

(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  
1. März 2012 (01.03.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/025422 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*F04B 43/00* (2006.01) *F04B 43/067* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/064044
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
15. August 2011 (15.08.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2010 039 831.4  
26. August 2010 (26.08.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **PROMINENT DOSIERTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Im Schuhmachergewann 5-11, 69123 Heidelberg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FRITSCH, Horst** [DE/DE]; Hinterer Zwinger 16, 71229 Leonberg (DE).
- (74) Anwälte: **KÖPPEN, Manfred** et al.; WSL Patentanwälte, Partnerschaftsgesellschaft, Postfach 61 45, 65051 Wiesbaden (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEMBRANE PUMP AND METHOD FOR ADJUSTING SAME

(54) Bezeichnung : MEMBRANPUMPE SOWIE VERFAHREN ZUM EINSTELLEN EINER SOLCHEN

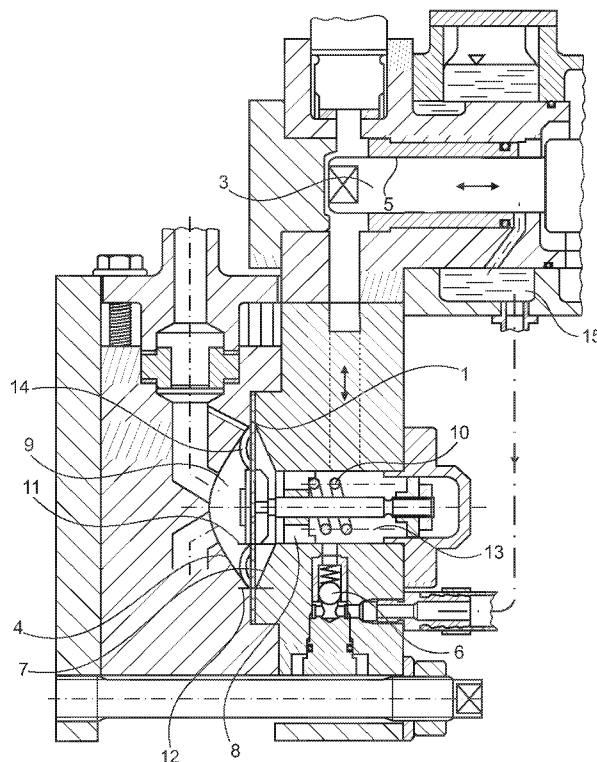


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a membrane pump having a delivery chamber, a pressure connection, and a suction connection, wherein the pressure and suction connections are connected to the delivery chamber, a hydraulic chamber, wherein the delivery chamber and the hydraulic chamber are separated from each other by means of a membrane, wherein a pulsing working fluid pressure can be applied to the hydraulic chamber that can be filled with a working fluid, whereby the membrane is displaced between a first position in which the delivery chamber comprises a lesser volume and a second position in which the delivery chamber comprises a greater volume, wherein the hydraulic chamber is connected to a working fluid reservoir by means of a leak extension valve, wherein the membrane is a spring element having a first spring constant designed such that a first predetermined force acts on the membrane in the direction of the second position. In order to provide a membrane pump and a method for adjusting same, by which the indicated problems are reduced or even completely eliminated, the invention proposes that the spring element can be interchanged by a different spring element designed such that said element exerts a second predetermined force on the membrane in the direction of the second position, or that the force exerted by the spring element on the membrane in the direction of the second position can be adjusted.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/025422 A2



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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

---

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Membranpumpe mit einem Förderraum, einem Druck- und einem Sauganschluss, wobei Druck- und Sauganschluss mit dem Förderraum verbunden sind, einem Hydraulikraum, wobei Förderraum und Hydraulikraum über eine Membran voneinander getrennt sind, wobei der mit einer Arbeitsflüssigkeit befüllbare Hydraulikraum mit einem pulsierenden Arbeitsflüssigkeitsdruck beaufschlagt werden kann, wodurch die Membran zwischen einer ersten Position, in der der Förderraum ein kleineres Volumen aufweist, und einer zweiten Position, in der der Förderraum ein größeres Volumen aufweist, bewegt wird, wobei der Hydraulikraum über ein Leckergänzungsventil mit einem Arbeitsflüssigkeitsvorrat verbunden ist, wobei die Membran ein Federelement mit einer ersten Federkonstante aufweist, welches derart ausgelegt ist, dass es eine erste vorbestimmte Kraft auf die Membran in Richtung der zweiten Position ausübt. Um eine Membranpumpe sowie ein Verfahren zur Einstellung einer solchen bereitzustellen, durch das die geschilderten Probleme vermindert oder sogar vollständig gelöst werden, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass das Federelement gegen ein anderes Federelement, welches derart ausgelegt ist, dass es eine zweite vorbestimmte Kraft auf die Membran in Richtung der zweiten Position ausübt, ausgetauscht werden kann oder dass die Kraft, die das Federelement auf die Membran in Richtung der zweiten Position ausübt, einstellbar ist.

-----

**Membranpumpe sowie Verfahren zum Einstellen einer solchen**

-----

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Membranpumpe sowie ein Verfahren zum Einstellen einer Membranpumpe.

5

Membranpumpen weisen im Allgemeinen einen über eine Membran von einem Hydraulikraum getrennten Förderraum auf, wobei der Förderraum jeweils mit einem Sauganschluss und einem Druckanschluss verbunden ist. Der mit Arbeitsflüssigkeit befüllbare Hydraulikraum kann dann mit einem pulsierenden Arbeitsflüssigkeitsdruck beaufschlagt werden. Der pulsierenden Arbeitsflüssigkeitsdruck bewirkt eine pulsierende Bewegung der Membran, wodurch das Volumen des Förderraums periodisch größer und kleiner wird. Dadurch ist es möglich über den Sauganschluss, der mit einem entsprechenden Rückschlagventil mit dem Förderraum verbunden ist, das Fördermedium anzusaugen, wenn das Volumen des Förderraums vergrößert wird, und über den Druckanschluss, der ebenfalls mit einem entsprechenden Rückschlagventil mit dem Förderraum verbunden ist, unter Druck wieder abzugeben, wenn das Volumen des Förderraums verringert wird.

10

15

Als Arbeitsflüssigkeit wird in der Regel ein Hydrauliköl verwendet. Grundsätzlich können jedoch auch andere geeignete Flüssigkeiten, wie z.B. Wasser mit einem wasserlöslichen Mineralzusatz verwendet werden.

20

Durch die Membran wird das zu fördernde Medium vom Antrieb getrennt, wodurch einerseits der Antrieb von schädlichen Einflüssen des Fördermediums abgeschirmt ist und andererseits auch das Fördermedium von schädlichen Einflüssen des Antriebes, z.B. Verunreinigung, abgeschirmt ist.

25

Der pulsierende Arbeitsflüssigkeitsdruck wird häufig mit Hilfe eines beweglichen Kolbens, der mit der Arbeitsflüssigkeit in Kontakt steht, bereitgestellt.

