

(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
18. Februar 2010 (18.02.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/017997 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F04B 43/067 (2006.01) F04B 53/06 (2006.01)
F04B 43/06 (2006.01) F04B 53/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/005928

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. August 2009 (14.08.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
08014528.7 14. August 2008 (14.08.2008) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **BRAN+LUEBBE GMBH** [DE/DE]; Werk-
strasse 4, 22844 Norderstedt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HUHNKE, Christian**
[DE/DE]; Stedingweg 26, 24576 Bad Bramstedt (DE).
LADIGES, Henning [DE/DE]; Jochen-Keppler-Strasse
58, 25436 Uetersen (DE).

(74) Anwälte: **ANDRAE FLACH HAUG** et al.; Balanstraße
55, 81541 München (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, DE, 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, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

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

(54) Title: PUMP DEVICE

(54) Bezeichnung: PUMPENVORRICHTUNG

(57) Abstract: The invention relates to a pump device (1) having a pulsator as a drive element for a main pump head (11) which is situated in a delivery line (15) and the working chamber (18) of which is provided with a suction-side non-return valve (16) and a pressure-side non-return valve (17), wherein the working chamber (20) of the pulsator is connected via an oscillation line (12), which is filled with delivery medium (21), to the working chamber (18) of the main pump head (11) in such a way that the pulsator sucks delivery medium (21) out of the delivery line (15) and into the working chamber (18) of the main pump head (11), or presses delivery medium (21) out of the working chamber (18), in an oscillating fashion, wherein a ventilation valve (9) is provided for ventilating the working chamber (20) of the pulsator, wherein the ventilation line (9) is a time-controlled valve and/or a pressure-controlled double-seat valve and/or wherein a device is provided for introducing a liquid into the working chamber of the pulsator and/or the oscillation line (12).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Pumpenvorrichtung (1) mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf (11), der in einer Förderleitung (15) liegt und dessen Arbeitsraum (18) mit einem saugseitigen Rückschlagventil (16) und einem druckseitigen Rückschlagventil (17) versehen ist, wobei der Arbeitsraum (20) des Pulsators über eine mit Fördermedium (21) gefüllte Pendelleitung (12) mit dem Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) in der Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium (21) aus der Förderleitung (15) in den Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) ansaugt oder aus dem Arbeitsraum (18) drückt, wobei ein Entlüftungsventil (9) zur Entlüftung des Arbeitsraums (20) des Pulsators vorgesehen ist, wobei das Entlüftungsventil (9) ein zeitgesteuertes Ventil und/oder ein druckgesteuertes Doppelsitzventil ist und/oder dass eine Vorrichtung zum Einleiten einer Flüssigkeit in den Arbeitsraum des Pulsators und/oder die Pendelleitung (12) vorgesehen ist.

WO 2010/017997 A2

PUMPENVORRICHTUNG

Die Erfindung betrifft eine Pumpenvorrichtung mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf, der in einer Förderleitung liegt und dessen Arbeitsraum mit einem saugseitigen Rückschlagventil und einem druckseitigen Rückschlagventil versehen ist, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Im Sinne der vorliegenden Offenbarung der Erfindung ist ein Membranpulsator so zu verstehen, dass er einer Kolbenmembranpumpe entspricht, die nicht notwendigerweise saug- und druckseitige Rückschlagventile aufweist, aber ansonsten in der Regel alle Merkmale einer Kolbenmembranpumpe aufweist. Unter einer Kolbenmembranpumpe versteht der Fachmann eine mit einer Membran gekoppelte Kolbenpumpe, wobei die Auslenkung des Kolbens über eine hydraulische Kopplung auf die Membran übertragen wird. Membranpulsatoren können insbesondere ebenso wie Kolbenmembranpumpen eine vorzugsweise membranlagengesteuerte Nachfüll- und/oder Entlüftungsvorrichtung für die Hydraulikflüssigkeit aufweisen, wie sie beispielsweise aus der EP 0 085 725 A1 bekannt ist.

Insbesondere betrifft die Erfindung eine Pumpenvorrichtung mit einem Pulsator, insbesondere einem Membranpulsator, als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf, der in einer Förderleitung liegt und dessen Arbeitsraum mit einem saugseitigen Rückschlagventil und einem druckseitigen Rückschlagventil versehen ist. Der Arbeitsraum des Pulsators steht über eine mit Fördermedium gefüllte Pendelleitung unmittelbar mit dem Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes in der Weise in Verbindung, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium

aus der Förderleitung in den Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes ansaugt oder aus dem Arbeitsraum drückt. Die erfindungsgemäße Pumpenvorrichtung ist besonders gut zum Fördern von Suspensionen, wie zum Beispiel Mischungen aus Biomasse und überkritischem Wasser, und insbesondere für hohe Drücke und Temperaturen geeignet.

Pumpen dieser Art sind aus EP 0919724 B1 und EP 1898093 A1 bekannt. Hierbei wird ein in der Förderleitung liegender Hauptpumpenkopf von einem weiteren Pumpenkopf angetrieben, der als Pulsator bezeichnet wird. Eine derartige Pumpenvorrichtung wird auch als "Remote Head"-Pumpe bezeichnet. Eingesetzt werden derartige Pumpenvorrichtungen typischerweise zum Pumpen von Flüssigkeiten mit hohem Feststoffanteil und hohen Temperaturen. Die bekannten Pumpen können jedoch bei besonders aggressiven Fördermedien, wie beispielsweise überkritischen wässrigen Lösungen, nicht ohne Weiteres eingesetzt werden, insbesondere wenn Prozesse mit sehr großem Durchsatz unter hohen Temperaturen und hohen Drücken vorliegen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Pumpenvorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, die zum Pumpen von aggressiven Fördermedien mit hoher Temperatur eingesetzt werden kann, und die dennoch bei geringen Kosten mit hoher Zuverlässigkeit arbeitet, weshalb insbesondere ein Eintrag von Feststoffteilchen in den Pulsator vermieden werden sollte.

Diese Aufgabe wird durch eine Pumpenvorrichtung gemäß den Merkmalen zumindest eines der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß einer Ausführung der Erfindung wird eine Pumpenvorrichtung mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf, der in einer Förderleitung liegt und dessen Arbeitsraum mit einem saugseitigen Rückschlagventil und einem druckseitigen Rückschlagventil versehen ist, angegeben, wobei der Arbeitsraum des Pulsators über eine mit Fördermedium gefüllte Pendelleitung mit dem Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes in einer Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium aus der Förderleitung in den Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes ansaugt oder aus dem Arbeitsraum drückt, wobei ein Entlüftungsventil zur Entlüftung des Arbeitsraums des Pulsators vorgesehen ist, wobei das Entlüftungsventil ein zeitgesteuertes Ventil und/oder ein druckgesteuertes Doppelsitzventil ist und/oder eine Vorrichtung zum Einleiten einer Flüssigkeit in den Arbeitsraum des Pulsators und/oder die Pendelleitung vorgesehen ist.

Die Verwendung eines zeitgesteuerten Ventils und/oder eines druckgesteuerten Doppelsitzventil hat den Vorteil, dass die Zeit, in der das Ventil zum Entlüften offen ist, sehr kurz gehalten werden kann, wodurch sich unerwünschte Nebenströme vermeiden lassen, die einen verstärkten Eintrag von Feststoffteilchen in den Pulsator zur Folge haben könnten.

Das Einleiten von Flüssigkeit in den Arbeitsraum des Pulsators bzw. das Nachfüllen von Fördermedium in den Arbeitsraum zum Ausgleich von Verlusten beispielsweise durch das Entlüften des Arbeitsraums, hat den Vorteil, dass ein Flüssigkeitsausgleich nicht von dem getriebenen Hauptpumpenkopf erfolgen muss und somit keine Feststoffteilchen von dem Hauptpumpenkopf zu dem Pulsator transportiert werden.

Erfindungsgemäß kann die Flüssigkeit Wasser und/oder Fördermedium und/oder eine andere geeignete Flüssigkeit sein.

Erfindungsgemäß kann das zeit- und/oder druckgesteuerte Entlüftungsventil ein Einsitzventil und/oder ein Doppelsitzventil sein.

Erfindungsgemäß kann die Vorrichtung zum Einleiten einer Flüssigkeit in den Arbeitsraum des Pulsators und/oder die Pendelleitung ein zeit- und/oder druckgesteuertes Nachfüllventil und/oder ein Nachfüllreservoir umfassen.

