



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

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

<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>5</sup> : A61M 1/10, F04D 29/22</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 95/00185</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 5. Januar 1995 (05.01.95)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP94/02049 (22) Internationales Anmeldedatum: 23. Juni 1994 (23.06.94)  (30) Prioritätsdaten: P 43 21 260.3 25. Juni 1993 (25.06.93) DE  (71)(72) Anmelder und Erfinder: WESTPHAL, Dieter [DE/DE]; Lousbergstrasse 55, D-52072 Aachen (DE). REUL, Helmut [DE/DE]; Akazienstrasse 65, D-52353 Düren (DE). RAU, Günter [DE/DE]; Fuchserde 50, D-52066 Aachen (DE).  (74) Anwälte: SELTING, Günther usw.; Deichmannhaus, Bahn- hofsvorplatz 1, D-50667 Köln (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

(54) Title: CENTRIFUGAL BLOOD PUMP

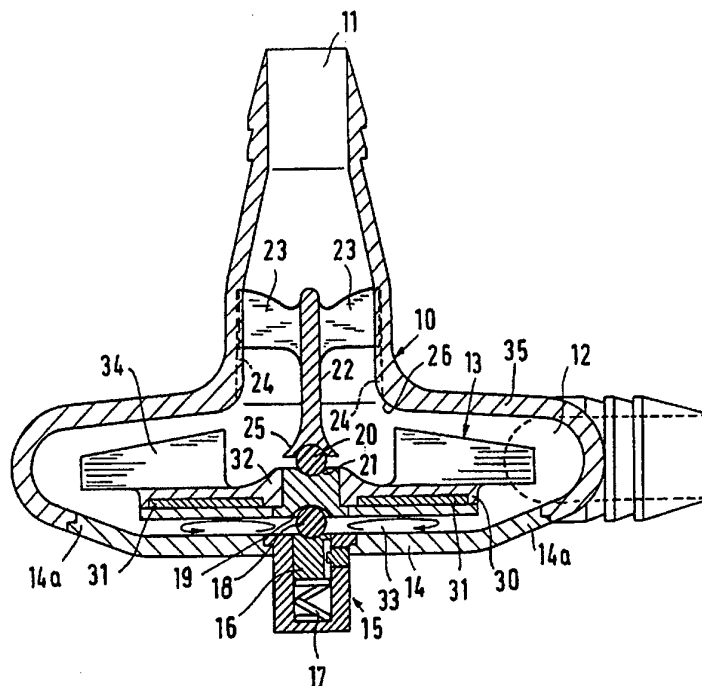
(54) Bezeichnung: BLUTPUMPE ALS ZENTRIFUGALPUMPE

(57) Abstract

A blood pump has an impeller (13) arranged in a housing (10) and which consists of a flat disk (30) with projecting blades (34). The impeller (13) is mounted between balls (18, 20) which form an axial sliding bearing. The front wall (35) and the rear wall (14) of the pump housing are substantially parallel to the disk (30) of the impeller (13). The height of the blades (34) linearly decreases as their radii increase, so that the gap between the front wall (35) and the blades (34) increases outwards. As the circumferential speed also increases, the shearing rate remains constant. A gap of constant width in which secondary flows are generated is provided between the disk (30) of the impeller and the rear wall (14) to prevent dead water zones.

(57) Zusammenfassung

Die Blutpumpe weist in einem Pumpengehäuse (10) ein Flügelrad (13) mit einer flachen Platte (30) und davon abstehenden Flügeln (34) auf. Das Flügelrad (13) ist zwischen Kugeln (18, 20), die ein Axialgleitlager bilden, gelagert. Die Vorderwand (35) und die Rückwand (14) des Pumpengehäuses verlaufen im wesentlichen parallel zu der Platte (30) des Flügelrades (13). Die Höhe der Flügel (34) verringert sich mit zunehmendem Radius linear, so daß der Spalt zwischen der Vorderwand (35) und den Flügeln (34) nach außen hin zunimmt. Da die Umfangsgeschwindigkeit ebenfalls zunimmt, bleibt die Scherrate konstant. Zwischen der Platte (30) des Flügelrades und der Rückwand (14) ist ein Spalt konstanter Breite vorgesehen, in dem Sekundärströmungen erzeugt werden, wodurch Totwassergebiete vermieden werden.



Die Blutpumpe weist in einem Pumpengehäuse (10) ein Flügelrad (13) mit einer flachen Platte (30) und davon abstehenden Flügeln (34) auf. Das Flügelrad (13) ist zwischen Kugeln (18, 20), die ein Axialgleitlager bilden, gelagert. Die Vorderwand (35) und die Rückwand (14) des Pumpengehäuses verlaufen im wesentlichen parallel zu der Platte (30) des Flügelrades (13). Die Höhe der Flügel (34) verringert sich mit zunehmendem Radius linear, so daß der Spalt zwischen der Vorderwand (35) und den Flügeln (34) nach außen hin zunimmt. Da die Umfangsgeschwindigkeit ebenfalls zunimmt, bleibt die Scherrate konstant. Zwischen der Platte (30) des Flügelrades und der Rückwand (14) ist ein Spalt konstanter Breite vorgesehen, in dem Sekundärströmungen erzeugt werden, wodurch Totwassergebiete vermieden werden.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

### Blutpumpe als Zentrifugalpumpe

Die Erfindung betrifft eine als Zentrifugalpumpe ausgebildete Blutpumpe mit einem in einem Pumpengehäuse rotierenden Flügelrad.