30

Der Kolben wird dabei z.B. in einem hohlzylindrischen Element hin- und herbewegt, wodurch das Volumen des Hydraulikraums verkleinert und vergrößert wird, was zu einer Erhöhung und Absenkung des Drucks im Hydraulikraum sowie in der Folge zu einer Bewegung der Membran führt.

Trotz verschiedenster Maßnahmen, die ein Umströmen des Kolbens mit Arbeitsflüssigkeit verhindern sollen, lässt sich in der Praxis nicht ausschließen, dass bei jedem Hubvorgang eine kleine Menge der Arbeitsflüssigkeit durch den schmalen verbleibenden Spalt zwischen Kolben einerseits und hohlzylindrischem Element andererseits verloren geht, wodurch allmählich die Arbeitsflüssigkeitsmenge im Hydraulikraum reduziert wird. Dies hat zur Folge, dass der Druckhub nicht mehr vollständig von der Membran ausgeführt wird, da nicht mehr genügend Arbeitsflüssigkeit zur Druckbewegung der Membran zur Verfügung steht.

Daher ist beispielsweise in der DE 1 034 030 bereits vorgeschlagen worden, den Hydraulikraum unter Zwischenschaltung eines Ventils, einem sogenannten Leckergänzungsventil, mit einem Arbeitsflüssigkeitsvorrat zu verbinden.

Durch dieses Leckergänzungsventil kann bei Bedarf Arbeitsflüssigkeit in dem Hydraulikraum nachgefüllt werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass nicht zuviel Arbeitsflüssigkeit in den Hydraulikraum gebracht wird, da dann sich die Membran im Druckhub zu weit in den Förderraum hineinbewegt und unter Umständen mit Ventilen oder anderen Bauteilen in Kontakt gerät und beschädigt wird.

Zu diesem Zweck weist das Leckergänzungsventil in der Regel einen zwischen einer Schließstellung, in welcher der Ventildurchgang geschlossen ist, und einer Offenstellung, in welcher der Ventildurchgang geöffnet ist, hin- und her bewegbaren Schließkörper, z.B. in Form einer Schließkugel, auf. Dieser Schließkörper ist mit Hilfe eines Druckelementes, z.B. einer Feder, in der Schließstellung vorgespannt. Dieses Druckelement ist derart ausgelegt, dass nur dann, wenn der Druck im Hydraulikraum kleiner als ein Einstelldruck  $p_L$  ist, der Schließkörper sich in der Richtung der Offenstellung bewegt. Um während des Saughubes, d.h. während sich der Kolben zurückbewegt und daher das Volumen im Hydraulikraum vergrößert wird, ein zu frühes Öffnen des Leckergänzungsventils zu verhindern, sind häufig die Membrane mit einem Federelement ausgestattet, welches derart ausgelegt ist, dass es eine Kraft auf die Membran aufbringt, so dass die Membran in Richtung des Hydraulikraums vorgespannt wird. Dadurch unterstützt das Federelement die Bewegung der Membran in Richtung deren Saughubes.

Üblicherweise wird an die Membranpumpen die Anforderung gestellt, dass sie über eine vorbestimmte Laufzeit, üblicherweise 5000 bis 10000 Betriebsstunden, ohne Wartungs- und Reparaturaufwand überstehen.

Um dies zu gewährleisten, muss sichergestellt sein, dass der Arbeitsbereich der Membran innerhalb des dafür vorgesehenen Kalottenraums, welcher durch den Förderraum und den Hydraulikraum gebildet wird, verbleibt und stets der Bewegung des Kolbens folgt.

Wenn daher aus irgendwelchen Gründen sich zuviel Arbeitsflüssigkeit im Hydraulikraum befindet, wird die Membran sich in Richtung Druckhub von der Kolbenbewegung entfernen mit der Folge, dass sie, bevor der Kolben den Druckhub beendet hat, an den Wänden des Förderraums zur  
5 Anlage kommt und an den zu den Ventilen führenden Bohrungen perforiert wird.

Da die Perforation zu einem Ausfall der Membranpumpe führt, ist dies unbedingt zu vermeiden.

Es ist daher äußerst wichtig, dass das Leckergänzungsventil derart dimensioniert ist, dass es nur  
10 dann öffnet, wenn die Membran an der hydraulikseitigen Kalotte am Ende des Saughubes zur Anlage kommt. Dadurch entsteht kurzzeitig ein Unterdruck, wodurch das federbelastete Leckergänzungsventil öffnet und der Hydraulikraum exakt um die fehlende Menge Arbeitsflüssigkeit ergänzt wird.

15 Die Gefahr einer Perforierung der Membran entsteht immer dann, wenn das Leckergänzungsventil öffnet, bevor die Membran ihre hydraulikseitige Grenzlage erreicht hat. Um dies zu vermeiden, darf der Druck im Hydraulikraum während des Saughubes nur dann kleiner werden als der Einstelldruck des Leckergänzungsventils, wenn die Membran an der Kalotte anliegt.

20 Weiterhin ist es notwendig, dass während des Stillstandes der Pumpe, selbst wenn im Förderraum ein Unterdruck besteht, der Druck im Hydraulikraum mindestens 1 bar (= Atmosphärendruck) beträgt, da sonst aufgrund immer vorhandener Leckagen sich die Membran in Richtung Druckhub bewegen würde und als Flüssigkeit entweder über den Kolben oder über das Leckergänzungsventil in geringer Menge einströmen würde, was beim Anfahren der Pumpe zur Perforation der Membran führen würde.  
25

Um diese Bedingung in jedem Fall zu erfüllen, ist in der EP 1 291 524 vorgeschlagen worden, dass die Federkraft so bemessen wird, dass die Membran im Saughub dem Kolben auch dann folgt, wenn im Förderraum Vakuum anliegt, d.h. der durch die Federkraft über die Membran auf  
30 die Arbeitsflüssigkeit aufgebrauchte Druck beträgt immer mehr als 1 bar. Erst wenn am Ende des Saughubes die Membran am hydraulikseitigen Ende der Kalotte anliegt, fällt der Druck ab, da dann die Membran dem Kolben nicht mehr folgen kann. In diesem Moment kann über das Leckergänzungsventil Arbeitsflüssigkeit nachgefüllt werden, sofern dies erforderlich ist.

35 Da die durch den Druckunterschied auf die Membran wirkende Kraft  $F$  proportional zum Quadrat des Durchmessers  $D$  der Membran ist, gleichzeitig die auf Biegung und Scherung beanspruchte Fläche an den Einspannrändern der Membran aber nur proportional zum Durchmesser zunimmt, erhöht sich die Scherbeanspruchung proportional zum Membrandurchmesser  $D$ , was dann ins-

besondere bei großen Membranpumpen zu einer Überbeanspruchung der Membran und schlussendlich zu einem Bruch der Membran vor Ablauf der prognostizierten Laufzeit führen kann.