Erfindungsgemäß kann das zeit- und/oder druckgesteuerte Nachfüllventil bzw. Entlüftungsventil derart zeit- und/oder druckgesteuert werden, dass nach einer Anfahrphase des Prozesses das Nachfüllventil bzw. Entlüftungsventil geschlossen wird und/oder der obere Grenzwert zum Schließen des zeit- und/oder druckgesteuerten Nachfüllventils bzw. Entlüftungsventils nach einer Anfahrphase des Prozesses erhöht wird und/oder nach einer Anfahrphase des Prozesses der untere Grenzwert zum Schließen des zeit- und/oder druckgesteuerten Nachfüllventils bzw. Entlüftungsventils gesenkt wird.

Vorzugsweise entspricht der Druck, mit dem das Nachfüllreservoirs beaufschlagt wird, im Wesentlichen dem Druck in dem Arbeitsraum des Pulsators.

Gemäß einer Ausführung der Erfindung kann das Nachfüllventil zwischen dem Arbeitsraum und dem Nachfüllreservoir ein zeit- und/oder druckgesteuertes Ventil sein.

Erfindungsgemäß kann der Arbeitsraum des Pulsators über das und/oder ein weiteres Entlüftungsventil mit der Saugseite der Förderleitung verbunden sein.

Erfindungsgemäß kann dabei vorteilhafterweise die Saugseite der Förderleitung zur selbsttätigen Entlüftung oberhalb des Entlüftungsventils angeordnet sein.

Alternativ oder zusätzlich kann erfindungsgemäß der Arbeitsraum des Pulsators über das und/oder ein weiteres Entlüftungsventil mit der Druckseite der Förderleitung verbunden sein.

Erfindungsgemäß kann das Entlüftungsventil in Verbindung mit einer Rückführungspumpe zwangsgesteuert, insbesondere zeitlich gesteuert, sein.

Alternativ oder zusätzlich kann erfindungsgemäß der Arbeitsraum des Pulsators über das und/oder ein weiteres Entlüftungsventil mit einem Nachfüllreservoir zum Ausgleich von Leckageschwund in dem Arbeitsraum des Pulsators und/oder der Pendelleitung verbunden sein.

Alternativ oder zusätzlich kann erfindungsgemäß der Arbeitsraum des Pulsators über das und/oder ein weiteres Entlüftungsventil mit einem Sammelbehälter zum Sammeln und zum eventuell späteren Rückführen von bei der Entlüftung austretendem Fördermedium verbunden sein.

Erfindungsgemäß kann das Ventil derart zeit- und/oder druckgesteuert sein, dass es zumindest oberhalb eines bestimmten Druckes geschlossen ist.

Der Pulsator erzeugt im Arbeitsraum einen kontinuierlich abwechselnden Druck mit einer Druckphase und einer Saugphase. Um eine Abschwächung der Strömung aus der Pendelleitung zum Austreiben eventuell eingesaugter Feststoffpartikel zu verhindern, sollte zumindest ab einem bestimmten Druck im Arbeitsraum keine Entlüftung geschehen, um einen, wenn auch eventuell geringen, Druckabfall im Arbeitsraum und damit eine Verringerung der Strömung aus der Pendelleitung zu verhindern.

Erfindungsgemäß kann das Ventil derart zeit- und/oder druckgesteuert sein, dass es zumindest unterhalb eines bestimmten Druckes geschlossen ist.

Alternativ oder zusätzlich sollte eine Entlüftung unterhalb eines bestimmten Drucks im Arbeitsraum des Pulsators vermieden werden, denn durch den, wenn auch geringen Druckabfall würde eine größere Saugleistung und damit eine stärkere Strömung in die Pendelleitung auftreten, was mehr Feststoffpartikel in die Pendelleitung einsaugen könnte. Daher sollte das Ventil zumindest unterhalb eines bestimmten Druckes im Arbeitsraum geschlossen sein.

Vorzugsweise erfolgt die Entlüftung nur in den zeitlichen Bereichen zwischen der Saug- und der Druckphase, wo eine im Wesentlichen geringe oder keine Strömung des Förderfluids in die Pendelleitung erfolgt. Dadurch kann die Strömung von Feststoffpartikeln in die Pendelleitung verhindert werden.

Gemäß einer Ausführung der Erfindung, die mit den oben genannten Merkmalen der genannten Ausführungen der Erfindung zusätzlich ausgebildet sein kann, wird eine Pumpenvorrichtung mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf angegeben, der in einer Förderleitung liegt und dessen

Arbeitsraum mit einem saugseitigen Rückschlagventil und einem druckseitigen Rückschlagventil versehen ist, wobei der Arbeitsraum des Pulsators über eine mit Fördermedium gefüllte Pendelleitung mit dem Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes in einer Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium aus der Förderleitung in den Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes ansaugt oder aus dem Arbeitsraum drückt, wobei die Pumpenvorrichtung ein Nachfüllreservoir zum Nachfüllen von Fördermedium aufweist, das mit einem Druck beaufschlagt ist, der im wesentlichen dem Systemdruck entspricht.

Erfindungsgemäß kann bei allen Ausführungen der Erfindung die Pendelleitung mit einer Kühlung versehen sein.

Erfindungsgemäß kann bei allen Ausführungen der Erfindung der Pulsator oberhalb von dem Hauptpumpenkopf angeordnet sein. Zusätzlich oder alternativ kann erfindungsgemäß die Pendelleitung vom Pulsator zum Hauptpumpenkopf hin fallend ausgerichtet sein. Derartige Ausführungen der Erfindung haben den Vorteil, dass die Schwerkraft zusätzlich einem Eintrag von Feststoffpartikeln durch die Pendelleitung in den Pulsator entgegenwirkt.

Erfindungsgemäß kann die Pendelleitung mit einer Senke als Aufnahme- und Abraum für Feststoffteilchen im Fördermedium versehen sein.

Erfindungsgemäß kann der Arbeitsraum des Pulsators zumindest zeitweise mit einem Ausgleichsmedium zum Ausgleich von Leckageschwund beaufschlagt sein.

Gemäß einer Ausführung der Erfindung, die mit den oben genannten Merkmalen der genannten Ausführungen der Erfindung zusätzlich ausgebildet sein kann, wird eine Pumpenvorrichtung mit einem

Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf angegeben, der in einer Förderleitung liegt und dessen Arbeitsraum mit einem saugseitigen Rückschlagventil und einem druckseitigen Rückschlagventil versehen ist, wobei der Arbeitsraum des Pulsators über eine mit Fördermedium gefüllte Pendelleitung mit dem Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes in einer Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium aus der Förderleitung in den Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes ansaugt oder aus dem Arbeitsraum drückt, wobei die Pendelleitung zumindest in einem Abschnitt in zumindest zwei parallele Teilabschnitte aufgeteilt ist.

Erfindungsgemäß kann die Pendelleitung auch über ihren gesamten Verlauf geteilt sein, d.h. dass beispielsweise zwei oder mehr parallele Pendelleitungen vorgesehen sein können.

Diese Ausführungen der Erfindung haben den Vorteil, dass durch Vorsehen einer entsprechenden Steuerung beispielsweise in der Saugphase die zumindest zwei Teilabschnitte geöffnet werden und in den Druckphasen zumindest ein Teilabschnitt (bei zwei Teilabschnitten vorzugsweise abwechselnd der eine und der andere Teilabschnitt) zumindest teilweise und vorzugsweise vollständig zumindest während eines Teil der Druckphase geschlossen wird, um durch die somit in dem bzw. den anderen Teilabschnitten resultierende höhere Ausströmgeschwindigkeit Ablagerungen von Feststoffteilchen in den Teilabschnitten zu verhindern.

Erfindungsgemäß kann das Volumen der parallel verlaufenden Teilabschnitte der Pendelleitung bzw. das Volumen der parallel verlaufenden Pendelleitungen jeweils zumindest so groß wie oder vorzugsweise größer als das Hubvolumen des Pulsators sein.

Diese Weiterbildung der Erfindung hat den Vorteil, dass ein Austritt von Feststoffteilchen in die verbleibende Pendelleitung und/oder den Pulsator mit großer Wahrscheinlichkeit verhindert werden kann.

Erfindungsgemäß können Steuerventile zum zumindest teilweisen Öffnen und Schließen der Teilabschnitte der Pendelleitung bzw. der parallelen Pendelleitungen vorgesehen sein.

Erfindungsgemäß kann eine Sensorik vorgesehen werden, um die zeitliche Steuerung der Steuerventile mit der jeweiligen Phasenlage der Pulsatormembran zu synchronisieren.

Beispielsweise kann ein Sensor und/oder Schalter vorgesehen werden, der bei zumindest einer Endlage der Membran des Pulsators das Steuerventil schaltet. Alternativ oder zusätzlich kann ein Sensor und/oder Schalter für die andere Membranlage vorgesehen werden, um das Steuerventil zu schalten. Alternativ könnten die Steuerventile auch nur während eines Teils der Druckphase in eine Schließstellung bzw. Teilschließstellung versetzt werden. Denkbar wäre auch während einer Druckphase nacheinander verschiedene Steuerventile zumindest teilweise zu schließen.

