

(19)



(11)

EP 2 295 798 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.03.2011 Patentblatt 2011/11

(51) Int Cl.:
F04B 17/03 ^(2006.01) **F04B 35/04** ^(2006.01)
F04B 9/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09075367.4**

(22) Anmeldetag: **13.08.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
 HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
 PT RO SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(72) Erfinder: **Göllner, Manfred**
13086 Berlin (DE)

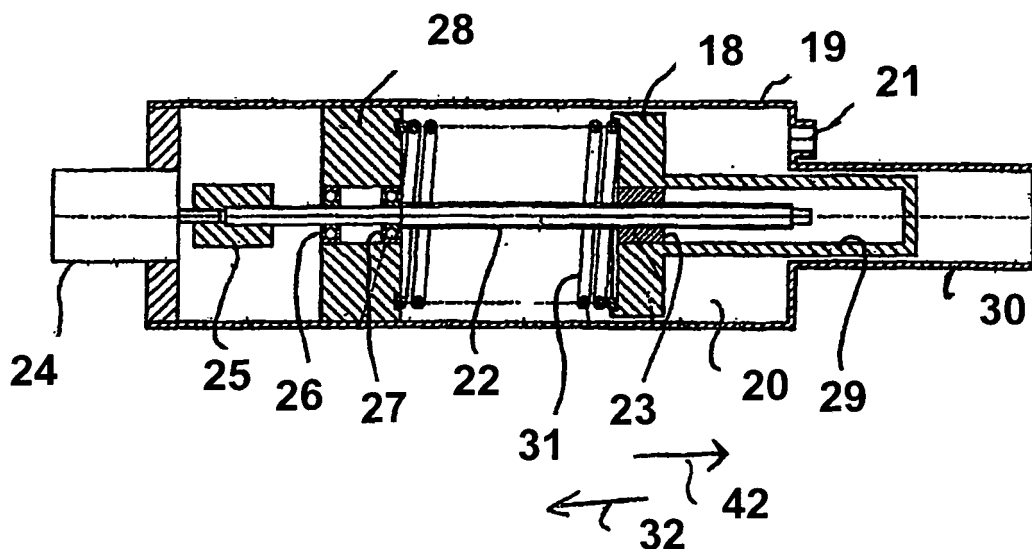
(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner GbR**
Patent- und Rechtsanwälte
Joachimstaler Strasse 12
10719 Berlin (DE)

(71) Anmelder: **Berlin Heart GmbH**
12247 Berlin (DE)

(54) **Antriebseinrichtung für den Kolben einer Fluidpumpe.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Antriebseinrichtung für einen in zwei entgegengesetzten Richtungen antreibbaren Kolben (18) einer Fluidpumpe/Arbeitspumpe für ein erstes Fluid mit einem Motorelement (24), gekennzeichnet durch wenigstens einen Energiespeicher (31), der im Zuge einer Kolbenbewegung in einer ersten

Bewegungsrichtung(32) aufgeladen wird und seine Energie während der entgegengesetzten Kolbenbewegung zur Unterstützung der Kolbenbewegung abgibt. Hierdurch werden das Motorelement sowie gegebenenfalls Kraftübertragungselemente (22,25,26, 27) sinnvoll entlastet, um den Verschleiß zu reduzieren und den möglichen Einsatzbereich zu erweitern.

**Fig. 3**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet des Maschinenbaus bzw. der Feinwerktechnik und kann beispielsweise in der Medizintechnik Anwendung finden.

[0002] Fluidpumpen sind seit langer Zeit in verschiedensten Ausführungsformen bekannt, mit Förderelementen in Form von Schaufelrädern, die ein Fluid in axialer oder radialer Richtung fördern, sowie in Form von Kolbenpumpen mit oder ohne entsprechende Ventilsteuerungen.

[0003] Ein besonderes Anwendungsfeld umfasst die sogenannten pulsatilen Pumpen, d. h. solche, die abwechselnd Drücke bestimmter verschiedener Niveaus erzeugen. Insbesondere kann es notwendig sein, abwechselnd Über- und Unterdruck zu erzeugen. Eine solche Anwendung tritt beispielsweise in der Medizintechnik bei der Blutkreislaufunterstützung auf, da durch diese Funktion die Wirkungsweise des Herzmuskels unterstützt werden kann. Der Antrieb ist auch für Blutpumpen geeignet, die einen sogenannten "Vollherzersatz" darstellen. Dabei wird das Herz vollständig entfernt und durch eine solche Blutpumpe ersetzt. Grundsätzlich ist somit durch die Pumpe abwechselnd Blut durch Unterdruck anzusaugen und durch Überdruck wieder in die Gefäße zu befördern.

[0004] Es ist bekannt, eine derartige Funktion einer Blutpumpe durch ein blutdurchflossenes Gehäuse zu realisieren, das durch eine bewegliche Membran begrenzt und mit steuerbaren Zu- und Abflussventilen ausgestattet ist. Die Membran kann ihrerseits mit einem Druckraum verbunden sein, in dem abwechselnd Über- und Unterdruck erzeugt wird.

[0005] Eine derartige Einrichtung ist beispielsweise aus der DE OS 26 19 324 bekannt. Dort liegt der Schwerpunkt der Darstellung allerdings auf einem Impulsbegrenzer zwischen einer Antriebspumpe und der eigentlichen Blutpumpe.

[0006] Aus der DE 203 07 003 U1 ist ein pneumatischer Antrieb in Form eines Rotationskompressors bekannt.

[0007] Die DD 264 380 schließlich offenbart eine Rechnersteuerung eines Pumpenantriebs mittels eines Umkehrhubmagneten, wobei sowohl die geometrische Kennlinie durch Gestaltung der Magneten als auch die Rechnersteuerung zum gewünschten Druckprofil beiträgt.

[0008] Grundsätzlich ist auch von der Firma Berlin Heart ein pulsatile Herzunterstützungssystem bekannt, das eine Herzpumpe mit einer Blutkammer und einer von dieser durch eine Mehrfachmembran getrennten Luftkammer aufweist, welche mit einer Arbeitspumpe in Form einer Kolbenpumpe in Verbindung steht. Die Blutkammer ist mittels eines Zulaufs und eines Ablaufs, die beide ventilgesteuert sind, mit dem Kreislaufsystem eines Patienten verbindbar. Die wechselnden Druckniveaus auf der Luftseite der Membran werden mittels der Arbeitspumpe erzeugt, die über einen Schlauch mit

dem Gehäuse der Blutpumpe verbunden ist. Es ergibt sich dabei speziell das Problem, dass der Kolben der Arbeitspumpe alternierend in entgegengesetzten Richtungen bewegt werden muss, um in einem Druckraum Über- und Unterdruck zu erzeugen, und dass die mechanische Belastung des Kolbenantriebs für die Über- und Unterdruckerzeugung unterschiedlich groß sein kann.

[0009] Wegen der hohen geforderten Standzeiten und Zuverlässigkeit ist es sinnvoll, die Pumpe und den Pumpenantrieb optimiert auszulegen, um Überlastung zu vermeiden und eine lange Standzeit zu gewährleisten.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Antriebseinrichtung für einen Kolben einer Fluidpumpe zu schaffen, die eine hohe Zuverlässigkeit mit möglichst geringer Belastung der Pumpe verbindet.

