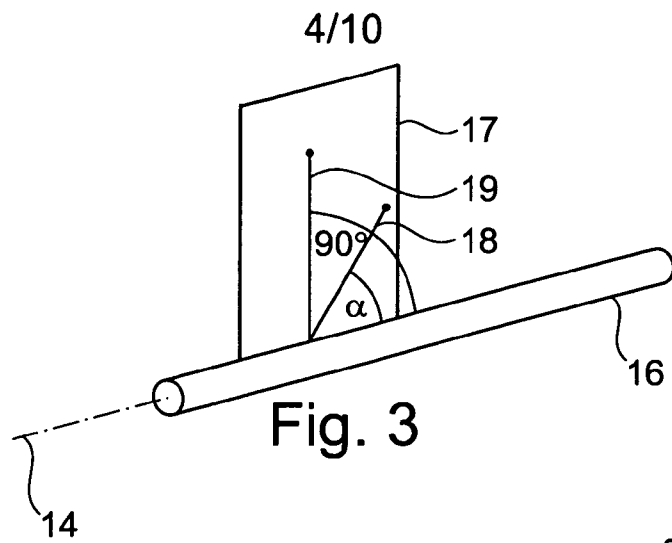


Fig. 2e



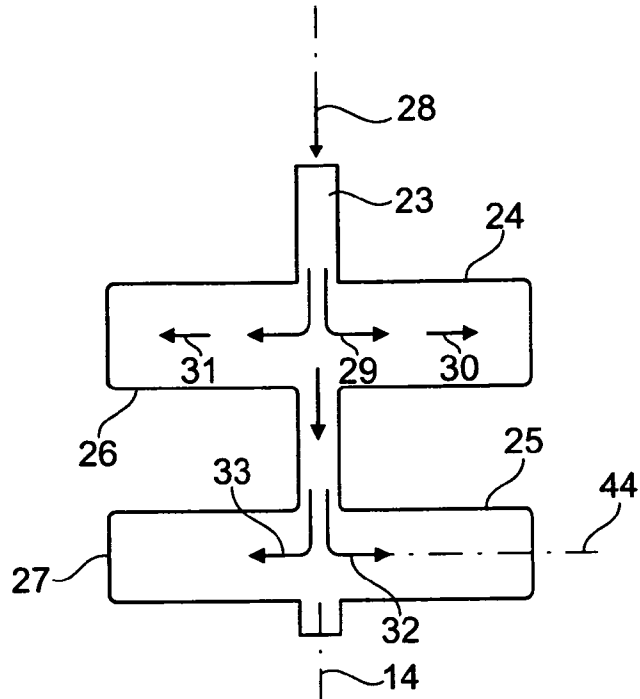


Fig. 7

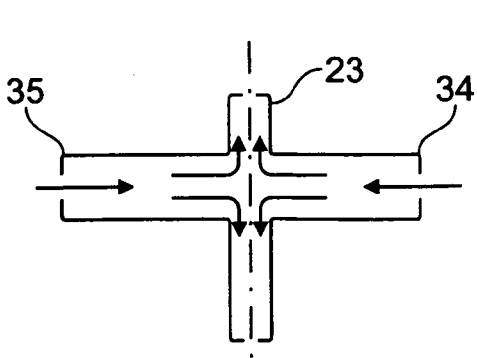


Fig. 8

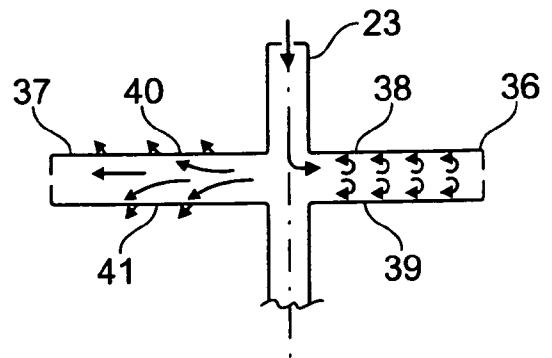


Fig. 9

6/10

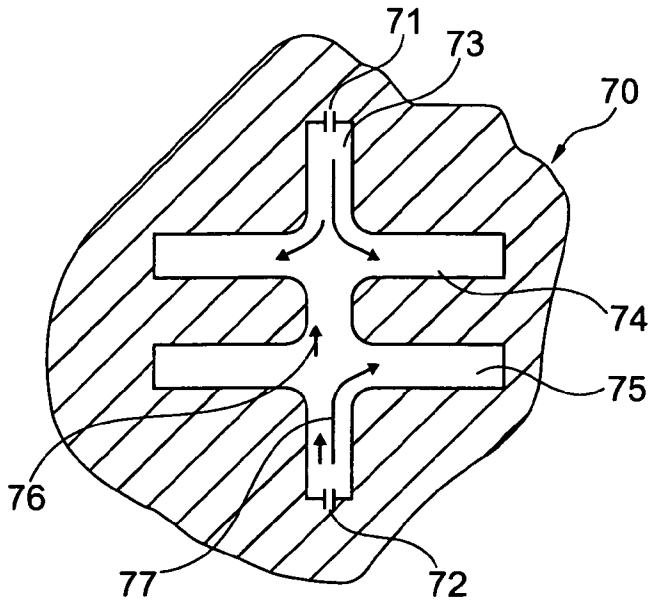


Fig. 10

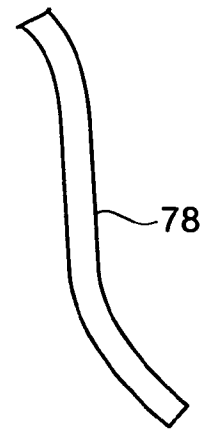


Fig. 11

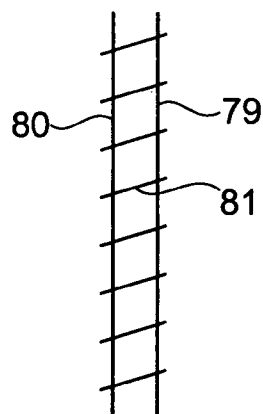


Fig. 12

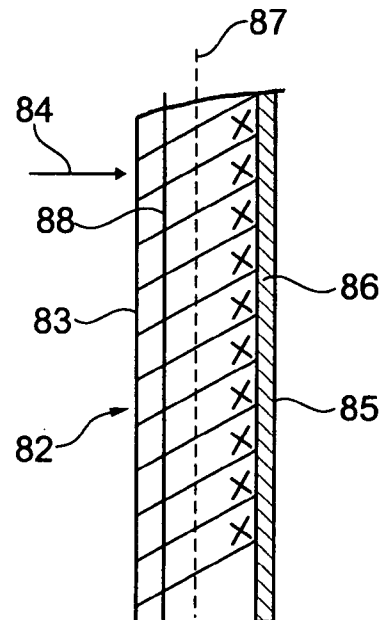


Fig. 13

7/10

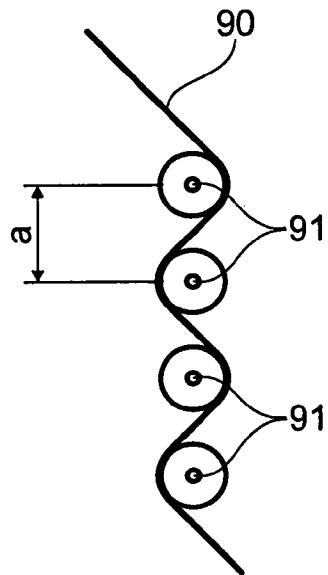


Fig. 14a

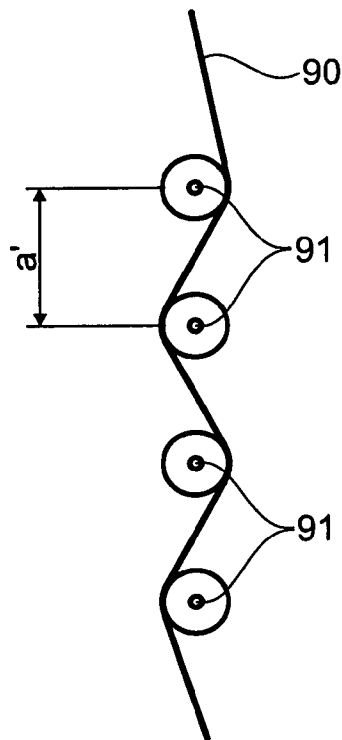


Fig. 14b

8/10

A-A

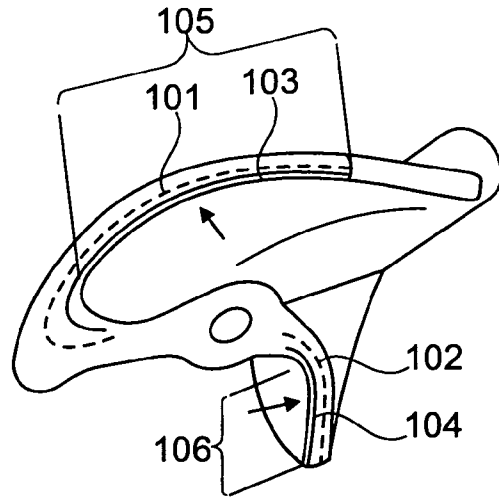


Fig. 15b

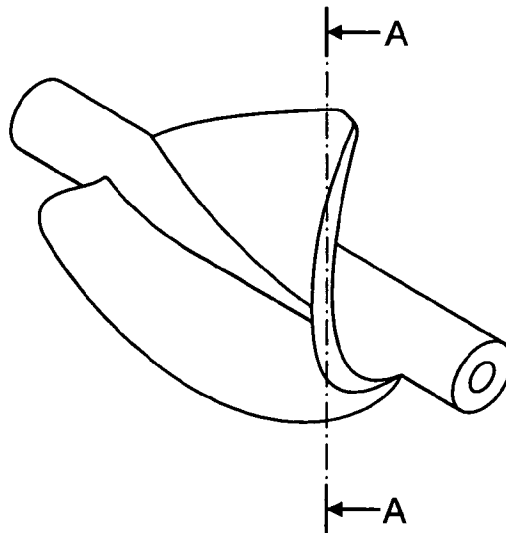


Fig. 15a

9/10

B-B

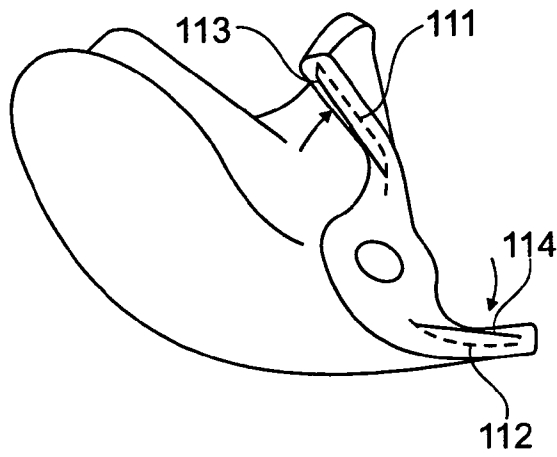


Fig. 16b

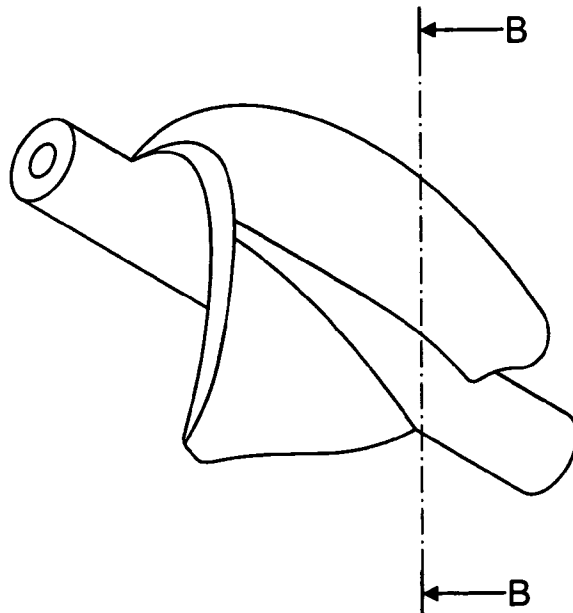


Fig. 16a



10/10

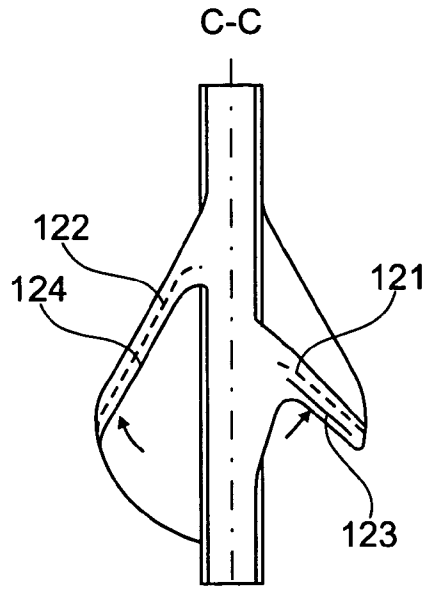


Fig. 17b

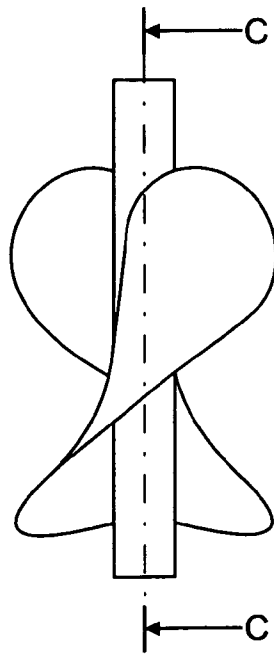


Fig. 17a