Erfindungsgemäß kann die Pendelleitung vorzugsweise im Bereich vor dem Hauptpumpenkopf in mehrere parallel geschaltete Leitungen, vorzugsweise zwei parallel geschaltete Leitungen unterteilt sein, die zumindest teilweise und vorzugsweise vollständig durch ein zeit- und/oder druckgesteuertes Ventil zumindest teilweise verschließbar sind.

Die Zeit- und/oder Drucksteuerung sollte derart eingestellt sein, dass während der Saugphase alle Leitungen möglichst lange offen sind, damit sich die Strömung auf die verschiedenen

parallelen Leitungen verteilt, während in den Druckphasen abwechselnd eine Teilleitung mit dem vollen Druck und damit einer wesentlich höheren Strömungsgeschwindigkeit beaufschlagt wird. Dadurch sollte ein Eintrag von Feststoffteilchen in die Pendelleitung sicher vermieden werden.

Gemäß einer Ausführung der Erfindung, die mit den oben genannten Merkmalen der genannten Ausführungen der Erfindung zusätzlich ausgebildet sein kann, wird eine Pumpenvorrichtung mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf angegeben, der in einer Förderleitung liegt und dessen Arbeitsraum mit einem saugseitigen Rückschlagventil und einem druckseitigen Rückschlagventil versehen ist, wobei der Arbeitsraum des Pulsators über eine mit Fördermedium gefüllte Pendelleitung mit dem Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes in einer Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium aus der Förderleitung in den Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes ansaugt oder aus dem Arbeitsraum drückt, wobei der Hauptpumpenkopf zumindest zwei parallel geschaltete saugseitige Rückschlagventile (16, 161) aufweist.

Diese Ausführung der Erfindung hat den Vorteil, dass während der Druckphase in dem Leitungsabschnitt zwischen den Austritten der beiden saugseitigen Rückschlagventile eine höhere Strömungsgeschwindigkeit erzeugt wird, so dass die Gefahr des Eintritts von Feststoffteilchen in die Pendelleitung aus dem bezogen auf die Strömungsrichtung während der Druckphase stromabwärtigen saugseitigen Rückschlagventil verringert wird.

Erfindungsgemäß kann der Querschnitt der das bezogen auf die Strömungsrichtung während der Druckphase stromabwärtigen saugseitigen Rückschlagventil aufnehmenden Leitung größer als der

Querschnitt der das andere saugseitige Rückschlagventil aufnehmenden Leitung sein.

Das ist die bevorzugte Ausführung dieser erfindungsgemäßen Ausführungsform, denn dann werden mehr Feststoffteilchen durch die Leitung gefördert, die eine erhöhte Sicherheit gegenüber dem Eintrag von Feststoffteilchen in die Pendelleitung bietet. Alternativ könnten die Querschnitte der beiden Leitungen auch gleich groß sein oder mehr als zwei Leitungen und eine entsprechende Anzahl an saugseitigen Rückschlagventilen vorgesehen werden. Auch wäre ein größerer Querschnitt der das bezogen auf die Strömungsrichtung während der Druckphase stromaufwärtigen saugseitigen Rückschlagventil aufnehmenden Leitung denkbar, was immer noch einen wenn auch geringeren Vorteil gegenüber den Ausführungen mit nur einem saugseitigen Rückschlagventil bietet.

Gemäß einer Ausführung der Erfindung, die mit den oben genannten Merkmalen der genannten Ausführungen der Erfindung zusätzlich ausgebildet sein kann, wird eine Pumpenvorrichtung mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf angegeben, der in einer Förderleitung liegt und dessen Arbeitsraum mit einem saugseitigen Rückschlagventil und einem druckseitigen Rückschlagventil versehen ist, wobei der Arbeitsraum des Pulsators über eine mit Fördermedium gefüllte Pendelleitung mit dem Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes in einer Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium aus der Förderleitung in den Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes ansaugt oder aus dem Arbeitsraum drückt, wobei in der Pendelleitung ein Trennkolben angeordnet ist.

Diese Ausführungen der Erfindung haben den Vorteil, dass der Trennkolben Feststoffteilchen daran hindert, durch die

Pendelleitung von dem Hauptpumpenkopf zu dem Pulsator zu gelangen.

Erfindungsgemäß können die genannten Ausführungen der erfindungsgemäßen Pumpenvorrichtung mit einem doppelt wirkenden Pulsator und zwei gegensinnig angesteuerten Pumpenkreisen ausgebildet sein.

Gemäß einer Ausführung der Erfindung, die mit den oben genannten Merkmalen der genannten Ausführungen der Erfindung zusätzlich ausgebildet sein kann, wird eine Pumpenvorrichtung mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf angegeben, der in einer Förderleitung liegt und dessen Arbeitsraum mit einem saugseitigen Rückschlagventil und einem druckseitigen Rückschlagventil versehen ist, wobei der Arbeitsraum des Pulsators über eine mit Fördermedium gefüllte Pendelleitung mit dem Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes in einer Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium aus der Förderleitung in den Arbeitsraum des Hauptpumpenkopfes ansaugt oder aus dem Arbeitsraum drückt, wobei der Pulsator als doppelt wirkender Pulsator ausgebildet ist, dessen eine Seite als Antriebselement für den Hauptpumpenkopf ausgebildet ist, und dessen andere Seite mit einem Druck beaufschlagt ist, der im Wesentlichen dem Systemdruck entspricht.

Derartige Ausführungen der Erfindung mit einem doppelt wirkenden Pulsator zum Antrieb von zwei gegenseitig angesteuerten Pumpenkreisen werden bevorzugt, denn dadurch kann eine gleichmäßige Förderung erreicht werden. Weiterhin kann der Pulsator bei hohen Saugdrücken von beispielsweise 250 bar mit einem für wesentlich geringere Drücke ausgelegten Antrieb angetrieben werden, wenn beispielsweise ein doppelt wirkender

Kolben verwendet wird, der nur den Differenzdruck zwischen dem Druck während der Druckphase in der einen Pulsatorhälfte und dem Druck während der Saugphase in der jeweils anderen Pulsatorhälfte überwinden muss. Dieser Vorteil gilt auch für doppelt wirkende Pulsatoren zum Antrieb von nur einem Pumpenkreis, wenn die andere Seite des Pulsators, die nicht den Pumpenkreis antreibt, mit Druck beaufschlagt wird. Vorteilhafterweise ist dann bei Ausführungen der Erfindung mit einem Nachfüllreservoir für den bzw. die Membransteuerräume des Pulsators, das Nachfüllreservoir mit einem Druck beaufschlagt, der ungefähr dem Systemdruck entspricht, damit der Antrieb auch beim Nachfüllvorgang, der ventilgesteuert stattfindet, wenn die Membran ihre hintere mechanische Anlage erreicht, nicht einem höheren Druck als dem Differenzdruck zwischen Saug- und Druckphase ausgesetzt wird und somit nicht größer dimensioniert werden muss, und die Membran auch nicht an den Anströmkanälen ihrer hinteren mechanischen Anlage zerstört wird.

Erfindungsgemäß kann in dem Pulsator eine membranlagengesteuerte Nachfüll- und/oder Entlüftungsvorrichtung für Hydraulikflüssigkeit vorgesehen werden, wie sie beispielsweise aus der EP 0 085 725 A1 bekannt ist.

Erfindungsgemäß kann Ausgleichsmedium zum Ausgleich von Leckageschwund in dem Membransteuerraum in einem Nachfüllreservoir vorhanden sein, dass über ein Ventil mit dem Membransteuerraum verbunden ist, wobei das Nachfüllreservoir mit einem Druck beaufschlagt ist, der höher als der Atmosphärendruck ist.

Diese Ausführung der Erfindung hat den Vorteil, dass der Pulsator mit einem Antrieb (z.B. hydraulisch, mechanisch und/oder pneumatisch, z.B. ein Kolbentrieb) angetrieben werden

kann, dessen Leistung nur den Druckunterschied zwischen der Saug- und der Druckseite überwinden muss. Außerdem kann durch eine Druckbeaufschlagung des Nachfüllreservoirs für den Leckageschwundausgleich im Membransteuerraum ein Stoß auf den Antrieb, beispielsweise den Kolben verhindert werden.

Vorteilhafterweise kann dieser Druck im Nachfüllreservoir etwa dem Systemdruck entsprechen. Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann eine mittels Regelkreis dem Systemdruck angepasste Druckregelung im Nachfüllreservoir vorgesehen werden, wie es beispielsweise in der EP 1 898 093 A1 beschrieben ist.