[0011] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0012] Die erfindungsgemäße Antriebseinrichtung weist einen in zwei entgegengesetzten Richtungen antreibbaren Kolben auf, der in einem Arbeitsraum ein erstes Fluid begrenzt, sowie ein Motorelement zum Antrieb des Kolbens und einen Energiespeicher, der im Zuge einer Kolbenbewegung in einer ersten Bewegungsrichtung aufgeladen wird und seine Energie während der Kolbenbewegung in einer zweiten, entgegengesetzten Richtung zur Unterstützung der Kolbenbewegung abgibt.

[0013] Die Erfindung kann vorteilhaft dann eingesetzt werden, wenn der Kolben bzw. das Motorelement in beiden Bewegungsrichtungen unterschiedlich stark belastet ist.

[0014] In diesem Fall kann der Energiespeicher derart eingerichtet sein, dass er im Zuge der Kolbenbewegung, bei der eine geringere Pumplast auftritt, aufgeladen wird und seine Energie im Zuge der entgegengesetzten Kolbenbewegung, bei der eine höhere Last aufgebracht werden muss, im Sinne einer Unterstützung der Kolbenbewegung abgibt.

[0015] Hierdurch kann der Kolbenantrieb bzw. auch die Übertragung der Antriebsbewegung für die beiden Phasen der Kolbenbewegung derart angepasst werden, dass die Gesamtbelastungen für den Antrieb in den unterschiedlichen Phasen einander angenähert werden. Im Idealfall wird der Kolbenantrieb / das Motorelement und die Antriebsübertragung bei der Überdruckerzeugung und der Unterdruckerzeugung annähernd gleich stark belastet.

[0016] Dadurch wird zudem die Spitzenbelastung in der Phase, in der der Kolben ohne Mitwirkung des Energiespeichers am stärksten belastet wäre, reduziert. Dies führt einerseits zu einem geringeren Verschleiß durch die gleichmäßigere Auslastung und andererseits gegebenenfalls zu einer Energieersparnis, wenn beispielsweise ein Elektromotor als Motorelement verwendet wird und diesem geringere maximale Drehmomente abverlangt werden als ohne Unterstützung durch den Energiespeicher.

[0017] Der Arbeitsraum kann auch als Faltenbalg oder

als Rollmembran ausgeführt sein, wobei der Balg oder die Membran einseitig mit einem Stößel verbunden ist und der Boden des Balgs den Kolben bildet.

[0018] Der Energiespeicher kann dabei einerseits so gestaltet werden, dass er in einer beliebigen Form Energie speichert und diese während der Kolbenbewegung in eine Kraft zur Unterstützung dieser Bewegung umsetzt. Hierzu kann die Energie beispielsweise in elektrischer oder magnetischer Form gespeichert werden.

[0019] Die elektrische Energie kann beispielsweise auch direkt an das Motorelement zurückgespeist werden, um somit die notwendige externe elektrische Energiezufuhr zu dem Motorelement zu verringern.

[0020] Andererseits kann der Energiespeicher auch mechanisch aufgebaut sein, die Energie mechanisch speichern und direkt in die kinematische Kette des Kolbenantriebs einspeisen.

[0021] In diesem Fall bedeutet das, dass der Energiespeicher seine Energie während der Kolbenbewegung in der zweiten Richtung, in der der Energiespeicher seine Energie abgibt, durch eigenständiges Erzeugen einer die Kolbenbewegung treibenden Kraft abgibt.

[0022] Dies kann besonders vorteilhaft dadurch erreicht werden, dass der Energiespeicher Energie in mechanischer Form, insbesondere in einem Federelement speichert. Die Speicherung in einem mechanischen Element, insbesondere in einem Federelement, ist mechanisch besonders einfach aufzubauen und wirkt auch mit besonders geringen Energieverlusten, da die Energie zwischen dem Aufladen und dem Entladen des Energiespeichers nicht in eine andere Energieform umgewandelt werden muss.

[0023] Das Federelement kann vorteilhaft eine Schraubenfeder, eine Kegelfeder oder eine Tellerfeder aufweisen.

[0024] Mittels derartiger Ausgestaltungen ist eine effiziente Energiespeicherung in zuverlässiger Form auf kleinstem Raum möglich.

[0025] Das Motorelement der Antriebseinrichtung kann besonders effizient dadurch ausgestaltet werden, dass es einen Linearantrieb aufweist. Damit ist keine weitere Energieumsetzung notwendig, da auch der Kolben sich linear hin- und herbewegen kann.

[0026] Das Motorelement kann hierzu einen linear beweglichen Anker und einen gestreckten elektrischen oder magnetischen Stator aufweisen. Damit ist ein magnetischer oder elektrischer Direktantrieb gegeben, der die Verluste bei der Umsetzung von elektrischer Energie in mechanische Energie weiter minimiert. Im Übrigen ist ein solcher Motor leicht zu steuern.

[0027] Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass das Motorelement einen Rotationsmotor und eine Spindel aufweist. Die Spindel wird dabei um ihre Längsachse in Rotation versetzt und treibt eine auf dieser geführte Gewindemutter linear an. Durch Änderung der Rotationsrichtung der Spindel wird zyklisch die Linearbewegung der Gewindemutter umgekehrt. Die Gewindemutter muss in diesem Fall mit dem Kolben gekoppelt sein, um

dessen Linearbewegung zu treiben. Es sind auch andere kinematische Kombinationen wie z.B. eine drehfeste, mit dem Kolben gekoppelte Spindel und eine rotatorisch angetriebene, ortsfeste Gewindemutter oder eine drehfeste und ortsfeste Gewindemutter in Kombination mit einer rotatorisch angetriebenen und axial verschiebbaren, mit dem Kolben verbundenen Spindel, die durch einen verdrehgesicherten, verschiebbaren Motor antreibbar ist, denkbar.

[0028] Um Platz zu sparen und einen besonders einfachen Aufbau zu gewährleisten, kann gemäß der Erfindung vorgesehen sein, dass die Spindel den antreibbaren Kolben durchsetzt.

[0029] Als Energiespeicher oder Teil des Energiespeichers kann zudem vorteilhaft eine Schraubenfeder oder Kegelfeder coaxial zum Kolben angeordnet sein, an dessen erster Seite abgestützt und zwischen dieser und einem festen Widerlager spannbar, insbesondere komprimierbar sein. Diese Form des Federelementes lässt sich besonders einfach in die Kolbenführung integrieren, und entsprechende Kennlinien von Schraubenfedern oder Kegelfedern sind in großen Bereichen gestaltbar, so dass die entsprechenden Federelemente an den Zweck der Erfindung anpassbar sind. Es können mittels derartiger Federelemente auch große Kolbenwege unterstützt werden.

[0030] Die Federelemente können schließlich sowohl auf Druck als auch auf Zug beansprucht werden. Eine Ermüdung von Kegelfedern oder Schraubenfedern kann über lange Zeit ausgeschlossen werden.