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2016/059708

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. A61M1/10 A61M1/12  
 ADD.  
 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 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	EP 2 407 185 AI (ECP ENTWICKLUNGSGES MBH [DE]) 18 January 2012 (2012-01-18)	1-4, 6-18, 20-24
A	paragraphs [0088] - [0092] ; figure 16 Paragraph [0031] ; claim 10	5
X	US 2014/301822 AI (SCHECKEL MARIO [DE] ) 9 October 2014 (2014-10-09) paragraphs [0018] , [0019] , [0024] , [0026] - [0028] ; claim 8	1-4
X	US 2013/177409 AI (SCHUMACHER JOERG [DE] ET AL) 11 July 2013 (2013-07-11) paragraphs [0126] - [0129] ; claim 34; figure 3	1-4, 19-30
	----- -/-- .	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 September 2016	10/10/2016

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Van Veen, Jennifer
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/059708

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
A	<p>EP 2 407 187 A1 (ECP ENTWICKLUNGSGES MBH [DE]) 18 January 2012 (2012-01-18) [0067] Die Fig. 5 zeigt einen nabenlosen Rotor mit einem Schaufelblatt 35, in das Stützstrukturen 36, 37, 38, 39, 40 in Form von strahlenförmig verlaufenden Streben durch selektive Verfestigung eingebracht worden sind.; Paragraph [0067]; Claims 7-12; figure 5 -----</p>	1-15

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

**PCT/EP2016/059708**

Box No. II Observation« where certain Claims were found insearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims linder Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, naniely :
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Boi No. III **Observation\*** where **unity of invention is lacking** (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

**see Supplemental sheet**

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicaiit this mternational search report Covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this mternational search report Covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos. :

**Reniaark** ort Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant' s protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant' s protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-18 (in full); 20-24 (in part)

Rotor for a compressible fluid pump, comprising one or more conveying elements with reinforcing elements, in particular fibers, said rotor being radially compressible and expandable between a first, compressed state and second, radially expanded state, and there being a third state when the pump is loaded, the fibers extending beyond the axis of rotation in the radial direction.