Erfindungsgemäß kann der Pulsator in Membran- oder Schlauchmembranbauweise ausgeführt sein.

Erfindungsgemäß kann der Pulsator in Kolben- oder Plungerbauweise ausgeführt sein.

Ein Grundgedanke der Erfindung liegt somit auch darin, dass der Pulsator einen Hauptpumpenkopf beaufschlagt, der prinzipiell wie ein Kolbenpumpenkopf ausgebildet ist, ohne dass jedoch ein Kolben erforderlich ist. Auf diese Weise kann als Pumpenkopf ein für hohe Temperaturen und Drücke geeignetes Standardbauteil verwendet werden, welches durch die Kombination mit einem Standard-Membranpulsator insgesamt eine kostengünstige Alternative zu den bekannten Lösungen darstellt, wobei das Prinzip einer "Remote Head"-Pumpe beibehalten wird. Der Verschleiß wird ferner dadurch verringert, dass eventuell im Fördermedium vorhandene Partikel nicht mit dem Arbeitsraum des Pulsators in Berührung kommen, da die Flüssigkeit in der Pendelleitung nur im Umfang des Pumpenhubs hin und her bewegt wird, und sich nur geringfügig mit frisch angesaugter Flüssigkeit mischt. Der Pulsator kann in Membran- oder Schlauchmembranbauweise sowie in Kolben- oder

Plungerbauweise ausgeführt sein. Wenn es sich bei dem Pulsator um einen Membranpulsator handelt, gelangen Partikel nicht zur Membran. Da auch hohe Temperaturen im Fördermedium im Verlauf der Pendelleitung abnehmen, können Membranpulsatoren mit kostengünstigen Kunststoff-Membranen, beispielsweise aus PTFE, auch bei hohen Drücken und hohen Temperaturen in der Förderleitung eingesetzt werden. Daher sind erfindungsgemäße Pumpenvorrichtungen besonders gut zum Fördern von Biomasse bei der Herstellung von Biokraftstoff geeignet.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass sich aufgrund der Entlüftung Gase aus dem Fördermedium oder Lufteinschlüsse nicht in dem Pumpenraum des Pulsators ansammeln können, sondern in den Prozess zurück geführt werden. Bevorzugt liegt der Eintritt in die saugseitige Förderleitung zu diesem Zweck oberhalb des Entlüftungsventils, so dass die Gase selbsttätig aus dem Arbeitsraum austreten. Alternativ kann eine Zwangsentlüftung, beispielsweise mit einem zeit- und/oder druckgesteuerten Ventil vorhanden sein.

Um den Membranpulsator noch weiter temperaturmäßig zu entlasten, besteht eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung darin, dass die Pendelleitung mit einer Kühlung versehen ist.

Es erweist sich ferner als vorteilhaft, dass die Pendelleitung von dem Membranpulsator zum Hauptpumpenkopf hin fallend ausgerichtet ist. Die Partikel verbleiben somit im Bereich des Hauptpumpenkopfes und werden in die Förderleitung zurückgeführt.

Alternativ kann es vorteilhaft sein, dass die Pendelleitung mit einer Senke als Aufnahmeraum für Feststoffteilchen im Fördermedium versehen ist. Es wird also in der Pendelleitung ein Bereich vorgesehen, der unterhalb des Arbeitsraums des

Membranpulsators liegt, so dass die Partikel sich aufgrund der Schwerkraft dort ansammeln und nicht in den Arbeitsraum des Pulsators gelangen.

Es ist zweckmäßig, dass der Arbeitsraum des Pulsators mit einem Ausgleichsmedium zum Ausgleich von Leckageschwund beaufschlagt ist, so dass ein Durchströmen der Pendelleitung und ein Wandern von Feststoffteilchen zum Pulsator verhindert werden.

Um den Pulsator noch weiter gegen Feststoffteilchen aus dem Fördermedium zu schützen, besteht eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung darin, in der Pendelleitung einen Trennkolben anzuordnen. Durch diese Maßnahme wird der dem Pulsator zugeordnete Teil der Pendelleitung von dem Teil getrennt, welcher dem Hauptpumpenkopf zugeordnet ist.

Eine geringe Antriebsleistung wird dadurch erreicht, dass ein doppelt wirkender Pulsator und zwei gegensinnig angesteuerte Pumpenkreise vorhanden sind, was besonders beim Einsatz bei Rezirkulationsprozessen mit hohen Saugdrücken vorteilhaft ist.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen weiter erläutert. Es zeigen schematisch:

Fig. 1 einen Vertikalschnitt durch eine erste Ausführung einer Pumpenvorrichtung;

Fig. 1A einen der Fig. 1 entsprechenden Vertikalschnitt durch eine weitere erfindungsgemäße Pumpenvorrichtung mit einem doppelt wirkenden Pulsator und zwei gegensinnig angesteuerten Pumpenkreisen.

Fig. 2 ein Schaltbild einer aus zwei Pumpenvorrichtungen nach Fig. 1 zusammengesetzten Pumpenkonfiguration gemäß der Erfindung;

Fig. 3 Merkmale weiterer Ausführungen einer erfindungsgemäßen Pumpenvorrichtung.

Fig. 4 ein Fig. 2 entsprechendes Schaltbild einer alternativen erfindungsgemäßen Pumpenkonfiguration;

Fig. 5 ein Fig. 2 entsprechendes Schaltbild einer weiteren alternativen erfindungsgemäßen Pumpenkonfiguration;

Fig. 6 ein Fig. 2 entsprechendes Schaltbild einer weiteren alternativen erfindungsgemäßen Pumpenkonfiguration;

Fig. 7 ein Fig. 2 entsprechendes Schaltbild einer weiteren alternativen erfindungsgemäßen Pumpenkonfiguration;

Fig. 8 Merkmale weiterer Ausführungen einer erfindungsgemäßen Pumpenvorrichtung.

Fig. 9 Merkmale weiterer Ausführungen einer erfindungsgemäßen Pumpenvorrichtung.

Fig. 10 ein Schaltbild einer aus zwei Pumpenvorrichtungen nach Fig. 1 zusammengesetzten Pumpenkonfiguration gemäß der Erfindung;

Fig. 11 ein p-V-Diagramm des zeitlichen Verlaufs des Drucks der Pumpe über dem Hubvolumen mit einer Angabe einer möglichen Nachfüllung während der Druckphase.

Fig. 12 ein p-V-Diagramm des zeitlichen Verlaufs des Drucks der Pumpe über dem Hubvolumen mit einer Angabe einer möglichen Nachfüllung während der Saugphase.

In der Beschreibung der Ausführungsbeispiele werden folgende Bezugszeichen verwendet:

- 1 Pumpenvorrichtung
- 4 Anschluss (für ein Nachfüllreservoir)
- 5 Druckseite (der Förderleitung)
- 6 Förderrichtung
- 7 Anschluss (für die Pendelleitung)
- 8 Anschluss (für eine Entlüftung)
- 9 Entlüftungsventil
- 10 Membranpulsator
- 11 Hauptpumpenkopf
- 12 Pendelleitung
- 12' Pendelleitung
- 121 Teilabschnitt der Pendelleitung
- 122 Teilabschnitt der Pendelleitung
 (parallel geschaltet zu Teilabschnitt 121 der Pendelleitung)
- 123 Steuerventil
 (vorzugsweise ein druck- oder zeitgesteuertes Absperrventil)
- 124 Steuerventil
 (vorzugsweise ein druck- oder zeitgesteuertes Absperrventil)
- 13 Eingang
- 14 Ausgang
- 15 Saugseite (der Förderleitung)
- 16 saugseitiges Rückschlagventil
- 161 saugseitiges Rückschlagventil
 (parallel geschaltet zu saugseitigem Rückschlagventil 16)
- 17 druckseitiges Rückschlagventil
- 18 Arbeitsraum (des Hauptpumpenkopfes)

- 20 Arbeitsraum (der Membranpulsator)
- 21 Förderflüssigkeit
- 22 Steuereingang (des Hauptpumpenkopfes)
- 23 Kühlmantel
- 24 Feststoffteilchen
- 25 Abschnitt (in der Pendelleitung)
- 26 Membran
- 27 Membransteuerraum
- 28 Kolben
- 281 Scheibe
- 29 Motor
- 30 Nachfüllreservoir
- 31 Ventil
- 32 Trennkolben
- 33 Bereich (auf Seite des Hauptpumpenkopfes)
- 34 Bereich (auf Seite des Membranpulsators)
- 35 Verschieberichtung Trennkolben
- 36 Sammelbehälter
- 37 Nachfüllventil des Membransteuerraums
- 38 Hydraulikpumpe
- 39 Entlüftungsventil des Membransteuerraums

Gemäß Fig. 1 weist eine Pumpenvorrichtung 1 eine als Pulsator dienenden Membranpulsator 10, einen Hauptpumpenkopf 11 und eine Pendelleitung 12 auf. Der Hauptpumpenkopf 11 hat einen Eingang 13 und einen Ausgang 14 zum Einbau in eine Förderleitung, deren Druckseite mit 5 und deren Saugseite mit 15 bezeichnet sind. Eingangsseitig (saugseitig) ist ein saugseitiges Rückschlagventil 16 und ausgangseitig (druckseitig) ein druckseitiges Rückschlagventil 17 vorhanden. Die Förderrichtung ist mit Pfeil 6 gekennzeichnet.