[0031] Bei der Verwendung einer derartigen Feder, die sich unmittelbar am Kolben abstützt und gegebenenfalls verdrehsicher mit dem Kolben und einem ortsfesten Anschlag verbunden ist, ergibt sich zudem noch ein weiterer mechanischer Vorteil: Die Feder kann als Verdrehsicherung für den Kolben verwendet werden und dessen Mitdrehen mit der Spindel verhindern. Wegen des Torsionswiderstandes der Feder um ihre Längsachse überträgt diese eine, wenn auch nicht absolute, Verdrehfestigkeit. In der Realität lässt die Feder allerdings eine gewisse minimale Verdrehung des Kolbens zu, insbesondere an den Umkehrpunkten der Bewegung. Durch die minimale Drehbewegung des Kolbens/Torsionsschwingung des Kolben/feder-systems kann verhindert werden, dass sich der Kolben bei dem momentanen Stillstand in Axialrichtung festsetzt und durch Haftreibung steckenbleibt. Die Drehung sorgt dafür, dass der Kolben stetig im Gleitreibungsbereich bleibt.

[0032] Zur Führung des Kolbens und zum Verhindern eines Verkantens auf dem Kolbenweg kann vorteilhaft der Kolben mit einem coaxial zu diesem verlaufenden Führungsrohr verbunden sein, das wenigstens auf einem Teil des Kolbenwegs mechanisch geführt ist. Das Führungsrohr kann beispielsweise einstückig mit dem Kolben hergestellt oder mit diesem verschraubt oder verschweißt sein. Vorteilhaft dichtet das Führungsrohr den Kolben bei minimaler Totraumerhöhung ab.

[0033] Das Führungsrohr kann beispielsweise in einen

Druckraum des ersten Fluids hineinragen. Das Führungsrohr kann derart positioniert und gestaltet sein, dass es beispielsweise auf der es durchsetzenden Gewindespindel oder in einem das Führungsrohr außen umgebenden Außenrohr geführt ist.

[0034] Die Gewindespindel kann beispielsweise dann in das Führungsrohr hineinragen, wenn das Führungsrohr auf die Stelle aufgesetzt ist, an der die Gewindespindel den Kolben durchsetzt. In diesem Fall ist es wichtig, dass das Führungsrohr gasdicht bzw. fluiddicht mit dem Kolben verbunden ist.

[0035] Die Erfindung bezieht sich außer auf eine Antriebseinrichtung der eingangs genannten Art auch auf eine Pumpeinrichtung für ein zweites Fluid, die einen ersten Druckraum, einen zweiten Druckraum und ein bewegliches, fluiddichtes Zwischenelement aufweist, wobei der zweite Druckraum durch den mittels der beschriebenen Antriebseinrichtung antreibbaren Kolben einer Arbeitspumpe mit oder ohne Zwischenschaltung eines Schlauchelementes mit dem ersten Fluid druckbeaufschlagbar ist und wobei der erste Druckraum zum Ansaugen und Abgeben eines zweiten Fluids, insbesondere Blutes eingerichtet ist.

[0036] Die Pumpeinrichtung, die als Blutpumpe ausgeführt sein kann, weist einen ersten Druckraum in einem starren Gehäuse auf, der von einem beweglichen Zwischenelement, beispielsweise einer Membran begrenzt ist, die sich im Zuge von Druckänderungen in einem zweiten Druckraum bewegt und damit Hubbewegungen ausführt. Der erste Druckraum ist über zwei Anschlüsse beispielsweise mit einem Blutkreislauf eines Patienten verbunden, so dass bei Vergrößerung des ersten Druckraums Blut angesaugt und bei einer Verkleinerung des ersten Druckraums Blut ausgestoßen wird. Durch entsprechende Gestaltung von Ventilen an den Anschlüssen, beispielsweise als Einwegventile, wird sichergestellt, dass Blut jeweils nur durch einen der Anschlüsse angesaugt und durch den jeweils anderen Anschluss ausgestoßen wird.

[0037] Die Bewegung des Zwischenelementes / der Membran wird durch Druckänderungen in dem zweiten Druckraum bewirkt, der unmittelbar mit einem durch den antreibbaren Kolben einer Arbeitspumpe begrenzten Arbeitsraum verbunden ist. Somit ändert sich durch Antrieb des Kolbens der Arbeitspumpe der Druck und das Volumen in dem durch ihn begrenzten Arbeitsraum und damit das Volumen des zweiten Druckraums in der Blutpumpe, was eine entsprechende Bewegung des Zwischenelementes / der Membran zur Folge hat.

[0038] Als Fluid in dem Arbeitsraum und dem zweiten Druckraum kann vorteilhaft ein biokompatibles Gas wie Luft oder Stickstoff, jedoch grundsätzlich auch eine Flüssigkeit eingesetzt werden.

[0039] Schließlich bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Betrieb einer Antriebseinrichtung für einen in zwei entgegengesetzten Richtungen antreibbaren Kolben wie oben beschrieben, die einen Energiespeicher in Form eines Federelementes aufweist, wobei der Ar-

beitsbereich des Motorantriebes bezüglich des Antriebsweges gemäß der gewünschten Federunterstützung unter Berücksichtigung des zu erzeugenden Maximaldrucks und des erforderlichen Kolbenhubs eingestellt wird.

[0040] Ein Federelement, das den Motorantrieb des Kolbens unterstützt, weist naturgemäß eine Kraft-Weg-Charakteristik auf, die dazu führt, dass die Federunterstützung des Kolbenantriebs je nach dem Punkt auf dem Kolbenweg unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Bei der Wahl des Arbeitsbereichs des Motorantriebs auf dem Kolbenweg kann dies produktiv berücksichtigt werden. Wird beispielsweise insbesondere bei der Erzeugung des Überdrucks eine intensive Unterstützung des Kolbenantriebs durch die Feder benötigt, wie z. B. beim Betrieb einer Blutpumpe bei Kleinkindern, so kann der Arbeitspunkt derart gewählt werden, dass der Kolben im Bereich höchster Federspannung alternierend hin- und herbewegt wird. Wird eine geringere Unterstützung durch den Energiespeicher erfordert, so kann die Bewegung im Bereich geringerer Federspannung, also geringerer Aufladung des Energiespeichers, betrieben werden. Auf diese Weise kann der Betrieb der Antriebseinrichtung je nach dem Anwendungsfall optimiert werden, ohne an dem Grundprinzip etwas zu ändern.

[0041] Wenn der absolute Bewegungsbereich des Kolbens bei einer derartigen Einstellung des Arbeitspunktes unverändert bleiben soll, dann kann auch das Widerlager der Feder wahlweise verstellt, bei Verwendung einer Schrauben- oder Kegelfeder beispielsweise in axialer Richtung der Kolbenbewegung verschoben werden. Dies kann beispielsweise mittels einer Stellschraube geschehen.

[0042] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnung gezeigt und anschließend beschrieben.

[0043] Dabei zeigt

Fig. 1 schematisch die Anwendung der Erfindung als Blutpumpe bei einem Menschen,

Fig. 2 das Zusammenwirken einer Kolbenpumpe, die den erfindungsgemäßen Antrieb aufweist, mit einer Membranpumpe, die unmittelbar auf den Blutkreislauf einwirkt,

Fig. 3 die erfindungsgemäß angetriebene Kolbenpumpe/Arbeitspumpe,

Fig. 4 den Kraftverlauf im Antrieb der Kolbenpumpe ohne ein Speicherelement bei einer Anwendung zum Antrieb einer Blutpumpe,

Fig. 5 den vom Antriebsmotor aufzubringenden Kraftverlauf mit Unterstützung durch einen Energiespeicher, in diesem Fall eine Schraubenfeder, um einen auf den Kolben wirkenden Kraftverlauf gemäß Fig. 4 zu erreichen,

Fig. 6 die vom Antriebsmotor aufzubringende Kraft bei Betrieb im Höchstdruckbereich,

Fig. 7 die durch den Antrieb gemäß Fig. 6 wirkende, durch Federunterstützung verstärkte Kraftwirkung auf den Antriebskolben sowie

Fig. 8 die Symmetrisierung der Belastung der Antriebskette.