- 5 Da die Federkraft  $F$  proportional zu  $D^2$  zunimmt, erfordert ein Druck von mindestens 1 bar bei großen Membrandurchmessern sehr starke und damit teure Federn. Beispielsweise beträgt bei einem Membrandurchmesser von 100 mm die Federkraft 750 N, während sie bei einem Membrandurchmesser von 400 mm bereits 12000 N beträgt.
- 10 Ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik, ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Membranpumpe sowie ein Verfahren zur Einstellung einer solchen bereitzustellen, durch das die geschilderten Probleme vermindert oder sogar vollständig gelöst werden.

Hinsichtlich der Membranpumpe wird dies gelöst durch eine Membranpumpe mit einem Förder-  
15 raum, einem Druck- und einem Sauganschluss, wobei Druck- und Sauganschluss mit dem Fördererraum verbunden sind, einem Hydraulikraum, wobei Fördererraum und Hydraulikraum über eine Membran voneinander getrennt sind, wobei der mit einer Arbeitsflüssigkeit befüllbare Hydraulikraum mit einem pulsierenden Arbeitsflüssigkeitsdruck beaufschlagt werden kann, wodurch die  
20 Membran zwischen einer ersten Position, in der der Fördererraum ein kleineres Volumen aufweist, und einer zweiten Position, in der der Fördererraum ein größeres Volumen aufweist, bewegt wird, und der Hydraulikraum über ein Leckergänzungsventil mit einem Arbeitsflüssigkeitsvorrat verbunden ist, wobei die Membran ein Federelement aufweist, welches derart ausgelegt ist, dass es eine erste vorbestimmte Kraft auf die Membran in Richtung der zweiten Position ausübt. Dabei ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Federelement gegen ein anderes Federelement, welches derart ausgelegt ist, dass es eine zweite vorbestimmte Kraft auf die Membran in Richtung  
25 der zweiten Position ausübt, ausgetauscht werden kann oder dass die Kraft, die das Federelement auf die Membran in Richtung der zweiten Position ausübt, einstellbar ist.

Durch die Einstellbarkeit bzw. Austauschbarkeit des Federelementes kann die Federkraft an die  
30 vorliegenden Einsatzbedingungen, wie z.B. den statischen Druck am Sauganschluss angepasst werden. Ist beispielsweise bei der gewünschten Anwendung sichergestellt, dass der statische Druck am Sauganschluss selbst bereits 1 bar beträgt und ein Saugventil, welches den Sauganschluss mit dem Fördererraum verbindet, derart ausgelegt ist, dass es bei einer Druckdifferenz von mehr als 0,3 bar öffnet, so kann der Druck im Fördererraum nicht unter 0,7 bar abfallen. Folglich  
35 muss auch das Federelement nur eine geringere Kraft auf die Membran ausüben, was wiederum die Lebensdauer der Membran erhöht.

Erfindungsgemäß kann somit die Federkraft des Federelementes an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden.

5 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist daher vorgesehen, dass das Federelement von der Membran abmontierbar ist. Dadurch kann das Federelement getauscht werden, ohne dass die Membran ausgetauscht werden muss. Grundsätzlich wäre aber auch der Fall denkbar, in dem die Membran selbst entsprechende federelastische Eigenschaften aufweist.

10 Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn ein Hydraulikkörper und ein Membrankörper vorgesehen sind, zwischen denen die Membran eingespannt ist, so dass der Hydraulikraum im Hydraulikkörper und der Förderraum im Membrankörper angeordnet ist, wobei der Hydraulikkörper eine in Krafrichtung des Federelementes angeordnete verschließbare Öffnung aufweist, durch die das Federelement ausgetauscht oder dessen Federkonstante eingestellt werden kann. Im Allgemeinen ist nämlich der Antriebskolben in Krafrichtung hinter dem Federelement angeordnet, so dass  
15 ein Austausch bzw. eine Einstellung des Federelementes nur durch eine sehr aufwendige Demontage der Pumpe möglich ist. Durch die erfindungsgemäße verschließbare Öffnung, kann nun, nachdem die Pumpe montiert worden ist und der statische Druck am Sauganschluss feststeht, die Federkonstante leicht eingestellt und an die Bedingungen angepasst werden. Grundsätzlich wäre es auch möglich, das Federelement im Förderraum anzuordnen. In diesem Falle wäre es  
20 von Vorteil, wenn der Membrankörper eine in Krafrichtung des Federelementes angeordnete verschließbare Öffnung aufweist, durch die das Federelement ausgetauscht oder eingestellt werden kann.

25 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die pulsierende Arbeitsflüssigkeit über einen Kanal in den Hydraulikraum zugeführt wird, wobei der Kanal zumindest im Bereich seiner Einmündung in den Hydraulikraum derart ausgerichtet ist, dass er mit der Krafrichtung des Federelementes einen Winkel  $\alpha$  einschließt, der größer als  $0^\circ$ , vorzugsweise größer als  $45^\circ$ , besonders bevorzugt größer als  $70^\circ$  und am Besten etwa  $90^\circ$  beträgt. Durch die dadurch bewirkte seitliche Zuführung der pulsierenden Arbeitsflüssigkeit in den Hydraulikraum ist genügend Platz, um „von hinten“, d.h. von der der Membran abgewandten Seite auf das Federelement  
30 zuzugreifen, um es einzustellen oder auszutauschen.

Hinsichtlich des Verfahrens zum Einstellen einer Membranpumpe wird die eingangsgenannte Aufgabe dadurch gelöst, dass der Schritt vorgesehen ist, dass die Federkonstante derart ausgewählt bzw. eingestellt wird, dass für den durch das Federelement über die Membran auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrauchten Druck  $p_{FV}$  gilt:  $p_{FV} > p_A - p_{SO}$ , wobei  $p_A$  der Atmosphärendruck und  $p_{SO}$  der statische Druck am Sauganschluss ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass der durch das Federelement auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrachte Druck  $p_{FV}$  derart gewählt wird, dass  
5  $p_A > p_{FV} > p_A - p_{SO}$  gilt.

Dadurch ist sichergestellt, dass nicht zuviel Arbeitsflüssigkeit über das Leckergänzungsventil in den Hydraulikraum zugeführt wird. Dennoch kann die durch das Federelement auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrachte Kraft deutlich kleiner gewählt werden, als dies üblicherweise im Stand  
10 der Technik der Fall ist, da erfindungsgemäß erstmalig berücksichtigt wird, dass am Sauganschluss ein statischer Druck anliegt, so dass im Förderraum in der Regel kein geringerer Druck vorliegen kann.

Da bei manchen Ausführungsformen der Sauganschluss über ein Rückschlagventil mit dem Förderraum verbunden ist, das ebenfalls ein entsprechendes Federelement aufweist, so dass erst  
15 bei einer Druckdifferenz  $\Delta p_{SV}$  zwischen dem Druck am Sauganschluss und dem Druck in der Förderkammer das Rückschlagventil öffnet, ist in einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass der durch das Federelement auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrachte Druck  $p_{FV}$  derart eingestellt wird, dass gilt:  $p_A > p_{FV} > p_A - p_{SO} + \Delta p_{SV}$ .