Eine Blutpumpe, von der der Oberbegriff des Patentanspruchs 1 ausgeht, ist bekannt aus US 4 507 048. Diese Blutpumpe enthält ein Flügelrad, das in dem Pumpengehäuse zwischen zwei Spitzenlagern gelagert ist, wobei die Flügel des Flügelrades an der Vorderseite eines Zentralkonus angeordnet sind. Auf der Rückseite des Zentralkonus befindet sich eine Platte, die einen konstanten Abstand von der Rückwand des Pumpengehäuses hat. Die Flügel sind ähnlich wie Flugzeugflügel profiliert und sie haben einen Umschlingungswinkel von etwa  $15^\circ$ . Die Flügel sind von einem Kegelmantel bedeckt, in dem noch ein weiterer Kegelmantel angeordnet ist, so daß das Flügelrad einen insgesamt rotierenden, teilweise hohlen Körper bildet, in dem die Flügel angeordnet sind.

- 2 -

Aus EP 0 451 376 A1 ist eine Blutpumpe bekannt, bei der das Flügelrad eine ebene Platte aufweist, von der die Flügel nach vorne, zum Einlaß hin, abstehen. Die Flügel sind leicht gebogen und ihre Höhe nimmt linear nach außen hin ab. Das Flügelrad ist an einer einendig in einem Ansatz des Pumpengehäuses gelagerten Welle befestigt. Die Vorderwand des Pumpengehäuses ist kegeltstumpfförmig ausgebildet und die Rückwand weicht mit zunehmendem Radius nach hinten zurück.

Ferner ist aus US 4 589 822 eine Blutpumpe bekannt, bei der das Flügelrad an einer Welle befestigt ist, die ebenfalls außerhalb des Pumpengehäuses gelagert ist. Das Flügelrad weist geradlinige Flügel auf, deren Höhe sich nach außen hin linear verringert. Die Vorderwand des Pumpengehäuses ist kegeltstumpfförmig ausgebildet und die Rückwand weicht mit zunehmendem Radius zurück. Die Flügel haben nur einen Umschlingungswinkel von etwa  $60^\circ$ . Sie überragen die Platte nach außen hin.

Aus US 4 984 972 ist eine Blutpumpe bekannt, bei der ein Flügelrad aus einer Platte mit ebener Oberseite und kegelförmig verlaufender Unterseite auf einem Spitzenlager pendelnd gelagert ist. Die Flügel des Flügelrades fallen radial nach außen linear ab und enden an dem äußeren Plattenrand.

Zentrifugalpumpen für industrielle Anwendungen sind so ausgelegt, daß sie eine hohe Förderrate bei niedrigem Förderdruck liefern. Dagegen müssen Blutpumpen für geringe Fördermengen und relativ hohe Drücke ausgelegt werden. Ein Problem bei Blutpumpen besteht darin, daß sie stark wechselnden Betriebsbedingungen unterliegen,

- 3 -

und daß sichergestellt werden muß, daß Blutschädigungen vermieden werden. Eine Blutpumpe wird beispielsweise eingesetzt, um während einer Operation die Pumpfunktion des Herzens eines Patienten zu übernehmen. Wird dem Patient ein gefäßerweiterndes Medikament zugeführt, so nimmt der Flüssigkeitswiderstand des Patientenkörpers ab und der Druck, gegen den die Blutpumpe fördern muß, verringert sich. Ferner können Blutpumpen dazu eingesetzt werden, die Funktion des Herzens voll zu übernehmen oder nur eine das Herz unterstützende Funktion wahrzunehmen. Demnach muß eine Blutpumpe imstande sein, variierende Fördermengen (durch unterschiedliche Drehzahlen) zu liefern. Ferner muß eine Blutpumpe derart ausgebildet sein, daß sie in den vorkommenden weiten Betriebsbereichen blutschädigungsarm arbeitet. Blutschädigungen werden beispielsweise durch örtliche Erwärmungen der Blutpumpe im Lagerbereich des Flügelrades hervorgerufen, vor allem aber durch Schubspannungen und Scherspannungen, denen das Blut in der Zentrifugalpumpe ausgesetzt ist. Derartige Effekte bewirken eine Zersetzung des Bluts durch Hämolyse, wobei Thrombozyten aktiviert werden und aggregieren. Dies kann zu lebensgefährlichen Thrombenbildungen führen. Thrombenbildungen entstehen ferner in Totwassergebieten, in denen das Pumpengehäuse unzureichend durchströmt wird.

Eine Optimierung der Strömungsverhältnisse in Blutpumpen mit dem Ziel der Vermeidung von Blutschädigungen ist wegen der unterschiedlichen Betriebsbedingungen, denen eine Blutpumpe ausgesetzt sein kann, anhand von Berechnungen und theoretischen Überlegungen zur Zeit nicht möglich. Bei der Auslegung einer Blutpumpe ist

- 4 -

der Konstrukteur weitgehend auf empirische Forschung angewiesen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Blutpumpe zu schaffen, die blutschädigungsarm arbeitet und einfach ausgebildet ist, so daß sie als Einmalartikel kostengünstig herstellbar ist.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen.