[0044] Fig. 1 zeigt zunächst schematisch die Kontur eines Menschen 1 mit einer ebenfalls schematisch dargestellten Membranpumpe 2, die über zwei Kanülen mit dem Blutkreislauf des Menschen 1 und über eine Druckleitung 3 mit einer Fluidpumpe 4 verbunden ist. Derartige Pumpensysteme werden üblicherweise zur Kreislaufunterstützung bei Menschen eingesetzt und können implantiert oder exkorporal angeordnet sein. Die Fluidpumpe 4 ist üblicherweise stationär oder transportabel außerhalb des Körpers angeordnet und benötigt eine Energieversorgung 5, beispielsweise durch eine Batterie.

[0045] Um die Fluidpumpe und die Batterie möglichst klein, dabei aber zuverlässig bauen zu können, ist insbesondere eine möglichst kleine Bauform des Antriebs sinnvoll, sowie eine Auslegung, die den Antrieb möglichst sinnvoll und gleichmäßig auslastet, so dass dieser nicht für Spitzenbelastungen überdimensioniert werden muss. Zum Antrieb zählt dabei sowohl ein Motor als auch die kinematische Kette zur Übertragung von Antriebskräften auf einen Kolben.

[0046] Die Fig. 2 zeigt die Membranpumpe 2 und die Arbeitspumpe / den Kolbenkompressor 4 etwas detaillierter, jedoch immer noch schematisch. Die Membranpumpe weist einen Einlass 6, gekennzeichnet durch den Pfeil 7, sowie einen Auslass 8, gekennzeichnet durch den Pfeil 9, auf, die jeweils mit Blutgefäßen bzw. mit dem Herz verbunden sind. Durch die Membranpumpe 2 wird über den Einlass 6 Blut in einen Speicherraum/ersten Druckraum 10 angesaugt, der einerseits durch ein starres Gehäuse 11 der Pumpe, andererseits durch eine bewegliche Membran 12 begrenzt ist.

[0047] Das Gehäuse 11 der Pumpe kann beispielsweise aus einem durchsichtigen Kunststoff bestehen. Die Membran kann entweder formelastisch in Form eines Faltenbalges oder materialelastisch beispielsweise aus Gummi oder einem gummiähnlichen Stoff ausgebildet sein.

[0048] Die Innenwände des Speicherraums 10 können vorteilhaft mit einem Stoff beschichtet sein, der die Koagulation des Blutes verhindert oder verzögert. Dieser Stoff kann auch in die Gehäusewände bzw. die Membran wenigstens teilweise eingelagert sein.

[0049] Wird die Membran 12 in Richtung des Pfeils 13 bewegt, so vergrößert sich der Speicherraum 10, und es wird Blut durch den Einlass 6 eingesaugt. Dazu öffnet sich das Ventil 14, so dass Blut einströmen kann.

[0050] Gleichzeitig schließt das Ventil 15, das wie das Ventil 14 als Einwegventil ausgebildet ist, so dass durch

den Auslass 8 kein Blut angesaugt werden kann.

[0051] Der Antrieb der Membran 12 wird durch Druckänderung in dem Antriebsraum 16/zweiten Druckraum der Membranpumpe 2 bewirkt. Eine Bewegung der Membran 12 in Richtung des Pfeils 13 wird durch eine Druckverringerung in dem Antriebsraum 16 bewirkt, so dass eine entsprechende Druckverringerung auch in dem Speicherraum 10/ersten Druckraum stattfindet. Eine Bewegung der Membran 12 in Richtung des Pfeils 17 findet statt, wenn der Druck in dem Antriebsraum 16 vergrößert wird. Dies führt ebenfalls zu einer Erhöhung des Drucks in dem Speicherraum 10, was dazu führt, dass das selbsttätige Rückschlagventil 14 schließt und das Rückschlagventil 15 zum Auslass 8 hin öffnet. Somit kann durch den Auslass 8 Blut in Richtung des Pfeils 9 zu einem Blutgefäß hin ausgestoßen werden.

[0052] Eine alternierende Bewegung der Membran 12 bewirkt damit abwechselnd pulsierendes Ansaugen von Blut durch den Einlass 6 und anschließendes zyklisches Ausstoßen des Blutes durch den Auslass 8.

[0053] Der Antrieb der Membran 12 geschieht durch zyklische Druckänderungen in dem Antriebsraum /zweiten Druckraum 16 mittels der /Arbeitspumpe/Fluidpumpe 4, deren Arbeitsraum über eine unterbrochen dargestellte Druckleitung 3 mit der Membranpumpe 2 verbunden ist.

[0054] In der Arbeitspumpe 4 werden die Druckänderungen durch Bewegung eines Kolbens 18 in den Bewegungsrichtungen 19, 20 bewirkt. Eine Bewegung des Kolbens 18 in Richtung des Pfeils 20 bewirkt eine Druckerhöhung im Antriebsraum 16, während eine Bewegung in der entgegengesetzten Richtung 20a eine Absenkung des Drucks im Antriebsraum 16 bewirkt.

[0055] Die Fig. 3 zeigt detaillierter die Fluidpumpe 4, die als Kolbenkompressor ausgebildet ist. Dazu ist ein antreibbarer Kolben 18 in einem Zylinder 19 vorgesehen und diesem gegenüber verschiebbar gedichtet. Innerhalb des Zylinders 19 wird durch den Kolben ein Arbeitsraum 20 begrenzt, in dem der gewünschte Druck erzeugt wird und der über einen Anschluss 21 mit der Druckleitung 3 verbunden ist. Der Kolben 18 wird mittels eines Spindelantriebs über eine Gewindespindel 22 angetrieben, die in einer mit dem Kolben 18 verbundenen Gewindemutter 23 läuft. Die Gewindespindel 22 ist mittels eines Elektromotors 24 über eine Kupplung 25 rotatorisch antreibbar verbunden. Für die Spindel sind Führungslager 26, 27 in einem Lagerblock 28 innerhalb des Zylinders 19 vorgesehen.

[0056] Der Kolben 18 ist gasdicht mit einem hohlen, an seinem Ende abgeschlossenen Führungsrohr 29 verbunden. In das hohle Führungsrohr 29, das im Bereich der Gewindemutter 23 auf den Kolben 18 gasdicht aufgesetzt oder mit diesem einstückig verbunden ist, ragt die Gewindespindel 22 je nach Stellung des Kolbens 18 mehr oder weniger weit hinein. Damit kann die Gewindespindel 22 den Kolben 18 durchsetzen, ohne dass dort eine gasdichte Durchführung gebildet werden muss.

[0057] Zudem kann das Führungsrohr in einer

Führung 30 laufen und damit ein Verkanten des Kolbens 18 verhindern.