20 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Hydraulikraum über ein Leckergänzungsventil mit einem Arbeitsflüssigkeitsvorrat verbunden, wobei das Leckergänzungsventil einen zwischen einer Schließstellung, in welcher der Ventildurchgang geschlossen ist, und einer Offenstellung in welcher der Ventildurchgang geöffnet ist, hin und her bewegbaren Schließkörper aufweist,  
25 welcher mit Hilfe eines Druckelementes in der Schließstellung gehalten wird, wobei das Druckelement derart ausgelegt ist, dass wenn der Druck im Hydraulikraum kleiner als ein Einstelldruck  $p_L$  ist, der Schließkörper sich in Richtung der Offenstellung bewegt. Mit Vorteil ist das Druckelement des Leckergänzungsventils und das Federelement der Membran derart ausgebildet und angeordnet, dass zu jeder Zeit die Summe aus dem Druck  $p_H$  im Hydraulikraum und dem durch  
30 das Federelement auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrachten Druck  $p_{FV}$  größer als der Einstelldruck  $p_L$  ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Masse des Schließkörpers so groß ist, dass sich der Schließkörper bei einem nicht länger als 1 ms andauernden  
35 Druckabfall auf 0 bar aufgrund eines Druckstoßes im Hydraulikraum um nicht mehr als 0,2 mm, vorzugsweise um nicht mehr als 0,1 mm in Richtung der Offenstellung bewegt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten werden deutlich anhand der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform sowie der zugehörigen Figuren. Es zeigen:

5

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Membranpumpenkopfes, Figur 2 ein schematisches Diagramm des Druckes im Hydraulikraum über der Zeit und Figur 3 eine Schnittansicht eines speziell ausgebildeten Leckergänzungsventils.

10 In Figur 1 ist ein Detail eines Membranpumpenkopfes in einer Schnittansicht gezeigt. Die Membranpumpe weist eine Membran 1 auf, die zwischen einem Hydraulikkörper 23 und einem Membrankörper 22 eingespannt ist. Die Membran unterteilt die kalottenförmige Kavität in einen Förderraum 9 und einen Hydraulikraum 8. Die Membran 1 ist über eine Schraubverbindung mit einem Bolzen verbunden, der mit Hilfe eines Federelementes 10 in den Hydraulikkörper gezogen wird.  
15 Mit anderen Worten übt das Federelement 10 eine Kraft in Richtung des Hydraulikraums 8 auf die Membran 1 aus.

Der Förderraum 9 ist mit einem Sauganschluss (nicht gezeigt) und einem Druckanschluss (nicht gezeigt) über entsprechende Ventile verbunden. Die Membran 1 kann über den Kanal 24 mit  
20 einem oszillierenden Hydraulikdruck beaufschlagt werden. Steigt der Druck im Kanal 24, so wird die Membran 1 in Figur 1 nach links bewegt, d.h. der Förderraum 9 wird verkleinert. Darin eventuell befindliches Fördermedium wird dann über das Ventil aus dem Druckanschluss ausgestoßen. Wird dann der Druck im Kanal 24 reduziert, so wird das Federelement 10 dafür sorgen, dass die Membran zurück in den Hydraulikraum gezogen wird. Der Druck im Förderraum 9 wird abfallen bis er geringer ist als der am Sauganschluss anliegende statische Druck. Dann wird über den  
25 Sauganschluss Fördermedium in den Förderraum 9 zugeführt.

Durch die periodische Bewegung der Membran wird daher periodisch aus dem Sauganschluss Fördermedium angesaugt und über den Druckanschluss bei höherem Druck ausgegeben.

30

Die Membran wird zwischen den Einspannrändern 11, 12 gehalten. Aufgrund der Federelement 10 kann es zu einer Ausbeulung der Membran 1 kommen.

35 Während des Betriebes kann unter Umständen Arbeitsflüssigkeit aufgrund nicht zu vermeidender Lecks über dem Kolben, der den pulsierenden Arbeitsflüssigkeitsdruck erzeugt, entweichen. Um sicherzustellen, dass immer die ausreichende Menge Arbeitsflüssigkeit im Hydraulikraum 8 vorhanden ist, ist ein Leckergänzungsventil 6 vorgesehen, über das der Hydraulikraum 8 mit einem Arbeitsflüssigkeitsvorrat verbunden ist. Dieses Leckergänzungsventil 6 weist eine kleine Kugel 16

auf, die in einen Ventilsitz mittels einer Feder 17 gedrückt wird. Über die Feder 17 des Leckergänzungsventils 6 wird ein Einstelldruck  $p_L$  festgelegt. Unterschreitet der Druck im Hydraulikraum 8 diesen Einstelldruck  $p_L$ , so hebt die Kugel des Leckergänzungsventils vom Ventilsitz ab und zusätzliche Arbeitsflüssigkeit kann vom Arbeitsflüssigkeitsvorrat 15, der im Allgemeinen unter  
5 Atmosphärendruck (1 bar) steht, in den Hydraulikraum 8 strömen, bis der Druck im Hydraulikraum 8 über den Einstelldruck  $p_L$  angestiegen ist, da dann die Feder des Leckergänzungsventils 6 die Kugel wieder in den Ventilsitz drückt und damit den Ventildurchgang verschließt.

Bei der gezeigten Ausführungsform ist im Hydraulikelement 23 eine Öffnung vorgesehen, die mit  
10 Hilfe der Kappe 21 verschlossen werden kann. Nimmt man die Kappe 21 vom Hydraulikkörper ab, so kann auf das Federelement 10 zugegriffen werden. Dadurch kann das Federelement leicht ausgetauscht oder neu eingestellt werden, um sicherzustellen, dass über das Federelement 10 möglichst wenig Kraft auf die Membran 1 aufgebracht wird, zugleich jedoch sichergestellt wird, dass das Leckergänzungsventil 6 nur im Bedarfsfalle öffnet.

15 Diese leichte Zugänglichkeit wird ermöglicht, da die pulsierende Arbeitsflüssigkeit über den Kanal 24 zugeführt wird, während diese im Wesentlichen im  $90^\circ$  Winkel zur Krafrichtung des Federelementes 10 angeordnet ist.

20 In Figur 2 ist graphisch der Druck im Hydraulikraum während des Saughubes über der Zeit aufgetragen. Zu Beginn des Saughubes entspricht der Druck im Hydraulikraum in etwa dem Druck, mit dem die Pumpe das Fördermedium aus dem Druckanschluss ausgibt. Dieser Druck ist deutlich höher als der statische Druck der Saugleitung. Es versteht sich, dass der Druck im Hydraulikraum zusätzlich über die Rückholfeder 10 bestimmt wird.