---

2. Claims 19 (in full); 20-24 (in part)

Rotor for a compressible fluid pump, comprising one or more conveying elements which comprise/s reinforcing elements, said rotor being radially compressible and expandable between a first, compressed state and a second, radially expanded state, the one or more conveying elements of the rotor being produced in an injection molding process in which reinforcing elements are simultaneously added in the expanded state, the reinforcing elements being enclosed on all sides by an injection molding Compound.

---

3. Claims 25, 29 (in full); 27, 28 (in part)

Mold/method for producing a rotor using an injection molding process in which the material of the conveying elements flows into the volumes of the conveying elements in the radial direction.

---

4. Claims 26, 30 (in full); 27, 28 (in part)

Mold/method for producing a rotor using injection molding, featuring two different injection point,

---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No <b>PCT/EP2016/059708</b>
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 2407185	AI	18-01-2012	CN 103002930 A	27-03-2013
			DE 112011102353 T5	18-04-2013
			EP 2407185 AI	18-01-2012
			US 2013177432 AI	11-07-2013
			WO 2012007140 AI	19-01-2012
-----				
US 2014301822	AI	09-10-2014	CA 2745528 AI	10-06-2010
			CN 102239335 A	09-11-2011
			CN 104141633 A	12-11-2014
			EP 2194278 AI	09-06-2010
			EP 2376788 AI	19-10-2011
			HK 1201899 AI	11-09-2015
			US 2011275884 AI	10-11-2011
			US 2014301822 AI	09-10-2014
			US 2015211542 AI	30-07-2015
			US 2016106897 AI	21-04-2016
			WO 2010063494 AI	10-06-2010
-----				
US 2013177409	AI	11-07-2013	CN 103002931 A	27-03-2013
			CN 105833369 A	10-08-2016
			CN 105944166 A	21-09-2016
			DE 112011102354 T5	16-05-2013
			EP 2407186 AI	18-01-2012
			US 2013177409 AI	11-07-2013
			WO 2012007141 AI	19-01-2012
-----				
EP 2407187	AI	18-01-2012	CN 103002929 A	27-03-2013
			CN 104984424 A	21-10-2015
			DE 112011102347 T5	08-05-2013
			EP 2407187 AI	18-01-2012
			HK 1212264 AI	10-06-2016
			US 2013204362 AI	08-08-2013
			WO 2012007139 AI	19-01-2012
-----				

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. A61M1/10 A61M1/12  
 ADD.  
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 A61M 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	EP 2 407 185 AI (ECP ENTWICKLUNGSGES MBH [DE]) 18. Januar 2012 (2012-01-18)	1-4, 6-18, 20-24
A	Absätze [0088] - [0092] ; Abbi l dung 16 Absatz [0031] ; Anspruch 10	5
X	US 2014/301822 AI (SCHECKEL MARIO [DE] ) 9. Oktober 2014 (2014-10-09) Absätze [0018] , [0019] , [0024] , [0026] - [0028] ; Anspruch 8	1-4
X	US 2013/177409 AI (SCHUMACHER JOERG [DE] ET AL) 11. Jul i 2013 (2013-07-11) Absätze [0126] - [0129] ; Anspruch 34; Abbi l dung 3	1-4, 19-30
	----- -/-- -	

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
30. September 2016	10/10/2016