Bei der erfindungsgemäßen Blutpumpe ist das Flügelrad im Pumpengehäuse zwischen Axialgleitlagern gelagert, wodurch aufwendige Wälzlager und Wellendichtungen entfallen. Dadurch wird die Reibung geringgehalten, so daß eine Reibungserwärmung praktisch nicht feststellbar ist. Der Begriff Axialgleitlager umfaßt Spitzenlager und insbesondere auch ein Kugelspurlager mit einer entlang der Drehachse angeordneten Kugel. Das Flügelrad weist Flügel auf, die von einer Platte frei abstehen und die nicht von einer Bedeckung umschlossen sind. Die einzelnen Flügel haben einen sehr hohen Umschlingungswinkel von 90-120°, vorzugsweise von etwa 110°. Infolge des großen Umschlingungswinkels ist die Blutpumpe imstande, den erforderlichen hohen Druck zu liefern und andererseits die Druckerhöhung kontinuierlich und mit geringen Schubspannungen vorzunehmen.

Die Höhe der Flügel nimmt nach außen hin mit zunehmendem Radius linear ab, während die Vorderwand des Pumpengehäuses generell parallel zu der Platte des Flügelrades verläuft, jedoch eine kleine Konizität von etwa 3 bis 10° hat, damit bei senkrecht stehender Pumpe Luft-

- 5 -

blasen zum Einlaß hin entweichen können. Dadurch vergrößert sich der Abstand der Flügel von der Vorderwand des Gehäuses linear, so daß der zwischen den Flügeln und der Vorderwand des Gehäuses gebildete Spalt sich linear mit dem Radius vergrößert. Da sich die Umfangsgeschwindigkeit ebenfalls linear mit dem Radius vergrößert, ist die Scherrate an der Vorderseite des Flügelrades im wesentlichen konstant. Es werden also keine sonst üblichen Scherspannungsspitzen erzeugt. An der Rückseite der Platte ist der zwischen der Platte und der Rückwand des Pumpengehäuses gebildete Spalt konstant. Die Spaltbreite sollte größer sein als 1 mm, vorzugsweise etwa 2 mm. Dadurch werden an der Rückseite des Flügelrades Sekundärströmungen erzeugt, in denen das Blut in ständiger Umwälzung gehalten wird, so daß sich keine Totwassergebiete bilden können.

Die Flügel beginnen an dem Flügelrad erst relativ weit außen, d.h. der von Flügeln freie Mittelbereich hat, bezogen auf den Außendurchmesser des Flügelrades, einen relativ großen Durchmesser. Der Flügeleintrittswinkel beträgt nur 18-25°. Dieser geringe Eintrittswinkel verhindert Scherspannungsspitzen an dem sehr kritischen Eintrittsbereich. Auch der Flügelaustrittswinkel ist viel kleiner als bei Kreiselpumpen dieser Baugröße üblich.

Im folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch die Blutpumpe,

- Fig. 2 eine Ansicht des Flügelrades,
- Fig. 3 den Verlauf des Flügelwinkels  $\beta$  in Abhängigkeit von dem Radius  $r$ ,
- Fig. 4 einen Längsschnitt durch das Antriebsrad,
- Fig. 5 einen Schnitt entlang der Linie V-V von Fig. 4 und
- Fig. 6 die Anordnung der weichmagnetischen Platten im Flügelrad.

Die Blutpumpe weist ein rundes, flaches (tellerförmiges) Pumpengehäuse 10 von etwa 60 mm Durchmesser auf, das entlang seiner Achse mit einem Einlaß 11 versehen ist. Der Auslaß 12 ist am Umfang des Pumpengehäuses 10 tangential angeordnet.

Im Pumpengehäuse 10 ist das Flügelrad 13 mit einer Axialgleitlagerung gelagert. In der Rückwand 14 des Pumpengehäuses befindet sich eine Stützvorrichtung 15 für einen Kugelhalter 16. Die Stützvorrichtung 15 enthält eine Feder 17, die den Kugelhalter 16 gegen das Flügelrad 13 drückt. An dem Kugelhalter 16 ist längs der Achse des Flügelrades eine Kugel 18 aus Keramik durch Ankleben befestigt. Diese Kugel 18 ragt in eine Kugelpfanne 19 des Flügelrades 13 hinein, wobei der Durchmesser der Kugelpfanne 19 etwa doppelt so groß ist wie der Durchmesser der Kugel 18.

Als Gegenlager für die Kugel 18 dient eine weitere auf der Flügelradachse angeordnete Kugel 20 aus Keramik,



- 7 -

die in eine der Kugelpfanne 19 entgegengerichtete Kugelpfanne 21 eintaucht. Die Kugel 20 ist an einem Kugelhalter 22 durch Ankleben befestigt, der in den rohrförmigen Einlaß 11 hineinragt und mit seitlich abstehenden Rippen 23 versehen ist, die in Längsnuten 24 der rohrförmigen Wand des Einlasses 11 hineinragen. In den beiden Kugelspurlagern beträgt das Verhältnis  $R_{\text{Kalotte}}/R_{\text{Kugel}}$  zwischen 1,5/1 und 3/1, so daß die Kugel mit der zugehörigen Kalotte nur Punktkontakt hat. Kugel und Kalotte bestehen aus einer Materialpaarung, die günstige Reibungsbedingungen liefert, z.B. Stahl - Keramik oder Keramik - Keramik.