25 Der Saughub beginnt, wenn der Kolben zur Erzeugung des pulsierenden Arbeitsflüssigkeitsdrucks zurückbewegt wird. Dies führt zunächst dazu, dass sich der Druck im Hydraulikraum langsam reduziert und da der Druck im Förderraum größer ist, wird sich die Membran nach rechts, d.h. in Richtung des Hydraulikraums bewegen. Dabei wird der Druck im Förderraum langsam  
30 abfallen, bis er den statischen Druck am Sauganschluss  $p_{SO}$  erreicht. Wenn der Druck noch weiter abfällt, wird das entsprechende Rückschlagventil, das den Förderraum mit dem Sauganschluss verbindet, öffnen und Fördermedium wird über den Sauganschluss nachströmen. In dem Moment, in dem der Druck im Förderraum somit den statischen Druck am Sauganschluss erreicht, kommt es in der Saugleitung zu einer abrupten Geschwindigkeitsänderung des Fluids.  
35 Diese Geschwindigkeitsänderung  $\Delta V$  führt zu dem sogenannten Joukowsky-Stoß  $\Delta p_{ST} = \rho \times a \times \Delta V$ , wobei  $\rho$  die Dichte des Fördermediums und  $a$  die Wellenfortpflanzungsgeschwindigkeit im flüssigkeitsgefüllten Saugrohr ist. Dieser Joukowsky-Stoß im Förderraum führt zu einem Druckstoß im Hydraulikraum, da die beiden Räume über die Membran verbunden sind. Die dadurch

ausgelöste hochfrequente schnell abklingende Druckschwingung kann für die folgende Überlegung zunächst vernachlässigt werden.

5 Durch das Zurückbewegen des Kolbens sinkt der Druck im Hydraulikraum ab. Mit Hilfe des Federelementes 10 muss daher auf die Arbeitsflüssigkeit im Hydraulikraum genügend Kraft ausgeübt werden, so dass der Druck im Hydraulikraum nicht unter dem Einstelldruck des Leckergänzungsventils absinkt, da ansonsten das Leckergänzungsventil öffnen würde und zusätzliche Arbeitsflüssigkeit in den Hydraulikraum zuführen würde.

10 Die bekannten Membranpumpen werden daher mit entsprechenden Rückholfedern 10 ausgestattet, die sicherstellen, dass in allen Fällen der Druck im Hydraulikraum größer als der Einstelldruck ist. Da der Druck im Förderraum nicht kleiner als null werden kann und der Druck im Arbeitsflüssigkeitsvorrat typischerweise unter Atmosphärendruck (1 bar) steht, werden die Federn so gewählt, dass sie selbst am Ende des Saughubes, d.h. wenn die Feder die Membrane bis an ihren  
15 Umkehrpunkt im Hydraulikraum gezogen hat, größer als 1 bar ist. Damit ist sichergestellt, dass selbst im ungünstigsten Fall kein unplanmäßiges Öffnen des Leckergänzungsventils auftritt.

Erfindungsgemäß wird nun jedoch vorgesehen, dass die durch die Rückholfeder 10 auf die Membran aufgebrachte Kraft einstellbar ist, da die Membranpumpen üblicherweise in einer Um-  
20 gebung eingesetzt werden in der am Sauganschluss ein statischer Druck  $p_{s0}$  anliegt, welcher größer als null ist. Je nach dem, welcher Druck hier anliegt, kann daher die Federkraft reduziert werden, um zu verhindern, dass die Membran unnötig stark durch das Federelement 10 in den Hydraulikraum gezogen wird. Je geringer die eingestellte Kraft, umso länger ist die Lebensdauer der Membran. Zudem kann dann der Antrieb der Pumpe ebenfalls reduziert werden, da er nun  
25 gegen eine geringere Federkraft des Federelementes 10 arbeiten muss.

Durch das erfindungsgemäße Einstellen der durch das Federelement 10 auf die Membran aufgebrachten Kraft, kann somit der Energieverbrauch der Membranpumpe deutlich reduziert werden.

30 Soll zu einem späteren Zeitpunkt die Membranpumpe an einen anderen statischen Druck auf der Saugleitung angepasst werden, muss lediglich das Federelement 10 eingestellt oder durch ein anderes ersetzt werden.

Durch die erfindungsgemäße Gestaltung, ist dies ohne großen Aufwand möglich.

35

Wie bereits Eingangs erwähnt wurde, sinkt nach einer gewissen Zeit ab Beginn des Saughubes  $s$  der Druck  $p_H$  im Hydraulikraum schlagartig für ein kurzes Zeitintervall ( $\Delta p_{ST}$ ) ab. Kurz darauf steigt er wieder stark an, so dass sich eine hochfrequente, schnell abklingende Druckschwingung

ergibt (Joukowsky-Stoß). Man erkennt sofort, dass der Druckstoß maximal zu einer Absenkung auf  $p = 0$  führen kann. Tatsächlich wird jedoch der Druck im Hydraulikraum nicht auf null, sondern auf einen Minimaldruck  $p_{\min}$  absinken, der durch die Betriebsparameter und den Aufbau der Membranpumpe vorgesehen ist.

5

Durch dieses kurzzeitige Absinken des Druckes kann der Druck unter den Einstelldruck  $p_L$  fallen, so dass das Leckergänzungsventil öffnet.

10

Um ein Öffnen bei dem bis  $p_{\min}$  abfallenden Druckstoß zu verhindern, ist es daher im Stand der Technik üblich, den Einstelldruck des Leckergänzungsventils  $p_L < p_{\min}$  zu wählen. Dies hat jedoch zur Folge, dass am Ende des Saughubes entsprechend konstruktive Maßnahmen ergriffen werden müssen, um sicherzustellen, dass der Einstelldruck des Leckergänzungsventils dann tatsächlich unterschritten wird, wenn zu wenig Arbeitsflüssigkeit im Hydraulikraum enthalten ist. Dies erhöht die Kosten der Membranpumpe.

15

Daher wird vorgeschlagen, die Masse des Schließelementes des Leckergänzungsventils zu erhöhen, so dass ein Druckstoß während einer Zeitdauer von bis zu 1 ms nicht ausreicht, den Schließkörper um mehr als 0,1 mm zu bewegen.

20

Durch die erfindungsgemäße Maßnahme kann jedoch der Einstelldruck  $p_L$  deutlich größer als  $p_{\min}$  gewählt werden, solange  $p_L$  kleiner ist als ein mittlerer Druck  $p_m$  im Hydraulikraum.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der Druckstoß nur während eines sehr kurzen Zeitintervalls  $\Delta t_s < 1$  Millisekunde auftritt.

25

Die Masse des Schließkörpers wird erfindungsgemäß derart groß gewählt, dass ein solcher Druckstoß nur zu einem Hub von weniger als 0,2 mm bzw. vorzugsweise weniger als 0,1 mm führt.

30

Ein entsprechendes Leckergänzungsventil ist in Figur 3 dargestellt.