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  Van Veen, Jenni fer
--	--

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>EP 2 407 187 A1 (ECP ENTWICKLUNGSGES MBH [DE]) 18. Januar 2012 (2012-01-18) [0067] Die Fig. 5 zeigt einen nebenläufigen Rotor mit einem Schaufelblatt 35, in das Stützstrukturen 36, 37, 38, 39, 40 in Form von strahlenförmig verlaufenden Streben durch selektive Verfestigung eingebracht worden sind; Absatz [0067]; Ansprüche 7-12; Abbildung 5</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15



**Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2.  Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3.  Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

**Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

si ehe Zusatzblatt

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
  
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_
  
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs**

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-18(vol 1ständig); 20-24(teilweise)

Rotor für eine komprimierbare Fluidpumpe, mit einem oder mehrere Förderelemente mit Verstärkungselementen, insbesondere Fasern, welcher Rotor radial zwischen einem ersten, komprimierten und einem zweiten, radial expandierten Zustand, komprimierbar und expandierbar ist, und ein dritter Zustand den der Rotor unter Last einnimmt, und wobei die Fasern sich in radialer Richtung über die Rotationsachse hinaus erstrecken.

---

2. Ansprüche: 19(vol 1ständig); 20-24(teilweise)

Rotor für eine komprimierbare Fluidpumpe, mit einem oder mehrere Förderelemente(n), das/die Verstärkungselemente umfasst/en, und welcher Rotor radial zwischen einem ersten, komprimierten und einem zweiten, radial expandierten Zustand komprimierbar und expandierbar ist, und wobei die ein oder mehrere Förderelemente des Rotors durch Spritzgießen mit gleichzeitigem Hinzufügen von Verstärkungselementen im expandierten Zustand hergestellt ist/sind, wobei die Verstärkungselemente durch einen Spritzgießwerkstoff allseitig umschlossen sind.

---

3. Ansprüche: 25, 29(vol 1ständig); 27, 28(teilweise)

Gießform/Verfahren zur Herstellung eines Rotors mittels eines Gießverfahrens, bei dem das Material der Förderelemente in Radialrichtung in die Volumina der Förderelemente einfließt.

---

4. Ansprüche: 26, 30(vol 1ständig); 27, 28(teilweise)

Gießform/Verfahren zur Herstellung eines Rotors mittels Gießen, mit zwei verschiedenen Einspritzstellen.

---

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059708

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 2407185	AI	18-01-2012	CN 103002930 A	27-03-2013
			DE 112011102353 T5	18-04-2013
			EP 2407185 AI	18-01-2012
			US 2013177432 AI	11-07-2013
			WO 2012007140 AI	19-01-2012
-----				
US 2014301822	AI	09-10-2014	CA 2745528 AI	10-06-2010
			CN 102239335 A	09-11-2011
			CN 104141633 A	12-11-2014
			EP 2194278 AI	09-06-2010
			EP 2376788 AI	19-10-2011
			HK 1201899 AI	11-09-2015
			US 2011275884 AI	10-11-2011
			US 2014301822 AI	09-10-2014
			US 2015211542 AI	30-07-2015
			US 2016106897 AI	21-04-2016
			WO 2010063494 AI	10-06-2010
-----				
US 2013177409	AI	11-07-2013	CN 103002931 A	27-03-2013
			CN 105833369 A	10-08-2016
			CN 105944166 A	21-09-2016
			DE 112011102354 T5	16-05-2013
			EP 2407186 AI	18-01-2012
			US 2013177409 AI	11-07-2013
			WO 2012007141 AI	19-01-2012
-----				
EP 2407187	AI	18-01-2012	CN 103002929 A	27-03-2013
			CN 104984424 A	21-10-2015
			DE 112011102347 T5	08-05-2013
			EP 2407187 AI	18-01-2012
			HK 1212264 AI	10-06-2016
			US 2013204362 AI	08-08-2013
			WO 2012007139 AI	19-01-2012
-----				