Konstruktiv entspricht der Hauptpumpenkopf 11 zwar einem Pumpenkopf einer Kolbenpumpe. Er weist jedoch keinen Kolben auf. Sein Arbeitsraum 18 ist vielmehr unmittelbar über die Pendelleitung 12 mit einem Arbeitsraum 20 des Membranpulsators 10 verbunden. Der Membranpulsator 10 ist mit einem Anschluss 7 für die Pendelleitung 12 versehen. Weiterhin ist ein Anschluss 8 für eine Entlüftung mit einem Entlüftungsventil 9 (Fig. 2) und ein Anschluss 4 für ein Nachfüllreservoir 30 (Fig. 2) vorhanden. Somit bewirkt der oszillierende Hub des Membranpulsators 10 über die Flüssigkeitssäule in der Pendelleitung 12 die Förderung im Hauptpumpenkopf 11.

Die Pendelleitung 12 ist mit Förderflüssigkeit 21 gefüllt. Sie führt über einen Steuereingang 22 des Hauptpumpenkopfes 11 zum Arbeitsraum 20 des Membranpulsators 10. Die Pendelleitung 12 ist mit einer Kühlung versehen, die von einem mit Kühlflüssigkeit beaufschlagten Kühlmantel 23 gebildet wird. Auf diese Weise kann eine Temperaturabsenkung von beispielsweise ca. 360 °C am Hauptpumpenkopf 11, wie sie typischerweise die zu fördernde Biomasse bei der Bio-Kraftstoffherstellung aufweist, auf ca. 100 °C an dem Membranpulsator 10 vorgenommen werden.

Da die Pendelleitung 12 die Förderflüssigkeit 21 enthält, welche auch Feststoffteilchen 24 aufweisen kann, ist ein Abschnitt 25 in der Pendelleitung 12 vorhanden, der von dem Membranpulsator 10 zum Hauptpumpenkopf 11 hin abfällt, und der unmittelbar in den Arbeitsraum 18 des Hauptpumpenkopfes 11 mündet. An ihrer tiefsten Stelle liegt die Pendelleitung 12 somit auf dem Niveau des Arbeitsraums 18 des Hauptpumpenkopfes 11. Die Feststoffteilchen 24 verbleiben dadurch aufgrund der Schwerkraft im Arbeitsraum 18 des Hauptpumpenkopfes 11 und gelangen nicht in den Arbeitsraum 20 des Membranpulsators 10. Sie werden vielmehr der druckseitigen Förderleitung 5 zugeführt.

Der Membranpulsator 10 weist eine Membran 26 auf, die hydraulisch über einen Membransteuerraum 27 angesteuert wird. Als Membranwerkstoff eignet sich vorzugsweise PTFE. Alternativ können auch Elastomere, metallische Werkstoffe oder Verbundwerkstoffe eingesetzt werden. Der Membransteuerraum 27 wird mit einem Kolben 28 beaufschlagt, der mechanisch, z.B. von einem Motor 29 (Fig. 2), und/oder hydraulisch und/oder pneumatisch angetrieben wird, beispielsweise durch wechselweise Druckbeaufschlagung der Kammern neben der Scheibe 281. Zum Ausgleich von Leckagen ist ein mit einem Ausgleichsmedium gefülltes Nachfüllreservoir 30 vorhanden, das über ein gesteuertes Ventil 31 (Fig. 2) Ausgleichsmedium in den Arbeitsraum 20 des Membranpulsators 10 abgibt. Die Zuführung ist in Fig. 2 mit 4 bezeichnet.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 1 und Fig. 2 wird nachfolgend die Funktion der Pumpenvorrichtung beschrieben. Die in Fig. 2 dargestellte Konfiguration weist einen doppelt wirkenden Pulsator mit zwei Pumpenvorrichtungen, wie sie in Fig. 1 veranschaulicht sind, auf. Die Pumpenvorrichtungen sind in zwei gegensinnig angesteuerten Zweigen A, B parallel geschaltet. Zunächst wird ein Pumpvorgang anhand eines Zweiges beschrieben. In einem Ausgangszustand ist der Kolben 28 in die Membransteuerrammer 27 eingefahren und die Membran 26 ist in den Arbeitsraum 20 des Membranpulsators 10 ausgebaucht. Die Pendelleitung 12 und der Arbeitsraum 18 des Hauptpumpenkopfes 11 sind mit Förderflüssigkeit vollständig gefüllt. Das saugseitige Rückschlagventil 16 und das Druckseitige Rückschlagventil 17 sind geschlossen.

Wird der Kolben 28 ausgefahren, bewirkt dies ein Abflachen der Membran 26 und einen Unterdruck im Arbeitsraum 20 des Membranpulsators 10. Der Unterdruck wirkt über die Pendelleitung

12 im Arbeitsraum 18 des Hauptpumpenkopfes 11, so dass das saugseitige Rückschlagventil 16 öffnet und Förderflüssigkeit 21 von der Saugseite 15 der Förderleitung angesaugt wird. Beim folgenden entgegengesetzten Hub des Kolbens 28 wird beim Ausbauchen der Membran 26 Druck im Arbeitsraum 20 des Membranpulsators 10 erzeugt, der über die Pendelleitung 12 auf den Arbeitsraum 18 des Hauptpumpenkopfes 11 wirkt. Der Druck bewirkt ein Schließen des saugseitigen Rückschlagventils 16 und ein Öffnen des druckseitigen Rückschlagventils 17, so dass Förderflüssigkeit 21 in die Druckseite 5 der Förderleitung gepumpt wird. Durch oszillierende Bewegung des Kolbens 28 erfolgt auf diese Weise eine kontinuierliche Förderung.

Durch die gegensinnige Ansteuerung zweier Hauptpumpenköpfe 11 mittels doppelt wirkendem Pulsator 10, der vorzugsweise in Membranbauart ausgeführt ist, überlagern sich die Pump- und Saugvorgänge mit den zwei Kreisen A und B derart, dass insbesondere bei Rezirkulationsprozessen mit hohem Systemdruck und relativ niedrigem Differenzdruck zwischen Saug- und Druckleitung nur eine geringe Leistung für den Antrieb erforderlich ist. Alternativ kann jeder Hauptpumpenkopf 11 mit einem einfach wirkenden Pulsator gleich- oder gegensinnig angesteuert werden.

In Fig. 3 ist als Einzelheit eines zweiten Ausführungsbeispiels ein Abschnitt einer Pendelleitung 12' veranschaulicht. Zur Trennung der Flüssigkeitssäule in der Pendelleitung 12' ist ein gemäß Doppelpfeil 35 längsverschiebbar gelagerter Trennkolben 32 in der Pendelleitung 12' angeordnet. Eventuell vorhandene Feststoffteilchen 24 verbleiben dadurch in einem Bereich 33 auf Seiten des Hauptpumpenkopfes 11 und können nicht in einen Bereich 34 auf Seiten des Membranpulsators gelangen.

Fig. 1A zeigt eine Ausführungsform mit einem doppelt wirkenden Pulsator. Fig. 1A entspricht im Wesentlichen der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform, wobei die Pumpenvorrichtung von Fig. 1 im Grunde zweimal vorhanden ist und von einem gemeinsamen Kolben 28 angetrieben wird. Der doppelt wirkende Pulsator ist in Fig. 1 A extrem vereinfacht dargestellt, d.h. ohne Antrieb und ohne Hydraulikreservoirs und deren druckbeaufschlagten Nachfüllventile. Der doppelt wirkende Kolben 28 beschreibt eine Endlagenposition (rechts ist die Membran 26 ausgebaucht, d.h. der Druckhub bzw. die Druckphase ist abgeschlossen; links ist die Membran 26 abgeflacht, d.h. der Saughub bzw. die Saugphase ist abgeschlossen).