Das freie Ende 25 des Kugelhalters 22 ist trompetenförmig erweitert, wobei die Erweiterung einen Radius von etwa 5 mm hat. Diese Erweiterung dient dazu, das vom Einlaß 11 kommende Blut radial zum Flügelrad abzulenken. Der Übergang 26 vom Einlaß 11 zum Pumpenraum des Pumpengehäuses hat einen Krümmungsradius von etwa 3 mm. Der Übergang von der axialen Strömung im Einlaß 11 zu der Rotationsströmung im Pumpenraum erfolgt ohne abrupte Querschnittsveränderung. Der Einlaufbereich des Flügelrades, der durch die Strömungsumlenkung um 90° stark beeinflußt wird, ist besonders strömungsgünstig und blutschonend ausgeführt. Dies wird dadurch erreicht, daß beim Übergang vom Einlaß 11 zum Pumpenraum der Strömungsquerschnitt um etwa den Faktor 6 zunimmt (von 140 mm<sup>2</sup> im Einlaßstutzen auf 850 mm<sup>2</sup> am Flügelbeginn), und daß andererseits die Umlenkstrahlen an dieser Stelle besonders groß sind.

Das Flügelrad 13 weist eine ebene Platte 30 auf, in der ferromagnetische Platten 31 eingebettet sind. Die Plat-

- 8 -

te 30 ist in ihrem Mittelbereich 32 an der dem Einlaß 11 zugewandten Seite um weniger als die Plattenstärke verdickt ausgebildet. Diese Verdickung im Mittelbereich 32 ist abgerundet, wobei der Radius demjenigen des trompetenförmigen Bereichs 25 entspricht. Der Mittelbereich 32 ist von Flügeln frei. Sein Radius  $R_1$  beträgt 9 mm und ist etwas größer als der Radius des Einlasses 11 am Übergang in die Pumpenkammer. Der Radius  $R_2$  des Flügelrades beträgt 24 mm und der Radius  $R_3$  der Platte 30 beträgt 18 mm.

Zwischen der Rückseite der Platte 30 und der Rückwand 14 ist ein Spalt 33 konstanter Breite von etwa 2 mm gebildet. Bei Rotation des Flügelrades 13 bilden sich in dem Spalt 33 Sekundärströmungen aus, die durch die Pfeile angedeutet sind. Diese Sekundärströmungen verhindern die Bildung von Totwasserbereichen in dem Spalt 33.

Das Flügelrad 13 weist vier bis sieben (hier: fünf) Flügel 34 auf, die am Umfang des Mittelbereichs 32 beginnen und mit etwa einem Drittel der Flügellänge radial über die Platte 30 hinausragen. Die Rückwand 14 ist im Bereich der Überstände der Flügel 34 mit einer Abschrägung 14a versehen, um das Fehlen der Platte 30 im äußeren Bereich der Pumpenkammer zu kompensieren. Die Weite der Pumpenkammer verringert sich somit zum äußeren Rand und zum Auslaß 12 hin.

Die vordere Wand 35 der Pumpenkammer verläuft annähernd parallel zu dem mittleren Teil der Rückwand 14 und zu der Platte 30. Die Flügel 34 haben ihre größte Höhe am inneren Ende, d.h. am Umfang des Mittelbereichs 32. Die

Flügelhöhe verringert sich linear nach außen hin auf etwa die Hälfte. Der Spalt zwischen der Vorderwand 35 des Pumpengehäuses und den Flügelkanten verbreitert sich radial nach außen. Da sich die Umfangsgeschwindigkeit des Blutes ebenfalls radial nach außen vergrößert, bleibt die Scherrate konstant.

Wie Fig. 2 zeigt, ist jeder Flügel 34 in Rotationsrichtung 35 bogenförmig gekrümmt, wobei der Umschlingungswinkel  $\alpha$  eines Flügels  $100^\circ$  beträgt. Der Flügeleintrittswinkel  $\beta_1$ , nämlich der Tangentenwinkel des Flügels an den Mittelbereich 32, beträgt  $20^\circ$  und der Flügelaustrittswinkel  $\beta_2$ , nämlich der Tangentenwinkel des Flügels an den die Flügelenden umschließenden Kreis mit dem Radius  $R_2$ , beträgt  $30^\circ$ . Die konkave Innenseite 34a des Flügels bildet die Saugseite und die konvexe Außenseite 34b bildet die Druckseite. Am Eintrittsende und am Austrittsende haben die Flügel ihre geringste Dicke. Die Flügeldicke vergrößert sich aus Festigkeitsgründen zur Mitte hin, wobei der Flügel im Mittelbereich die größte Dicke hat. Am Eintrittsende ist der Flügel abgerundet.