[0058] Durch Drehung der Spindel 22 wird somit eine Axialbewegung des Kolbens 18 erzeugt, die pulsierend durch entsprechende Änderung der Drehrichtung der Spindel gesteuert werden kann, so dass in dem Arbeitsraum 20 wechselnd Über- und Unterdruck eingestellt werden kann.

[0059] Die Kolbenbewegung bzw. ihr Antrieb kann durch eine Schraubenfeder 31 in einer Arbeitsrichtung unterstützt werden. Ist die Schraubenfeder 31 als Druckfeder ausgebildet, die sich an dem Block 28 und an dem Kolben 18 abstützt, so wird die Kolbenbewegung 18 während einer Kompression in dem Arbeitsraum 20 unterstützt. Entsprechend muss der Spindeltrieb bei einer Expansion in dem Arbeitsraum 20 und einer Bewegung des Kolbens 18 in Richtung des Pfeils 32 zur Komprimierung der Feder 31 zusätzliche Arbeit leisten. Da jedoch bei der Anwendung zur Kreislaufunterstützung bei Kompression und Expansion unterschiedliche Anforderungen bestehen, insbesondere die Belastung in der Saugphase geringer ist als in der Kompressionsphase, kann die Feder sinnvoll zur Symmetrisierung der Anforderungen an den Antrieb und der mechanischen Belastung des Antriebs eingesetzt werden.

[0060] Dieser Umstand wird näher mit Bezug auf Fig. 4 erläutert. Dort ist auf der horizontalen Achse 33 der Hub aufgetragen, während auf der vertikalen Achse 34 die durch den Kolben auf den Arbeitsraum 20 ausgeübte Kraft aufgetragen ist. Mit 35 ist die Nullstellung des größten Kolbenausschlages bezeichnet, in der der Kolben 18 seine Kompressionsbewegung beginnt.

[0061] Der positive Hub, im oberen rechten Quadranten, ist gleichzusetzen mit einer Kolbenbewegung in Richtung des Pfeils 42. Die Bewegung des Kolbens in Richtung des Pfeils 42 ist gleichzusetzen mit der Erzeugung eines Überdrucks unter Anwendung einer positiv dargestellten Druckkraft. Die Saug- oder Unterdruckphase ist ebenfalls nach rechts im unteren rechten Quadranten dargestellt. Diese entspricht einer Vergrößerung des Arbeitsraumvolumens 20 bei Bewegung des Kolbens in Richtung des Pfeils 32 in Fig. 3.

[0062] Bei der Herzunterstützung von erwachsenen Menschen ist typischerweise im Unterdruckbereich ein Druck von typisch 100 mm/Hg zu erzeugen, wohingegen während der Überdruckphase bis zu 300 mm/Hg Überdruck erzeugt werden muss. Dies bedeutet, dass im Unterdruckbereich 36 beispielsweise eine Kraft von -37 N ausgeübt wird, deren Betrag wesentlich geringer ist als die bei der Überdruckerzeugung notwendige Kraft von 112 N im Überdruckbereich 37.

[0063] Bei der Darstellung des Kraft-Weg-Diagramms sind einige pneumatische Aspekte wie beispielsweise der anfängliche Druckaufbau und -abbau nicht berücksichtigt. Es ist jeweils ein dynamischer Gleichgewichtszustand des Drucks vorausgesetzt.

[0064] Aus dem Diagramm der Fig. 4 ergibt sich offensichtlich, dass der Kolben in den verschiedenen Bewe-

gungsrichtungen unterschiedlich stark angetrieben werden muss, was zu einer asymmetrischen Belastung des Motorelementes bzw. der Kraftübertragungselemente führt. Aus diesem Grund kann die für den pneumatischen Druckauf- und -abbau notwendige Kraft mit Kräften zur Auf- und Entladung eines Kraftspeichers überlagert werden, um die auf den Antrieb und die Antriebsübertragung wirkenden Kräfte in beiden Richtungen etwa gleich groß zu gestalten und damit die Spitzenkräfte zu reduzieren.

[0065] Diese Situation ist anschaulich in dem Diagramm der Fig. 5 dargestellt. Dort ist auf der horizontalen Achse 33 der durch den Motorantrieb auf den Kolben aufgetragene Hub aufgetragen, während auf der vertikalen Achse 34 die vom Motorantrieb aufzubringende Kraft dargestellt ist. Zu dieser Kraft addiert sich wegebabhängig die (nach rechts hin abnehmende) Federkraft bei der Kompressionsbewegung hinzu. Bei der Saugbewegung ist die zum Spannen der Feder aufzubringende Kraft noch betragsmäßig von der unteren Kraftkurve zu subtrahieren, um die in Summe auf den Kolben wirkende Kraft zu erhalten. Der Kraft- und Weg-Nullpunkt ist mit 35 bezeichnet. Es ergibt sich, dass die durch den Motorantrieb aufzubringenden betragsmäßigen Kräfte in beiden Bewegungsphasen unterhalb der Spitzenbelastung liegen, die ohne Federunterstützung in der Kompressionsphase erreicht wird.

[0066] Es wird ersichtlich, dass die maximal aufzubringende Kraft betragsmäßig in beiden Bewegungsrichtungen 91,8 N beträgt, womit diese gegenüber der ohne Kraftspeicher aufzubringenden Kraft von 112 N in dem angegebenen Beispiel erheblich reduziert ist.

[0067] Figur 8 zeigt zudem noch die betragsmäßige Maximalbelastung M auf, die auf die Antriebselemente (mit Ausnahme des Federelementes) in einem schraffierten, ausgewählten Arbeitsbereich wirken. Der Arbeitsbereich kann durch entsprechende Auswahl eines Anfangshubes des Kolbens ausgewählt werden. Wenn die Feder und der Arbeitsbereich geeignet gewählt werden, so ergibt sich in der Kompressions- und in der Saugphase betragsmäßig dieselbe Maximalbelastung für die Antriebskette ohne Feder.

[0068] Die Figur 6 zeigt den Kraftverlauf der durch den Motor aufgetragenen Antriebskraft in dem Fall, dass ein möglichst hoher Kompressionsdruck erzeugt werden soll. Dies ist z.B. bei einem Betrieb eines Herzunterstützungssystems bei Säuglingen der Fall, die einen höheren Druck in der Kompressionsphase benötigen.

[0069] Die Antriebskraft des Motors wird dann in der Kompressionsphase maximiert und konstant gehalten. In der Saugphase wird nur die zur Erzeugung des Unterdrucks erforderliche, geringere Kraft aufgebracht.

[0070] Zu diesen motorgetriebenen Kräften addieren sich die Federkräfte, so dass sich als auf den Kolben wirkende Gesamtkraft das Diagramm aus Figur 7 ergibt. Wird die Pumpe in dem schraffierten Bereich mit höchster Federkompression betrieben, so wirkt sich bei der Kompression dort die Federunterstützung maximal aus und es werden Kompressionskräfte bis 166,9 N erreicht.

Die Federunterstützung nimmt mit dem Hub nach rechts ab, da sich die Feder entspannt.

[0071] Bei der Unterdruckerzeugung steigt die Zugkraft des Motors mit der Zugsbewegung an, um die zunehmende Federgegenspannung zu überwinden und zusätzlich den gewünschten Unterdruck aufrecht zu erhalten.