Die in den Figuren 2, 4, 5 und 6 gezeigten Ausführungen der Erfindung unterscheiden sich im Wesentlichen nur durch die unterschiedliche Entlüftung bzw. Nachfüllung. Gleiche Bauteile und Merkmale werden mit gleichen Bezugszeichen beschrieben. Betreffend der Ausführungsbeispiele der Figuren 4, 5 und 6 wird daher auf die obige Beschreibung des Ausführungsbeispiels von Fig. 2 verwiesen und im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dieser Ausführungsform der Erfindung beschrieben.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform mit Entlüftung in die Saugleitung 15. Die Nachfüllung erfolgt aus einem Druckspeicher 30 (mit Gaspolster) zeit- bzw. druckgesteuert während des Druckhubes des Pulsators. Das verwendete Schaltzeichen für das Ventil 31 beschreibt ein gesteuertes Rückschlagventil, bei dem das Schließen bei Ansteuerung verhindert wird. Der Druck im Nachfüllspeicher 30 muss größer sein als der Systemdruck. Der Nachfüllvolumenstrom muss größer/gleich dem Leckagestrom des Entlüftungsvorgangs sein. Eine Folgeregelung des Speicherdrucks in Abhängigkeit des sich verändernden Systemdrucks ist

empfehlenswert. Notfalls ist auch eine manuelle Steuerung möglich.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform mit Entlüftung in die Druckleitung 5. Die Nachfüllung erfolgt aus einem Druckspeicher 30 (mit Gaspolster) zeit- bzw. druckgesteuert während des Saughubes des Pulsators. Das verwendete Schaltzeichen für das Ventil 31 beschreibt ein gesteuertes Rückschlagventil, bei dem das Öffnen bei Ansteuerung verhindert wird. Der Druck im Nachfüllspeicher 30 muss größer sein als der Saugdruck. Der Nachfüllvolumenstrom muss größer/gleich dem Leckagestrom des Entlüftungsvorgangs sein. Eine Folgeregelung des Speicherdrucks in Abhängigkeit des sich verändernden Saugdrucks ist empfehlenswert. Notfalls ist auch eine manuelle Steuerung möglich.

Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform mit einer Entlüftung in das Nachfüllreservoir 30. Die Nachfüllung erfolgt aus einem Druckspeicher 30 (mit Gaspolster) zeitlich gesteuert. Das Symbol für das Nachfüllventil 31 zeigt keine spezifische Funktion.

Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform mit Entlüftung in einen beliebigen Speicher- oder Sammelbehälter 36. Die Nachfüllung erfolgt aus einem Druckspeicher 30 (mit Gaspolster) zeitlich gesteuert. Das Symbol für das Nachfüllventil 31 zeigt keine spezifische Funktion.

Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung einer Pumpenvorrichtung mit einem einfach wirkenden Pulsator. Die Entlüftung bzw. Nachfüllung kann entsprechend den oben genannten Ausführungsformen der Erfindung beispielsweise gemäß Fig. 2, Fig. 4, Fig. 5 oder Fig. 6 erfolgen. Beispielhaft ist die

Entlüftung in die Druckleitung 5 als eine der möglichen Varianten dargestellt.

Bei der Ausführungsform von Fig. 7 könnte anstelle des einfach wirkenden Pulsators auch ein doppelt wirkender Pulsator verwendet werden, dessen nicht verwendete Seite mit einem Druck beaufschlagt wird, der in etwa dem Systemdruck entspricht, beispielsweise mittels eines Druckspeichers. Damit könnten die Vorteile eines druckbeaufschlagten Nachfüllmediums zum Nachfüllen in den Membransteuerraum ausgenutzt werden. Außerdem ergibt sich durch die Druckbeaufschlagung der nicht genutzten Seite des doppelt wirkenden Pulsators der Vorteil, dass ein geringer dimensionierter Antrieb eingesetzt werden kann, wenn hohe Drücke von beispielsweise 250 bar von dem durch den Pulsator getriebenen Pumpenkopf überwunden werden müssen.

Fig. 8 zeigt eine mögliche Ausbildung des Hauptpumpenkopfs 11 erfindungsgemäßer Pumpenvorrichtungen. Auf der Ansaugseite des Hauptpumpenkopfs sind zwei saugseitige Rückschlagventile 16, 161 vorgesehen, die auch eine unterschiedliche Größe aufweisen können. Diese Ausführung hat den Vorteil, dass während des Druckhubes des Pulsators in dem Leitungsabschnitt zwischen den beiden saugseitigen Rückschlagventilen eine höhere Strömungsgeschwindigkeit erzeugt wird.

Die Pendelleitung 12 weist ein Gefälle hin zu den saugseitigen Rückschlagventilen 161, 16 auf. Beim Ansaugen verteilt sich der Saugstrom entsprechend der Querschnittsverhältnisse auf die saugseitigen Rückschlagventile 161 und 16. Dadurch wird beim Saugen erreicht, dass im Pendelleitungsabschnitt zwischen diesen beiden saugseitigen Rückschlagventilen eine geringere Strömung stattfindet, als sie

wäre, wenn die gesamte Ansaugmenge nur durch das saugseitige Rückschlagventil 16 angesaugt würde.

Im Druckhub fließt durch die Pendelleitung die gesamte Fördermenge der Pumpe. Dies führt dazu, dass man eine Strömung durch die Pendelleitung erhält, die in der Summe stärker zum saugseitigen Rückschlagventil 16 gerichtet ist.

Diese Strömung könnte dafür sorgen, dass die Ablagerungen vom Hauptstrom eher immer wieder zurückgefördert werden.

Fig. 9 zeigt eine mögliche Ausbildung der Pendelleitung 12 erfindungsgemäßer Pumpenvorrichtungen. Die Pendelleitung ist zumindest in einem Abschnitt in mindestens 2 Teilabschnitte 121, 122 aufgeteilt, die mit Hilfe gesteuerter Absperrventile 123, 124 in den Saugphasen gleichzeitig zum Ansaugen genutzt werden und in den Druckphasen wechselweise jeweils geöffnet und geschlossen werden können, um durch die somit erzeugte höhere Ausströmgeschwindigkeit in den Teilabschnitten 121, 122 Ablagerungen der Feststoffpartikel zu verhindern.

Das Füllvolumen eines jeden Teilabschnitts 121, 122 sollte vorzugsweise mindestens genauso groß wie und vorzugsweise größer als das Hubvolumen des Pulsators sein. Dadurch wird verhindert, dass Feststoffpartikel durch das wechselweise Verschließen in der Druckphase hinter die steuernden Ventile gelangen.

Bei einem ersten Saugvorgang würde so jeder Teilabschnitt zunächst maximal bis zur Hälfte seines Volumens mit Partikeln gefüllt. Der anschließend verschlossene Teilabschnitt würde diesen Zustand möglicherweise behalten. Beim erneuten Saugvorgang würde der Teilabschnitt dann maximal komplett mit

Partikeln gefüllt sein, bevor in der Druckphase eine vollständige Ausspülung erfolgen würde.

Bei der in Fig. 9 gezeigten Ausführung sind zeitlich gesteuerte Absperrventile 123, 124 vorgesehen, die mit Hilfe von Sensorik exakt mit der jeweiligen Phasenlage der Pulsatormembran synchronisiert werden sollten.

Fig. 10 zeigt eine weitere Ausführung der Erfindung. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Es wird auf die Beschreibung der oben genannten Ausführungen verwiesen. In Fig. 10 ist der Pulsator etwas detaillierter dargestellt, wobei der Antrieb für den doppelt wirkenden Kolben 28 nicht dargestellt ist. Detaillierter ist insbesondere der Verlauf der Hydraulikkanäle des doppelt wirkenden Pulsators dargestellt.

Die Pumpenvorrichtung von Fig. 10 weist zwei Nachfüllventile 37 des Membransteuerraums auf, die vorzugsweise mit einem Druck beaufschlagt sind, der in etwa dem Systemdruck entspricht. Der Druck wird von einer Hydraulikpumpe 38 zur Verfügung gestellt. Des Weiteren sind zwei Entlüftungsventile 39 zur Entlüftung der Membransteuerräume vorgesehen.

Die Figuren 11 und 12 zeigen schematische PV-Diagramme, die den zeitlichen Verlauf des Pumpendrucks über dem Hubvolumen darstellen. Beginnend am Punkt auf der linken Seite unten sieht man hier sehr gut die steile Flanke des Druckanstiegs während der Kompressionsphase, die Druckschwingungen aufgrund der Ventilkinematik, das Ausschieben des Hubvolumens (höchster Druck bei max. Kolbengeschwindigkeit), sowie die ebenfalls steile Dekompressionsphase sowie die Ansaugphase. (Anmerkung: Vorliegend wurde in beiden Figuren aus Anschauungsgründen der Kreisprozess im Uhrzeigersinn dargestellt.)