Fig. 3 zeigt den Verlauf des Tangentenwinkels  $\beta$  des Flügels in Abhängigkeit von dem Radius  $r$ . Der Verlauf  $\beta(r)$  entspricht einem Polynom zweiten Grades:

$$\beta(r) = Ar^2 + Br + C.$$

Hierbei sind A, B und C Konstanten. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist  $A = -0,16$ ;  $B = 5,95$ ;  $C = -20,56$ .

- 10 -

Die beschriebene Bauform von Pumpengehäuse und Flügelrad ermöglicht bei gleicher Förderleistung ein wesentlich geringeres Füllvolumen als andere Blutpumpen. Das Füllvolumen beträgt hier nur 30 ml. Durch das geringe Füllvolumen wird das extrakorporale Blutvolumen verringert und der Kontakt des Blutes mit Fremdflächen, der erheblich zur Blutschädigung beiträgt, reduziert. Die Blutpumpe kann aus einer geringen Zahl von Teilen kostengünstig hergestellt werden. Aus medizinischen Gründen ist sie für den Einmalgebrauch vorgesehen.

Die beschriebene Blutpumpe wird in Verbindung mit dem in den Fig. 4 und 5 dargestellten Antriebsrad 40 benutzt. Dieses Antriebsrad weist zwei Paare 41a,41b;42a,42b von Stabmagneten auf, wobei jedes Paar auf einer anderen Seite des Radius 43 des Antriebsrades angeordnet ist. In den Zeichnungen sind die Polungen der Stabmagnete mit N (Nordpol) und S (Südpol) angegeben. Die Rückseiten der Stabmagnete sind mit einer ferromagnetischen Platte 44 in Kontakt, die den Polrückschluß bildet. Die Vorderseite 45 der Stabmagnete wirkt durch die Wand des Pumpengehäuses 10 hindurch magnetisch auf die ferromagnetischen Platten 31 ein, die den Magnetfluß auf der Vorderseite der Stabmagnete schließen. Das Antriebsrad 40 wird von einem Motor angetrieben und nimmt dabei die im Pumpengehäuse 10 gelagerte Scheibe 30 mit. Die in der Scheibe 30 enthaltenen Platten 31 bestehen lediglich aus weichmagnetischem (ferromagnetischem) Material, z.B. aus einfachem Baustahl. Sie haben jeweils eine Umfangserstreckung von 120° und eine Dicke von 1 mm.

- 11 -

Wenn die Pumpe mit einer Drehzahl von 3.000 U/min angetrieben wird, liefert sie eine Fördermenge von 4 l/min bei einem Förderdruck von 180 mmHg.

PATENTANSPRÜCHE

1. Blutpumpe als Zentrifugalpumpe, mit einem Pumpengehäuse (10), das einen axialen Einlaß (11) und einen an seinem Umfang angeordneten Auslaß (12) aufweist, und einem in dem Pumpengehäuse (10) zwischen zwei Axialgleitlagern gelagerten Flügelrad (13), das ferromagnetische Kopplungsteile (31) enthält und an seiner dem Einlaß (11) zugewandten Vorderseite von einer ebenen Platte (30) abstehende Flügel (34) aufweist, deren Höhe radial nach außen abnimmt, wobei die ebene Rückseite der Platte (30) einen im wesentlichen konstanten Abstand von der Rückwand (14) des Pumpengehäuses (10) hat,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die Höhe der Flügel (34) mit zunehmendem Radius linear abnimmt und die Vorderwand (35) des Pumpengehäuses (10) im wesentlichen parallel zu der Platte (30) des Flügelrades (13) verläuft, und

daß die Flügel (34) die Platte (30) nach außen hin überragen und die Rückwand (14) des Pumpengehäuses außerhalb der Platte (30) eine umlaufende Abschrägung (14a) aufweist, die einen kontinuierlichen Übergang zu dem tangentialen Auslaß (12) bewirkt.

2. Blutpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der dem Einlaß (11) zugewandte Mittelbereich (32) der Platte (30) um weniger als die Plattenstärke verdickt ausgebildet ist, und daß die Flü-

gel (34) angrenzend an den Mittelbereich (32) beginnen.

3. Blutpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Flügel (34) sich über einen Umschlingungswinkel von  $90^\circ$  bis  $120^\circ$  erstreckt.
4. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß der Flügeleintrittswinkel ( $\beta_1$ ), d.h. der Tangentenwinkel der Flügel an den Mittelbereich (32) der Platte (30)  $18-25^\circ$  beträgt.
5. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß der Flügelaustrittswinkel ( $\beta_2$ ), d.h. der Tangentenwinkel der Flügel (34) an einen die Flügelenden umschließenden Kreis  $25-40^\circ$  beträgt.
6. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius  $R_1$  des von den Flügeln (34) freien Mittelbereichs (32) der Platte (30) zu dem Radius  $R_2$  eines die Flügelenden umschließenden Kreises im Verhältnis  $R_1:R_2$  von  $0,25-0,5$  steht.
7. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Flügelstärke vom inneren Ende eines Flügels (34) nach außen hin zunimmt und anschließend wieder abnimmt.
8. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß der Flügelwinkel  $\beta$ , d.h. der Tangentenwinkel der Skelettlinie eines Flügels,

einem Polynom zweiten Grades  $Ar^2 + Br + C$  entspricht, wobei  $r$  der Radius und  $A$ ,  $B$  und  $C$  Konstanten sind.

9. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß die Axialgleitlager jeweils eine Kugel (18,20) aufweisen, die in eine Kugelpfanne (19,21) der Platte (30) eingreift, wobei der Durchmesser der Kugelpfanne größer ist als derjenige der Kugel.
10. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß das Flügelrad (13) zwei weichmagnetische Platten (31) enthält, und daß ein Antriebsrad (40) vorgesehen ist, das zwei Paare von Stabmagneten (41a,41b;42a,42b) enthält, von denen jedes auf einer anderen Seite des Durchmessers (43) des Antriebsrades angeordnet ist.



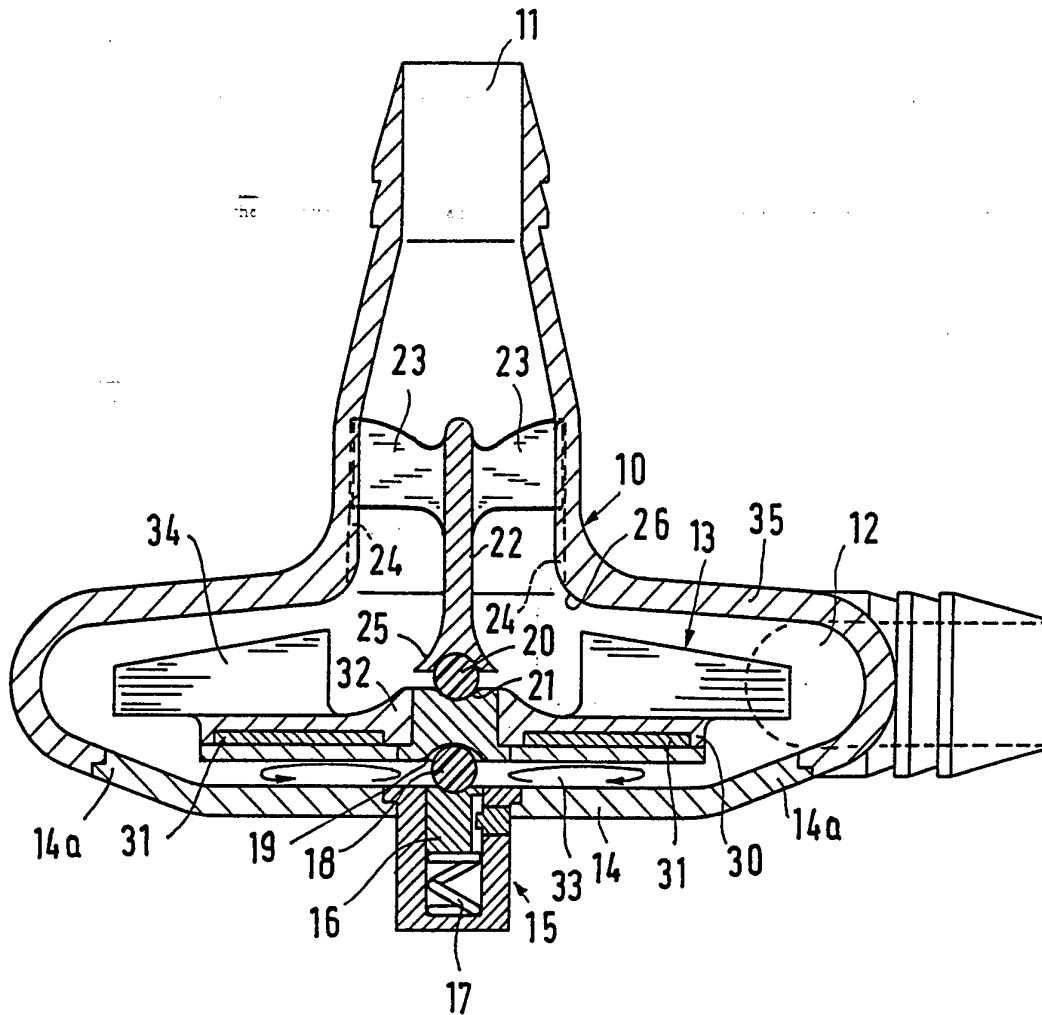
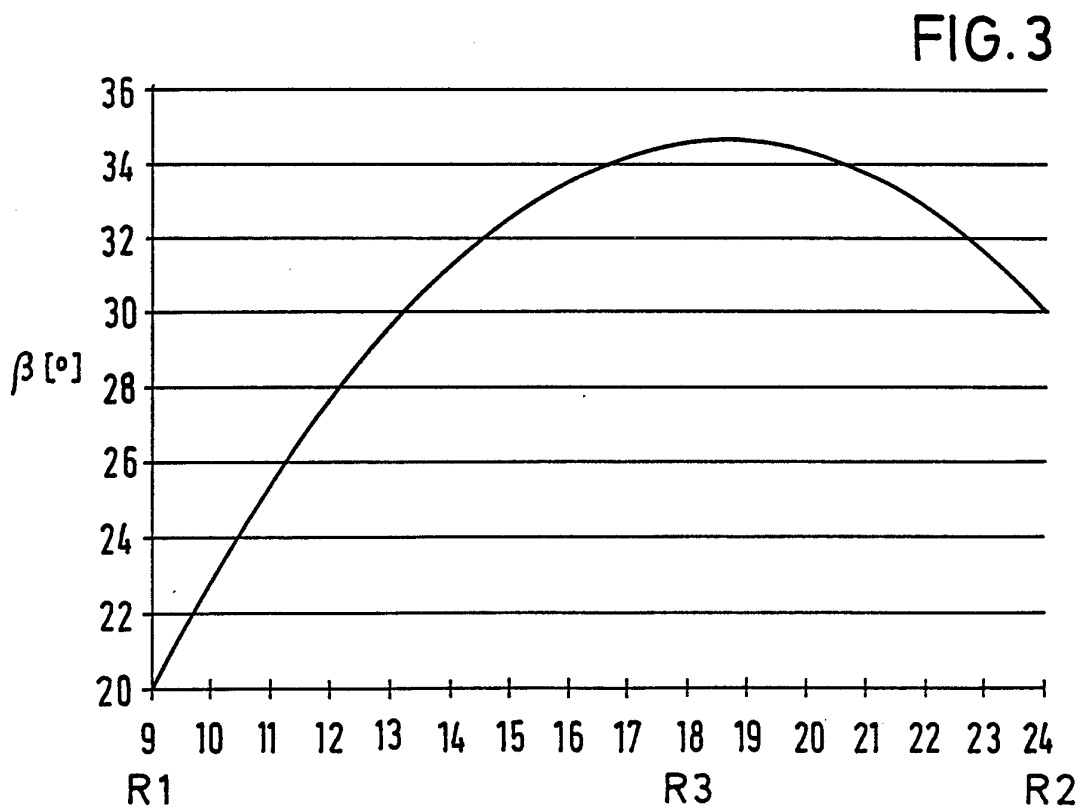
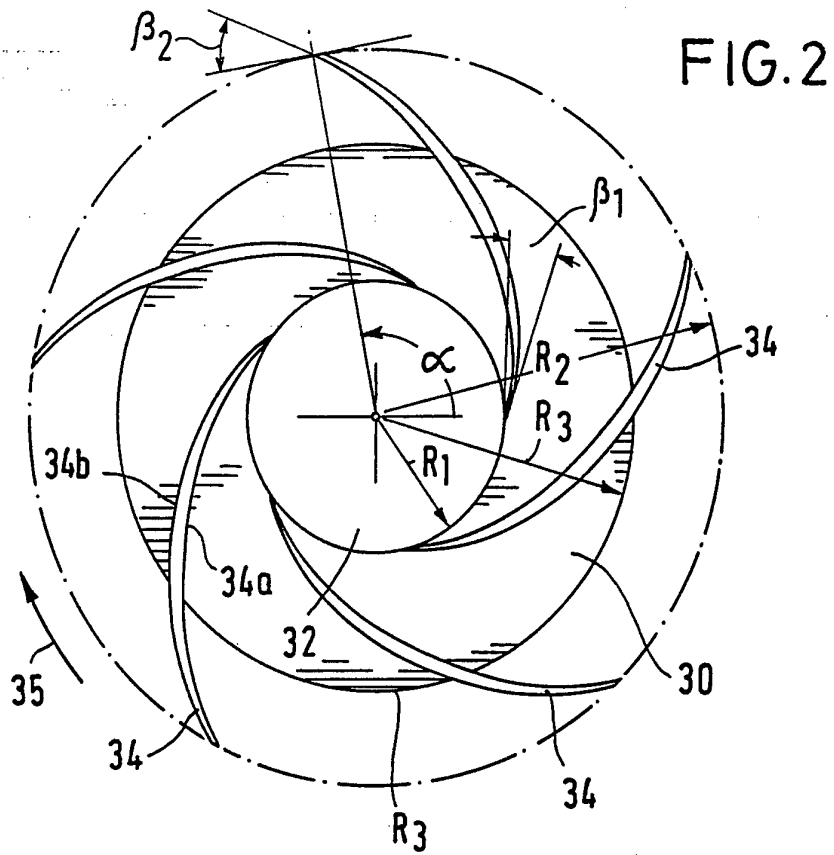