35

Dieses Leckergänzungsventil weist einen in einem Ventilkörper 18 aufgenommenen Schließkörper 16 auf, welches ein Schließelement 20 aufweist, das in der Schließstellung einer Bohrung im Ventilkörper 18 verschließt, so dass die Leitung zum Arbeitsflüssigkeitsvorrat 19 von dem Hydraulikraum 8 getrennt ist. Der Schließkörper wird mit Hilfe eines Federelementes 17 in die Schließstellung vorgespannt, die in Figur 3 gezeigt ist. Der Druck der Arbeitsflüssigkeit im Arbeitsflüssigkeitsvorrat und damit auch der Druck in der Leitung 19 bleiben im Wesentlichen konstant. Wenn der Druck im Hydraulikraum 8 unter den Einstelldruck  $p_L$ , der im Wesentlichen durch

die Feder 17 vorgegeben wird, absinkt, so wird der Schließkörper 16 in der Figur 3 gezeigten Position nach oben bewegt, so dass eine Verbindung zwischen der Leitung 19 und dem Hydraulikraum 8 geöffnet wird.

5 Grundsätzlich geht man davon aus, dass wenn sich der Schließkörper lediglich um 0,2 Millimeter bewegt, dass der Spalt zwischen Ventilkörper 18 und Schließelement 20 nicht ausreicht, um eine nennenswerte Menge an Arbeitsflüssigkeit durch die Leitung 19 in den Hydraulikraum abzugeben.

10 Der Hubweg des Schließkörpers  $\Delta s$  berechnet sich zu:

$$\Delta s = b \cdot \frac{\Delta t^2}{2}. \quad (1)$$

15 Dabei ist  $\Delta t$  die Dauer des Druckstoßes und  $b$  die Beschleunigung, der der Schließkörper aufgrund des Druckstoßes unterliegt. Die Beschleunigung berechnet sich zu

$$b = F/m, \quad (2)$$

20 wobei  $F$  die Kraft auf den Schließkörper ist und  $m$  die Masse des Schließkörpers. Es ergibt sich somit:

$$\Delta s = \frac{F}{m} \cdot \frac{\Delta t^2}{2} \quad (3)$$

25 bzw.

$$m = \frac{\Delta t^2}{2\Delta s} \cdot F. \quad (4)$$

30 Geht man davon aus, dass der Druckstoß nicht länger als 1 Millisekunde andauert, d. h.  $\Delta t_s = 1$  Millisekunde, dass die Bewegung des Schließkörpers maximal 0,1 mm sein soll, d. h.  $\Delta s_s = 0,1$  mm, und dass der Druckstoß eine Druckverringerung auf 0 bar bewirkt, d. h. der Druckstoß hat die Größe des Einstelldruckes  $p_L$ , z. B. 0,7 bar, so ergibt sich bei einem Durchmesser des Schließelementes von 8 mm, d. h. einer entsprechenden Fläche von ungefähr 0,5 cm<sup>2</sup>:

$$F = p_L \cdot A = 0,7 \cdot 10 \cdot 0,5 = 3,5 \text{ N} \quad (5)$$

und somit

$$5 \quad m = 3,5 \cdot \frac{10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \hat{=} 17,5 \text{ g} . \quad (6)$$

Im gezeigten Beispiel muss daher die Masse des Schließkörpers mindestens 17,5 g betragen, um eine Bewegung des Schließkörpers um mehr als 0,1 mm zu verhindern.

- 10 Wird die Masse des Schließkörpers derart groß gewählt, so kann selbst ein Druckstoß auf 0 bar den Schließkörper nicht soweit bewegen, dass eine nennenswerte Menge Arbeitsflüssigkeit in den Hydraulikraum austritt.

- 15 Das beschriebene Verfahren kann noch verbessert werden, wenn man berücksichtigt, dass der Druckstoß im Allgemeinen nicht zu einer Druckabsenkung auf 0 bar, sondern lediglich auf einen minimalen Druck  $p_{\min}$  führt. In der oben genannten Gleichung (5) kann dann statt dem Einstell-  
druck  $p_L$  die Differenz  $p_L - p_{\min}$  zwischen dem Einstelldruck  $p_L$  und dem minimalen Druck  $p_{\min}$  aufgrund des Druckstoßes verwendet werden, wodurch die Masse noch weiter reduziert werden  
20 ausgelegt werden kann, was die Handhabung der Pumpe vereinfacht.

Bezugszeichenliste

	1	Membran
5	6	Leckergänzungventil
	8	Hydraulikraum
	9	Förderraum
	10	Federelement
	11, 12	Einspannräder
10	15	Arbeitsflüssigkeitsvorrat
	16	Kugel
	17	Feder
	18	Ventilkörper
	19	Leitung
15	20	Schließelement
	21	Kappe
	22	Membrankörper
	23	Hydraulikkörper
	24	Kanal
20		

## Patentansprüche

1. Membranpumpe mit  
einem Förderraum,  
5 einem Druck- und einem Sauganschluss,  
wobei Druck- und Sauganschluss mit dem Förderraum verbunden sind,  
einem Hydraulikraum,  
wobei Förderraum und Hydraulikraum über eine Membran voneinander getrennt sind,  
wobei der mit einer Arbeitsflüssigkeit befüllbare Hydraulikraum mit einem pulsierenden  
10 Arbeitsflüssigkeitsdruck beaufschlagt werden kann,  
wodurch die Membran zwischen einer ersten Position, in der der Förderraum ein kleineres  
Volumen aufweist, und einer zweiten Position, in der der Förderraum ein größeres Vo-  
lumen aufweist, bewegt wird,  
wobei der Hydraulikraum über ein Leckergänzungsventil mit einem Arbeitsflüssigkeitsvor-  
15 rat verbunden ist,  
wobei die Membran ein Federelement mit einer ersten Federkonstante aufweist, welches  
derart ausgelegt ist, dass es eine erste vorbestimmte Kraft auf die Membran in Richtung  
der zweiten Position ausübt, dadurch gekennzeichnet, dass  
das Federelement gegen ein anderes Federelement, welches derart ausgelegt ist, dass  
20 es eine zweite vorbestimmte Kraft auf die Membran in Richtung der zweiten Position aus-  
übt, ausgetauscht werden kann oder dass die Kraft, die das Federelement auf die Memb-  
ran in Richtung der zweiten Position ausübt, einstellbar ist.
2. Membranpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement von  
25 der Membran abmontierbar ist.
3. Membranpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hydraulikkörper  
und ein Membrankörper vorgesehen sind, zwischen denen die Membran einge-  
spannt ist, so dass der Hydraulikraum im Hydraulikkörper und der Förderraum im Memb-  
30 rankörper angeordnet ist, wobei der Hydraulikkörper eine in Krafrichtung des Federele-  
mentes angeordnete verschließbare Öffnung aufweist, durch die das Federelement aus-  
getauscht oder dessen Federkonstante eingestellt werden kann.
4. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die  
35 pulsierende Arbeitsflüssigkeit über einen Kanal in den Hydraulikraum zugeführt wird, wo-  
bei der Kanal zumindest im Bereich seiner Einmündung in den Hydraulikraum derart aus-  
gerichtet ist, dass er mit der Krafrichtung des Federelementes einen Winkel  $\alpha$  einschließt,

der  $> 0^\circ$ , vorzugsweise  $> 45^\circ$  besonders bevorzugt  $> 70^\circ$  und am besten etwa  $90^\circ$  beträgt.

5. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Hydraulikraum über ein Leckergänzungsventil mit einem Arbeitsflüssigkeitsvorrat verbunden ist, wobei das Leckergänzungsventil einen zwischen einer Schließstellung, in welcher der Ventildurchgang geschlossen ist, und einer Offenstellung, in welcher der Ventildurchgang geöffnet ist, hin- und her bewegbaren Schließkörper aufweist, welcher mit Hilfe eines Druckelementes in der Schließstellung gehalten wird, wobei das Druckelement derart ausgelegt ist, dass wenn der Druck im Hydraulikraum kleiner als ein Einstelldruck  $p_L$  ist, der Schließkörper sich in Richtung der Offenstellung bewegt.
6. Membranpumpe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass Druckelement des Leckergänzungsventil und Federelement der Membran derart ausgebildet und angeordnet sind, dass zu jeder Zeit die Summe aus dem Hydraulikraumdruck  $p_H$  und dem durch Federelement auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrauchte Kraft  $p_{FV}$  größer als der Einstelldruck  $p_L$  ist.
7. Membranpumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Masse des Schließkörpers (16) so groß ist, dass sich der Schließkörper (16) bei einem nicht länger als 1 Millisekunde andauernden Druckabfall auf 0 bar aufgrund eines Druckstoßes im Hydraulikraum (8) um nicht mehr als 0,2 mm vorzugsweise um nicht mehr als 0,1mm in Richtung der Offenstellung bewegt.
8. Verfahren zum Einstellen einer Membranpumpe einem Förderraum, einem Druck- und einem Sauganschluss, wobei Druck- und Sauganschluss mit dem Förderraum verbunden sind, einem Hydraulikraum, wobei Förderraum und Hydraulikraum über eine Membran voneinander getrennt sind, wobei der mit einer Arbeitsflüssigkeit befüllbare Hydraulikraum mit einem pulsierenden Arbeitsflüssigkeitsdruck beaufschlagt werden kann, wodurch die Membran zwischen einer ersten Position, in der der Förderraum ein kleineres Volumen aufweist, und einer zweiten Position, in der der Förderraum ein größeres Volumen aufweist, bewegt wird, wobei der Hydraulikraum über ein Leckergänzungsventil mit einem Arbeitsflüssigkeitsvorrat verbunden ist,

wobei die Membran ein Federelement mit einer ersten Federkonstante aufweist, welches derart ausgelegt ist, dass es eine Kraft auf die Membran in Richtung der zweiten Position ausübt,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 5 die Federkonstante derart ausgewählt wird, dass für den durch das Federelement über die Membran auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrauchten Druck  $p_{FV}$  gilt:  $p_{FV} > p_A - p_{SO}$ , wobei  $p_A$  der Atmosphärendruck und  $p_{SO}$  der statische Druck am Sauganschluss ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement derart ausgewählt wird, dass für den durch das Federelement auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrauchten Druck  $p_{FV}$  gilt:  $p_A > p_{FV} > p_A - p_{SO}$ , wobei  $p_A$  der Atmosphärendruck ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Membranpumpe verwendet wird, bei welcher der Sauganschluss über ein Rückschlagventil mit dem Förderraum verbunden ist, wobei das Rückschlagventil derart ausgelegt ist, dass es bei einer Druckdifferenz  $\Delta p_{SV}$  zwischen dem Druck am Sauganschluss und dem Druck in der Förderkammer öffnet, wobei das Federelement derart ausgewählt wird, dass für den durch das Federelement auf die Arbeitsflüssigkeit aufgebrauchten Druck  $p_{FV}$  gilt:
- $$p_A > p_{FV} > p_A - p_{SO} + \Delta p_{SV}.$$