[0072] Somit kann das System ohne eine Überschreitung der Höchstgrenze von 112 N Motorkraft dank der Federunterstützung in einem wesentlich höheren Druckbereich betrieben werden.

[0073] Durch die reduzierte Belastung im Normalbetrieb des Motorantriebs wird somit der Verschleiß der antreibenden Elemente wie der Gewindespindel, der Gewindemutter, der Kupplung, des Motors und der Wälzlager durch die Erfindung verringert, oder es kann bei gegebener zulässiger Maximalbelastung der erreichbare Druck erhöht werden.

Patentansprüche

1. Antriebseinrichtung für einen in zwei entgegengesetzten Richtungen (32,42) antreibbaren Kolben (18) einer Fluidpumpe für ein erstes Fluid mit einem Motorelement (24),
gekennzeichnet durch wenigstens einen Energiespeicher (31), der im Zuge einer Kolbenbewegung in einer ersten Bewegungsrichtung (32) aufgeladen wird und seine Energie während der Kolbenbewegung in der entgegengesetzten, zweiten Richtung (42) zur Unterstützung der Kolbenbewegung abgibt.
2. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Energiespeicher (31) seine Energie während der Kolbenbewegung in der entgegengesetzten, zweiten Richtung (42) durch eigenständiges Erzeugen einer die Kolbenbewegung treibenden Kraft abgibt.
3. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Energiespeicher (31) Energie in mechanischer Form, insbesondere in einem Federelement speichert.
4. Antriebseinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Energiespeicher (31) eine Schraubenfeder, eine Kegelfeder oder eine Tellerfeder aufweist.
5. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorelement einen Linearantrieb (22,23) aufweist.
6. Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorelement einen linear beweglichen Anker und einen gestreckten elektrischen oder magnetischen Stator

aufweist.

7. Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorelement einen Rotationsmotor (24) und eine Spindel (22) aufweist.
8. Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben als in einem Zylinder verschiebbarer Kolben oder als Boden eines Faltenbalgs oder einer Rollmembran gebildet ist.
9. Antriebseinrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spindel (22) den antreibbaren Kolben (18) durchsetzt.
10. Antriebseinrichtung nach Anspruch 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Kolben (18) eine auf der Spindel (22) laufende Gewindemutter (23) verbunden ist.
11. Antriebseinrichtung nach Anspruch 4 oder einem der folgenden, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schraubenfeder (31) oder Kegelfeder coaxial zum Kolben (18) angeordnet, an dessen erster Seite abgestützt und zwischen dieser und einem festen Widerlager (28) spannbar, insbesondere komprimierbar ist.
12. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (18) mit einem coaxial zu diesem verlaufenden Führungsrohr (29) verbunden ist, das wenigstens auf einem Teil des Kolbenweges mechanisch geführt ist.
13. Antriebseinrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Führungsrohr in einen Arbeitsraum (20) des ersten Fluids hineinragt.
14. Antriebseinrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Führungsrohr (29) auf einer dieses durchsetzenden Gewindespindel (22) oder in einem das Führungsrohr (29) umgebenden Außenrohr (30) geführt ist.
15. Pumpeinrichtung für ein zweites Fluid, die einen ersten Druckraum (10), einen zweiten Druckraum (16) und ein bewegliches, fluiddichtes Zwischenelement (12) aufweist, wobei der zweite Druckraum durch den mittels der Antriebseinrichtung gemäß Anspruch 1 oder einem der folgenden antreibbaren Kolben (18) mit dem ersten Fluid druckbeaufschlagbar ist und wobei der erste Druckraum (10) zum Ansaugen und Abgeben eines zweiten Fluids, insbesondere Blutes eingerichtet ist.

16. Verfahren zu Betrieb einer Antriebseinrichtung für einen in zwei entgegengesetzten Richtungen (32,42) antreibbaren Kolben (18) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, die einen Energiespeicher (31) in Form eines Federelementes aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitsbereich der Antriebseinrichtung bezüglich des Antriebsweges gemäß der gewünschten Federunterstützung unter Berücksichtigung des zu erzeugenden Maximaldrucks und des erforderlichen Kolbenhubs eingestellt wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