FIG. 1



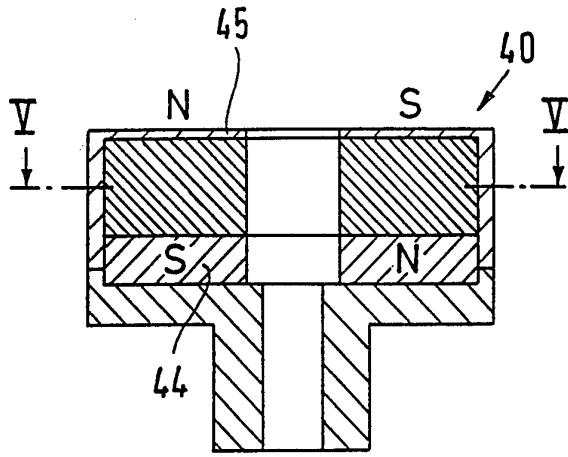


FIG. 4

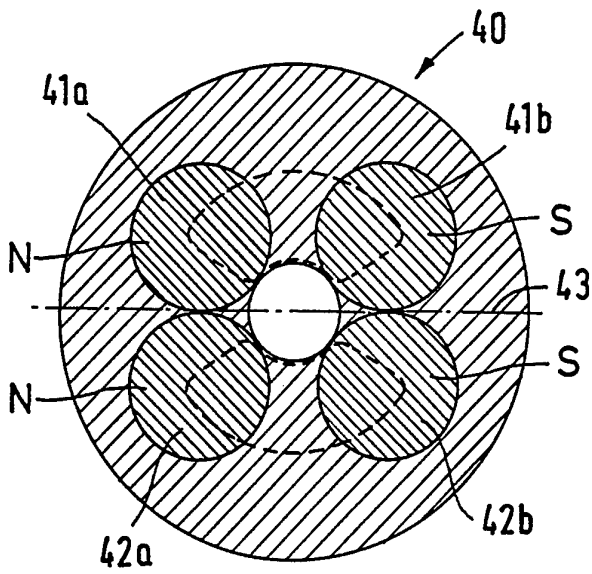


FIG. 5

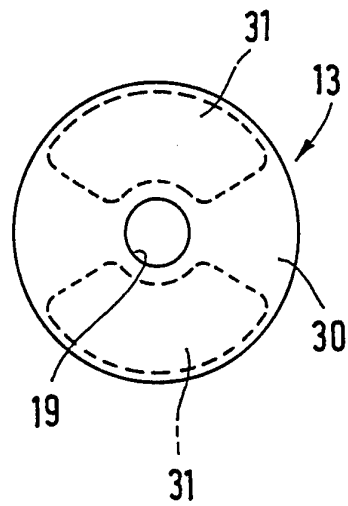


FIG. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 94/02049

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.5 A61M 1/10, F04D 29/22

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)

Int.Cl.5 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)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 589 822 (E. CLAUSEN et al.) 20 May 1986 (20.05.86), whole document in particular figures 3,4 (cited in the application)	1
A	US,A,4 507 048 (J. BELENGER et al.) 26 March 1985 (26.03.85), whole document in particular figures 1,4,7 (cited in the application)	1
A	EP,A,0 451 376 (ST. JUDE MED.) 16 October 1991 (16.10.91)	1



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 document 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 October 1994 (25.10.94)

Date of mailing of the international search report

11 November 1994 (11.11.94)

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/02049

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

A 61 M 1/10, F 04 D 29/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK 5

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

A 61 M, F 04 D

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)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US, A, 4 589 822 (E. CLAUSEN et al.) 20 Mai 1986 (20.05.86), ganzes Dokument, insbesondere Fig. 3,4 (in der Beschreibung genannt).	1
A	--	
A	US, A, 4 507 048 (J. BELENGER et al.) 26 März 1985 (26.03.85), ganzes Dokument, insbesondere Fig. 1,4,7 (in der Beschreibung genannt).	1
A	--	
A	EP, A, 0 451 376 (ST. JUDE MED.) 16 Oktober 1991 (16.10.91),	1

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\* älteres Dokument, 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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25 Oktober 1994

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

**11. 11. 94**

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

LUDWIG e.h.

**ANHANG**

zum internationalen Recherchen-  
bericht über die internationale  
Patentanmeldung Nr.

**ANNEX**

to the International Search  
Report to the International Patent  
Application No.

**ANNEXE**

au rapport de recherche inter-  
national relatif à la demande de brevet  
international n°

PCT/EP 94/02049 SAE 93447

In diesem Anhang sind die Mitglieder  
der Patentfamilien der im obenge-  
nannten internationalen Recherchenbericht  
angeführten Patentdokumente angegeben.  
Diese Angaben dienen nur zur Unter-  
richtung und erfolgen ohne Gewähr.

This Annex lists the patent family  
members relating to the patent documents  
cited in the above-mentioned inter-  
national search report. The Office is  
in no way liable for these particulars  
which are given merely for the purpose  
of information.

La présente annexe indique les  
membres de la famille de brevets  
relatifs aux documents de brevets cités  
dans le rapport de recherche inter-  
national visée ci-dessus. Les renseigne-  
ments fournis sont donnés à titre indica-  
tif et n'engagent pas la responsabilité  
de l'Office.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument Patent document cited in search report Document de brevet cité dans le rapport de recherche	Datum der Veröffentlichung Publication date Date de publication	Mitglied(er) der Patentfamilie Patent family member(s) Membre(s) de la famille de brevets	Datum der Veröffentlichung Publication date Date de publication
US A 4589822	20-05-86	AT E 49790 CA A1 1249748 DE CO 3575591 EP A1 188567 EP B1 188567 WO A1 8600672 US A 4606698	15-02-90 07-02-89 01-03-90 30-07-86 24-01-90 30-01-86 19-08-86
US A 4507048	26-03-85	FR A1 2451480 FR B1 2451480	10-10-80 17-02-84
EP A1 451376	16-10-91	keine - none - rien	