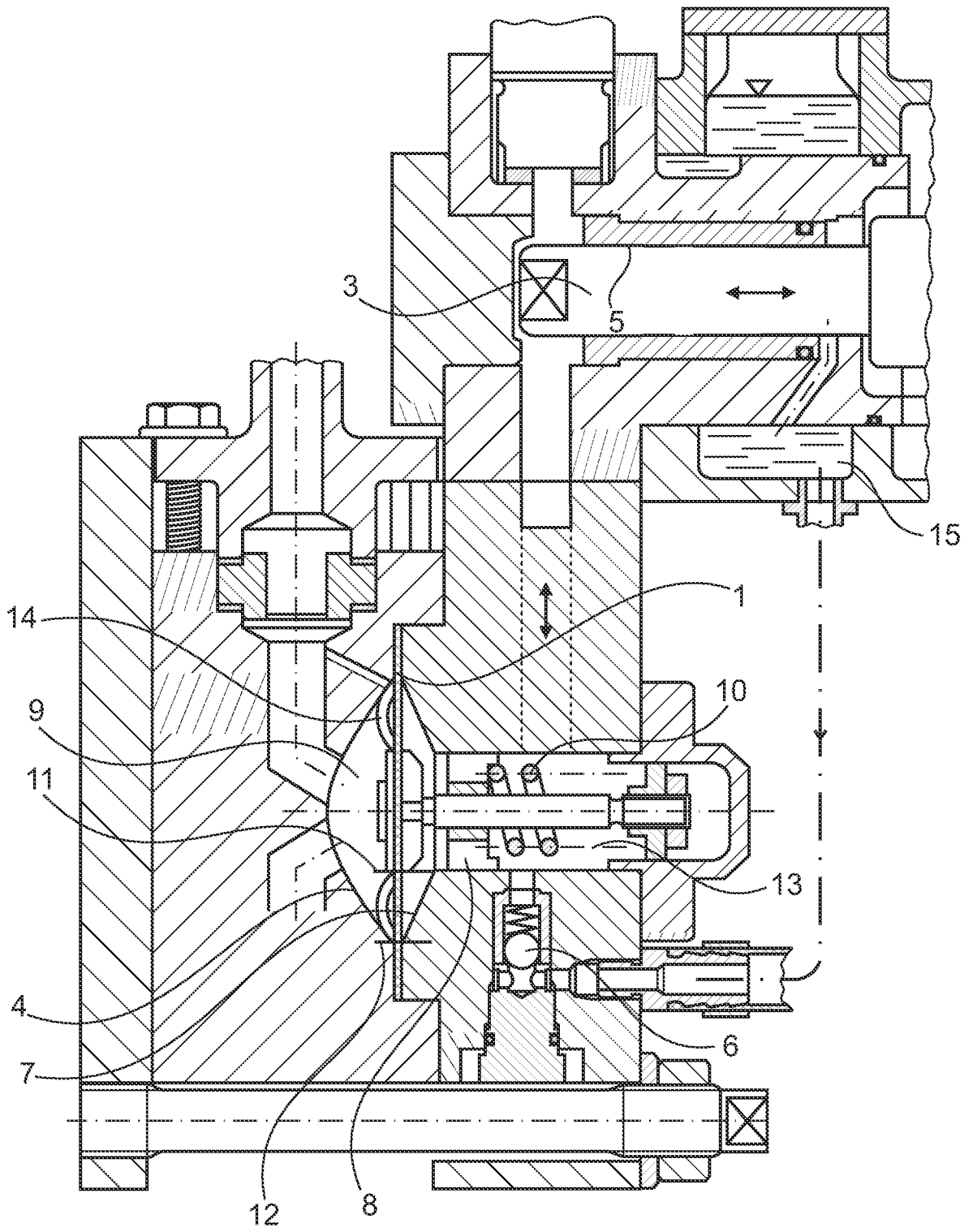


Fig. 1

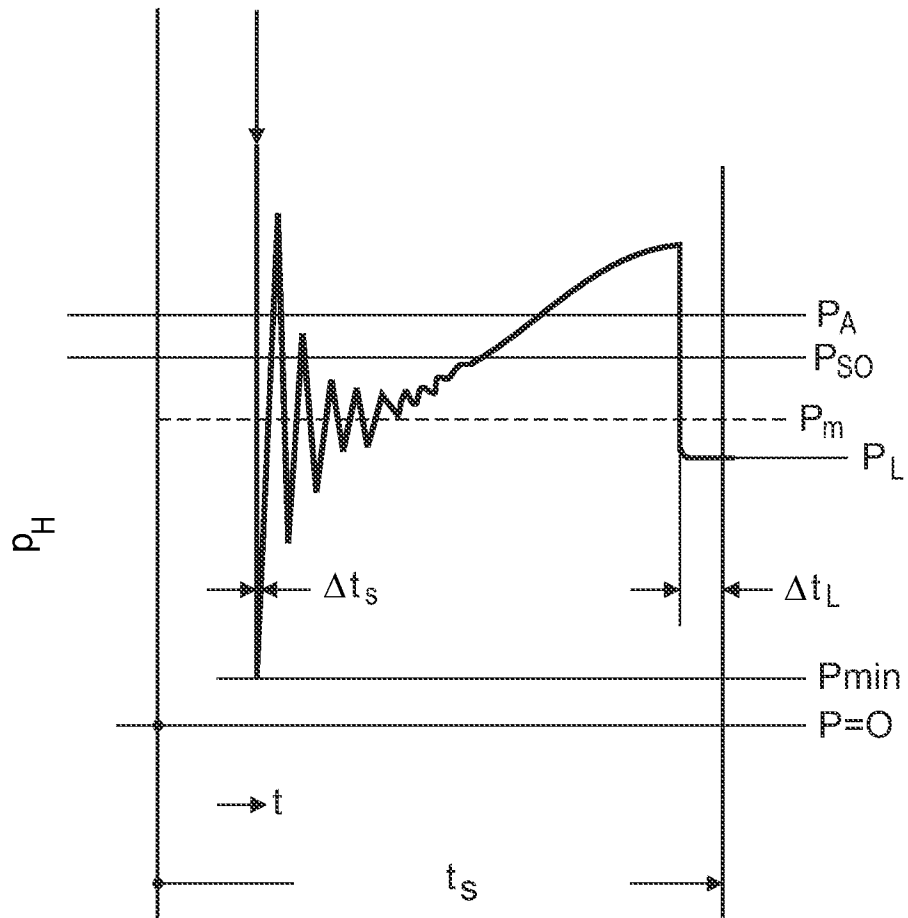


Fig.2

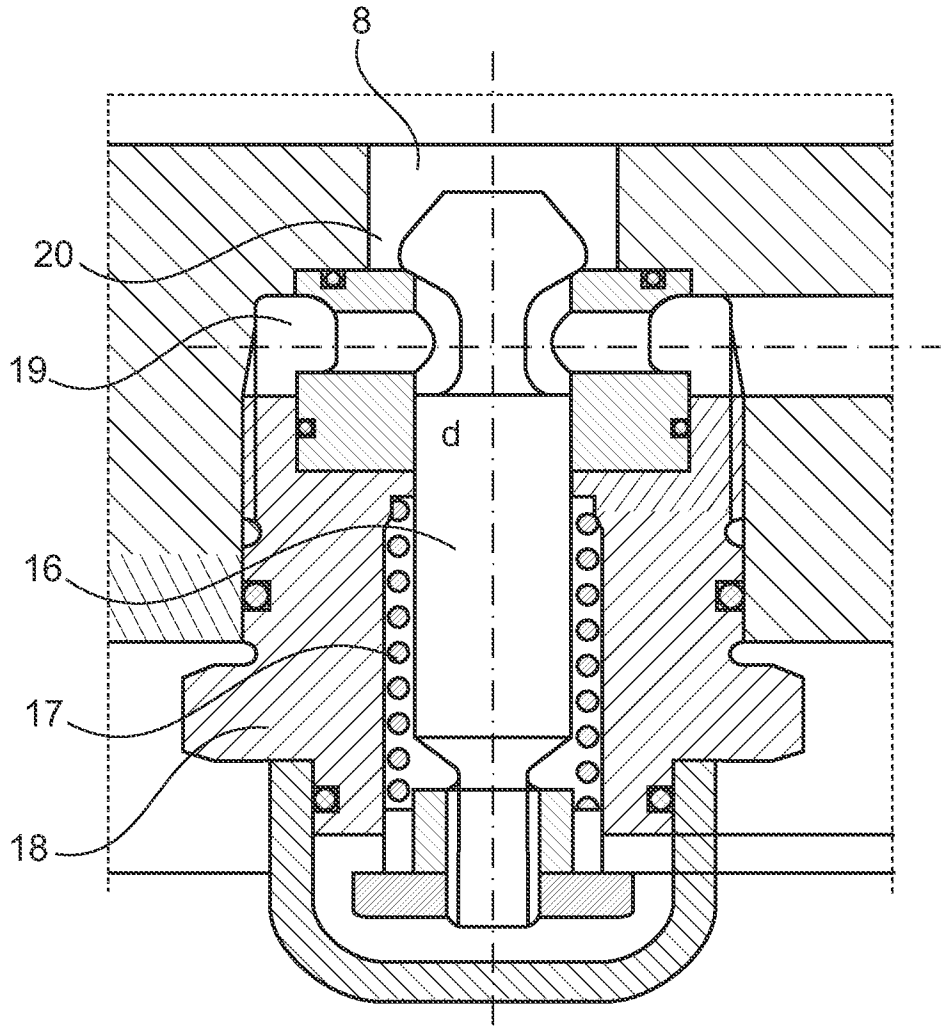


Fig. 3