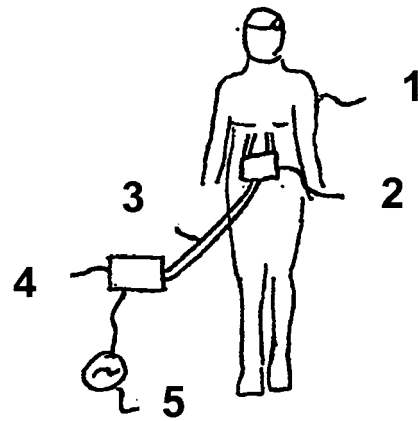


Fig. 1

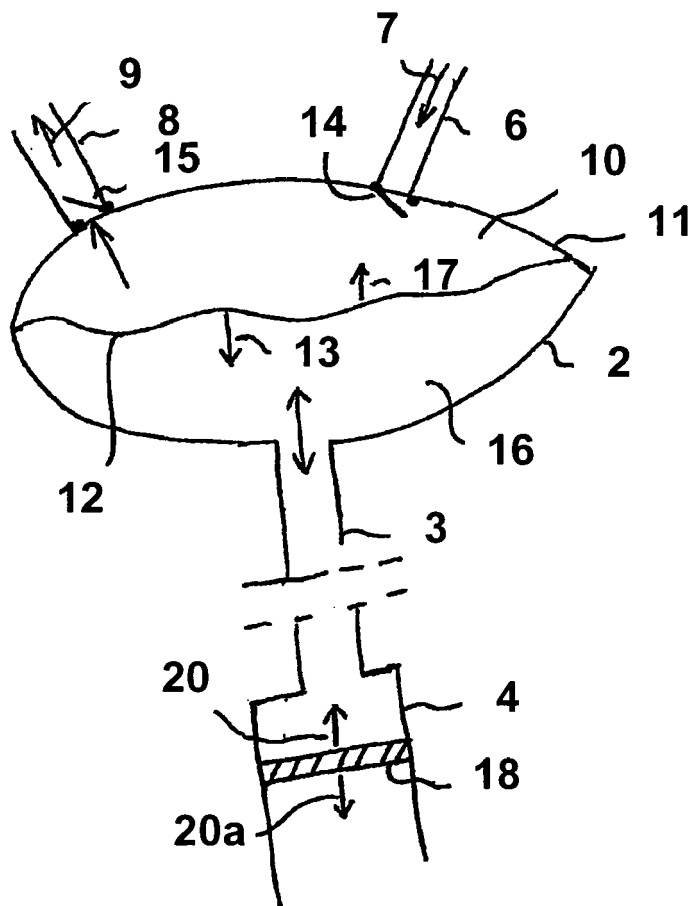


Fig. 2

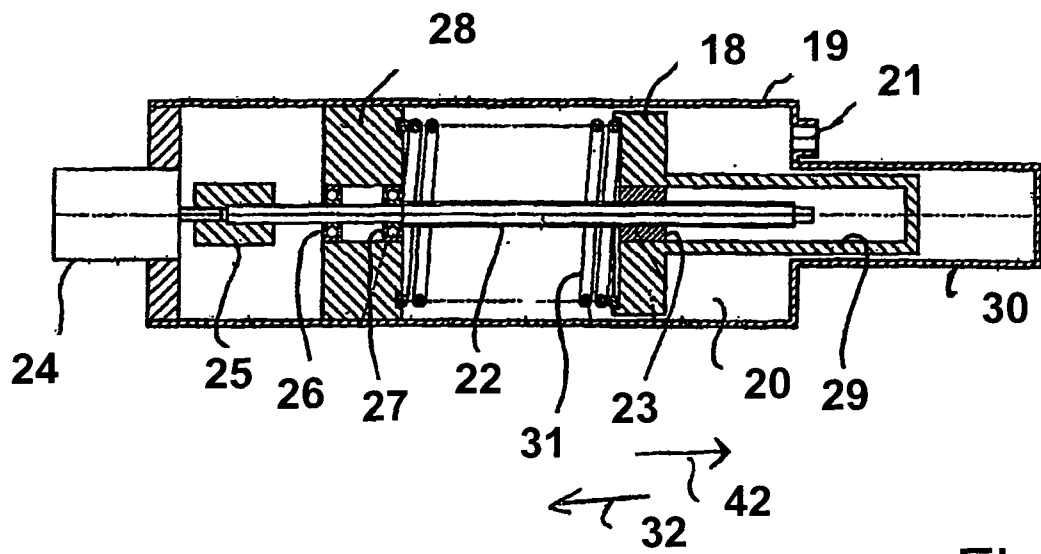


Fig. 3

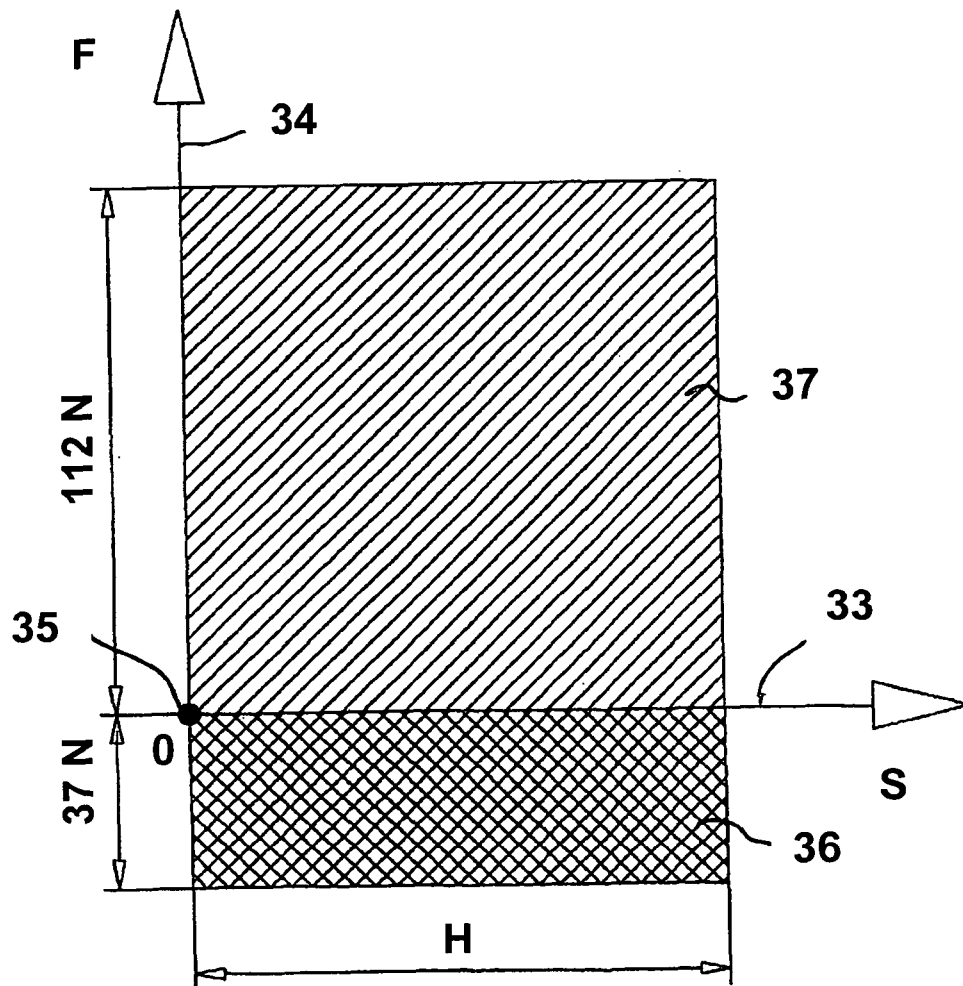
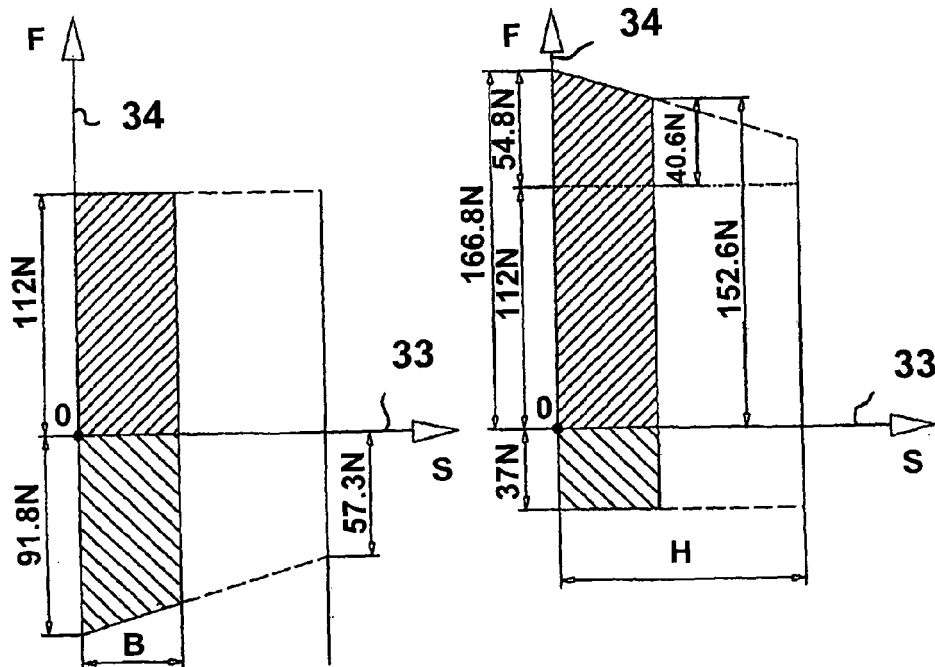
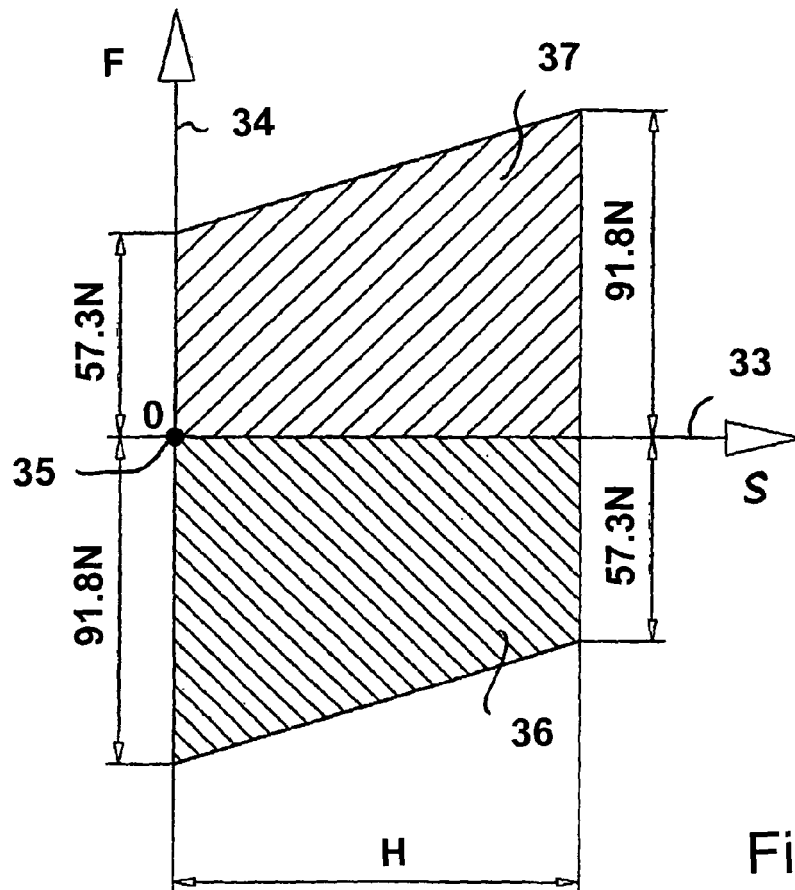