Die gestrichelte Linie in Fig. 11 zeigt das erforderliche Druckniveau und ein mögliches Zeitfenster für einen gesteuerten Leckagenachfüllvorgang während des Druckhubes. Der sich einstellende mittlere Arbeitsdruck des Pulsators im Druckhub (pD) ist etwas größer als der Systemdruck.

Die gestrichelte Linie in Fig. 12 zeigt das erforderliche Druckniveau und ein mögliches Zeitfenster für einen gesteuerten Leckagenachfüllvorgang während des Saughubes. Bei einer Nachfüllung während des Saughubes ist es ausreichend, wenn das Druckniveau etwas über dem Saugdruck liegt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Pumpenvorrichtung (1) mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf (11), der in einer Förderleitung (15) liegt und dessen Arbeitsraum (18) mit einem saugseitigen Rückschlagventil (16) und einem druckseitigen Rückschlagventil (17) versehen ist, wobei der Arbeitsraum (20) des Pulsators über eine mit Fördermedium (21) gefüllte Pendelleitung (12) mit dem Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) in der Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium (21) aus der Förderleitung (15) in den Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) ansaugt oder aus dem Arbeitsraum (18) drückt, wobei ein Entlüftungsventil (9) zur Entlüftung des Arbeitsraums (20) des Pulsators vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Entlüftungsventil (9) ein zeitgesteuertes Ventil und/oder ein druckgesteuertes Doppelsitzventil ist und/oder dass eine Vorrichtung zum Einleiten einer Flüssigkeit in den Arbeitsraum des Pulsators und/oder die Pendelleitung (12) vorgesehen ist.
2. Pumpenvorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsraum (20) des Pulsators über das und/oder ein weiteres Entlüftungsventil (9) mit der Saugseite (15) der Förderleitung verbunden ist.
3. Pumpenvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

der Arbeitsraum (20) des Pulsators über das und/oder ein weiteres Entlüftungsventil (9) mit der Druckseite (5) der Förderleitung verbunden ist.

4. Pumpenvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Arbeitsraum (20) des Pulsators über das und/oder ein weiteres Entlüftungsventil (9) mit einem Nachfüllreservoir (30) zum Ausgleich von Leckageschwund in dem Arbeitsraum (20) des Pulsators und/oder der Pendelleitung (12) verbunden ist.
5. Pumpenvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Arbeitsraum (20) des Pulsators über das und/oder ein weiteres Entlüftungsventil (9) mit einem Sammelbehälter (36) zum Sammeln und zum eventuell späteren Rückführen von bei der Entlüftung austretenden Fördermediums (21) verbunden ist.
6. Pumpenvorrichtung (1), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf (11), der in einer Förderleitung (15) liegt und dessen Arbeitsraum (18) mit einem saugseitigen Rückschlagventil (16) und einem druckseitigen Rückschlagventil (17) versehen ist, wobei der Arbeitsraum (20) des Pulsators über eine mit Fördermedium (21) gefüllte Pendelleitung (12) mit dem Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) in der Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium (21) aus der Förderleitung (15) in den Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) ansaugt oder aus dem Arbeitsraum (18) drückt,

dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpenvorrichtung ein Nachfüllreservoir zum Nachfüllen von Fördermedium aufweist, das mit einem Druck beaufschlagt ist, der im Wesentlichen dem Systemdruck entspricht.

7. Pumpenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pendelleitung mit einer Kühlung versehen ist.
8. Pumpenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pulsator oberhalb von dem Hauptpumpenkopf angeordnet ist.
9. Pumpenvorrichtung (1), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf (11), der in einer Förderleitung (15) liegt und dessen Arbeitsraum (18) mit einem saugseitigen Rückschlagventil (16) und einem druckseitigen Rückschlagventil (17) versehen ist, wobei der Arbeitsraum (20) des Pulsators über eine mit Fördermedium (21) gefüllte Pendelleitung (12) mit dem Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) in der Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium (21) aus der Förderleitung (15) in den Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) ansaugt oder aus dem Arbeitsraum (18) drückt,

dadurch gekennzeichnet, dass die Pendelleitung (12) zumindest in einem Abschnitt in zumindest zwei parallele Teilabschnitte (121, 122) aufgeteilt ist.

10. Pumpenvorrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Volumen der parallel verlaufenden Teilabschnitte (121, 122) der Pendelleitung (12) bzw. das Volumen der parallel verlaufenden Pendelleitungen (121), 122) jeweils zumindest so groß wie oder vorzugsweise größer als das Hubvolumen des Pulsators ist.
11. Pumpenvorrichtung (1) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass Steuerventile (123, 124) zum zumindest teilweisen Öffnen und Schließen der Teilabschnitte (121, 122) der Pendelleitung (12) bzw. der parallelen Pendelleitungen vorgesehen sind.
12. Pumpenvorrichtung (1), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf (11), der in einer Förderleitung (15) liegt und dessen Arbeitsraum (18) mit einem saugseitigen Rückschlagventil (16) und einem druckseitigen Rückschlagventil (17) versehen ist, wobei der Arbeitsraum (20) des Pulsators über eine mit Fördermedium (21) gefüllte Pendelleitung (12) mit dem Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) in der Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium (21) aus der Förderleitung (15) in den Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) ansaugt oder aus dem Arbeitsraum (18) drückt,

dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptpumpenkopf zumindest zwei parallel geschaltete saugseitige Rückschlagventile (16, 161) aufweist.
13. Pumpenvorrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der das bezogen

auf die Strömungsrichtung während der Druckphase stromabwärtigen saugseitigen Rückschlagventil aufnehmenden Leitung größer als der Querschnitt der das andere saugseitige Rückschlagventil aufnehmenden Leitung ist.

14. Pumpenvorrichtung (1), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf (11), der in einer Förderleitung (15) liegt und dessen Arbeitsraum (18) mit einem saugseitigen Rückschlagventil (16) und einem druckseitigen Rückschlagventil (17) versehen ist, wobei der Arbeitsraum (20) des Pulsators über eine mit Fördermedium (21) gefüllte Pendelleitung (12) mit dem Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) in der Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium (21) aus der Förderleitung (15) in den Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) ansaugt oder aus dem Arbeitsraum (18) drückt,