Fig. 4



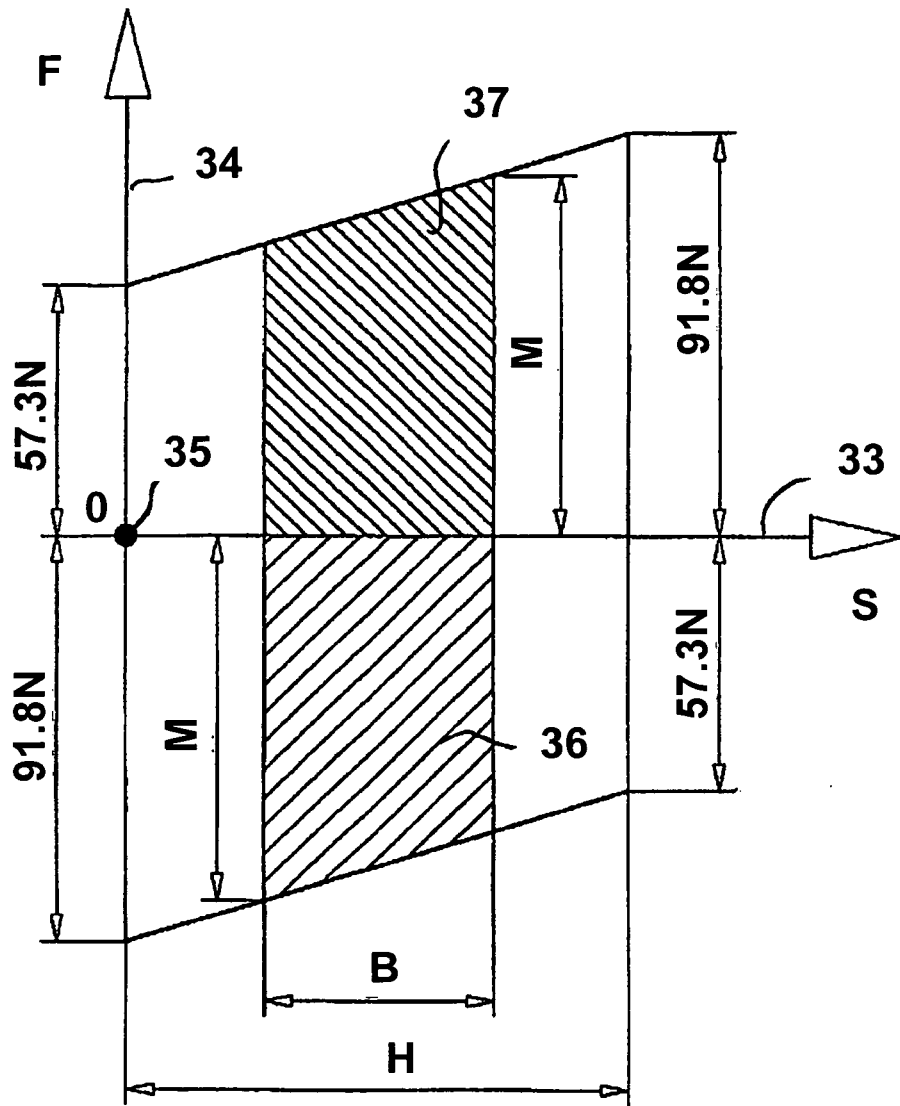


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 07 5367

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2008/134807 A1 (MAY YVES-ANDRE [FR]) 12. Juni 2008 (2008-06-12)	1-5, 7-14,16	INV. F04B17/03 F04B35/04 F04B9/08
Y	* Absätze [0015] - [0017]; Abbildungen 2,3 *	15	
X	GB 850 991 A (STEMPLE HERMETIK G M B H) 12. Oktober 1960 (1960-10-12) * Seite 2, Zeilen 126-130; Abbildung 2 *	1-6,12, 13,16	
D,Y	DE 26 19 324 A1 (THERMO ELECTRON CORP) 21. Juli 1977 (1977-07-21) * Abbildung 2 *	15	
A	US 2008/152515 A1 (KARG JEFFREY A [US] ET AL) 26. Juni 2008 (2008-06-26) * das ganze Dokument *		
A	US 2005/158191 A1 (AUTREY ROBERT C [US]) 21. Juli 2005 (2005-07-21) * das ganze Dokument *		
D,A	DD 264 380 A1 (ILMENAU TECH HOCHSCHULE [DD] ILMENAU TECH HOCHSCHULE [DE]) 1. Februar 1989 (1989-02-01) * das ganze Dokument *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
D,A	DE 203 07 003 U1 (DEYERLING KARL WOLFGANG [DE]) 16. September 2004 (2004-09-16) * das ganze Dokument *		F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Dezember 2009	Prüfer Olona Laglera, C
KATEGORIE DER GENANTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P4C03)

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

EP 09 07 5367

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-12-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008134807 A1	12-06-2008	AU 2006251148 A1	30-11-2006
		CA 2611026 A1	30-11-2006
		CN 101180129 A	14-05-2008
		EP 1885499 A1	13-02-2008
		WO 2006125794 A1	30-11-2006
		FR 2886171 A1	01-12-2006
		JP 2008542003 T	27-11-2008
		KR 20080015459 A	19-02-2008
GB 850991 A	12-10-1960	KEINE	
DE 2619324 A1	21-07-1977	JP 52086293 A	18-07-1977
US 2008152515 A1	26-06-2008	KEINE	
US 2005158191 A1	21-07-2005	KEINE	
DD 264380 A1	01-02-1989	KEINE	
DE 20307003 U1	16-09-2004	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE OS2619324 A [0005]
- DE 20307003 U1 [0006]
- DD 264380 [0007]