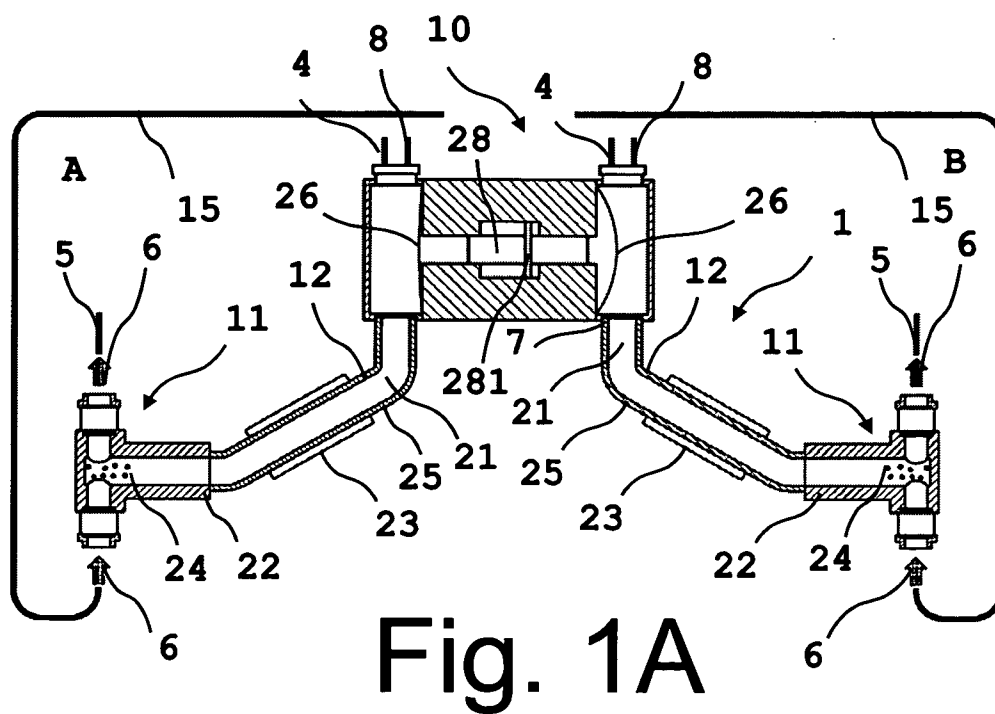
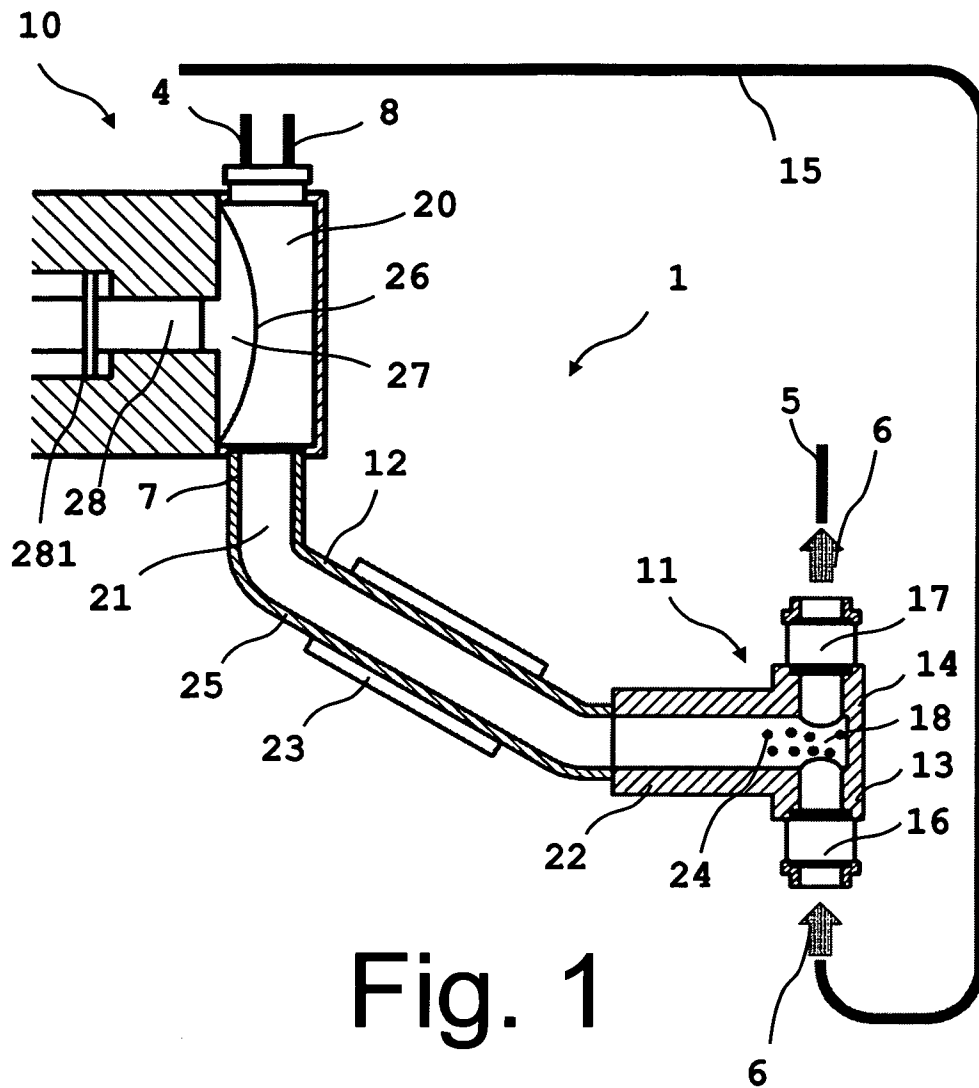
dadurch gekennzeichnet, dass in der Pendelleitung (12') ein Trennkolben (32) angeordnet ist.

15. Pumpenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einem doppelt wirkenden Pulsator und zwei gegenseitig angesteuerten Pumpenkreisen (A, B) ausgebildet ist.
16. Pumpenvorrichtung (1), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Pulsator als Antriebselement für einen Hauptpumpenkopf (11), der in einer Förderleitung (15) liegt und dessen Arbeitsraum (18) mit einem saugseitigen Rückschlagventil (16) und einem druckseitigen Rückschlagventil (17) versehen ist,

wobei der Arbeitsraum (20) des Pulsators über eine mit Fördermedium (21) gefüllte Pendelleitung (12) mit dem Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) in der Weise in Verbindung steht, dass der Pulsator oszillierend Fördermedium (21) aus der Förderleitung (15) in den Arbeitsraum (18) des Hauptpumpenkopfes (11) ansaugt oder aus dem Arbeitsraum (18) drückt,

dadurch gekennzeichnet, dass der Pulsator als doppelt wirkender Pulsator ausgebildet ist, dessen eine Seite als Antriebselement für den Hauptpumpenkopf (11) ausgebildet ist, und dessen andere Seite mit einem Druck beaufschlagt ist, der im Wesentlichen dem Systemdruck entspricht.

17. Pumpenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pulsator in Membran- oder Schlauchmembranbauweise ausgeführt ist.
18. Pumpenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Pulsator in Kolben- oder Plungerbauweise ausgeführt ist.



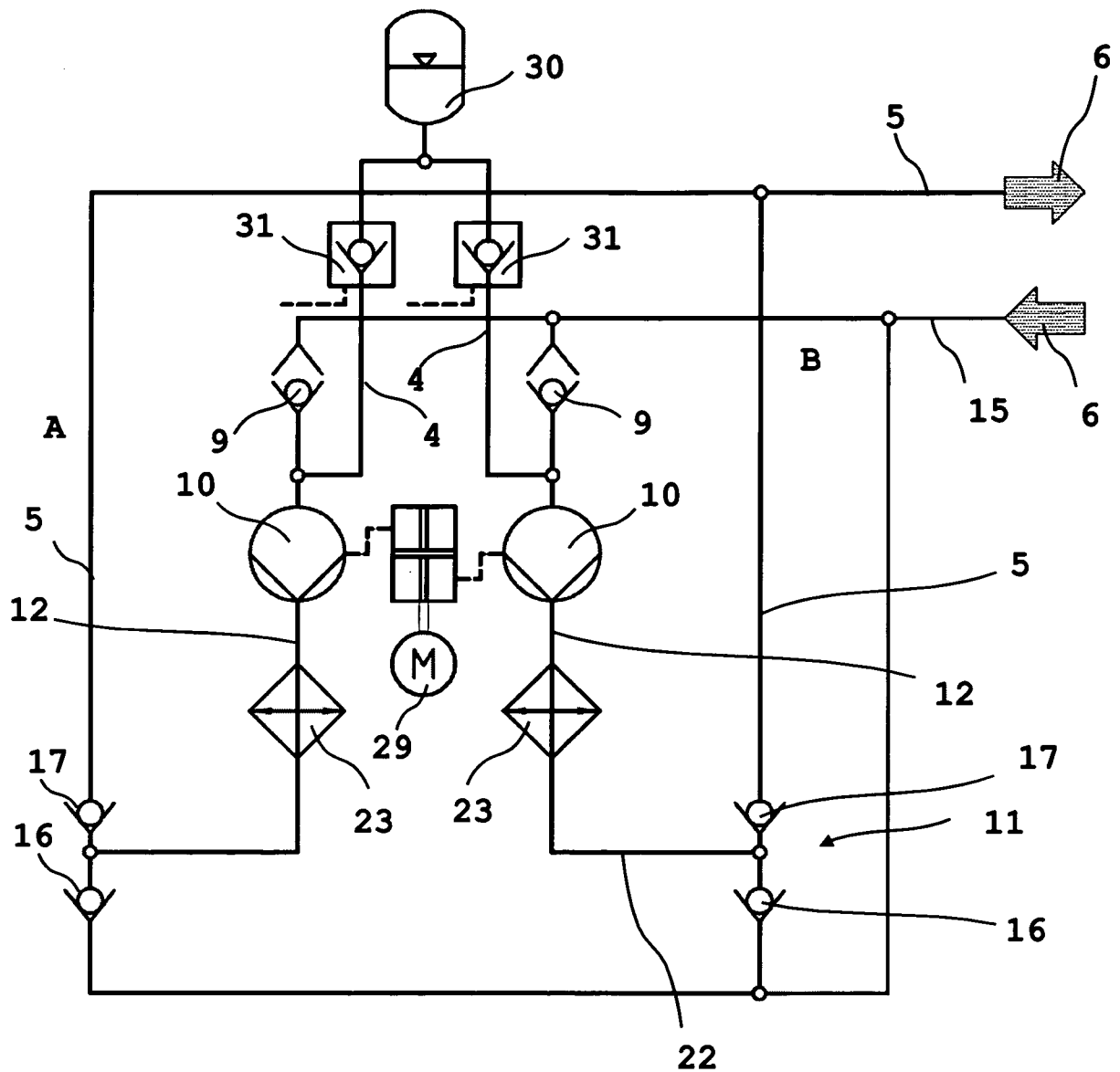


Fig. 2

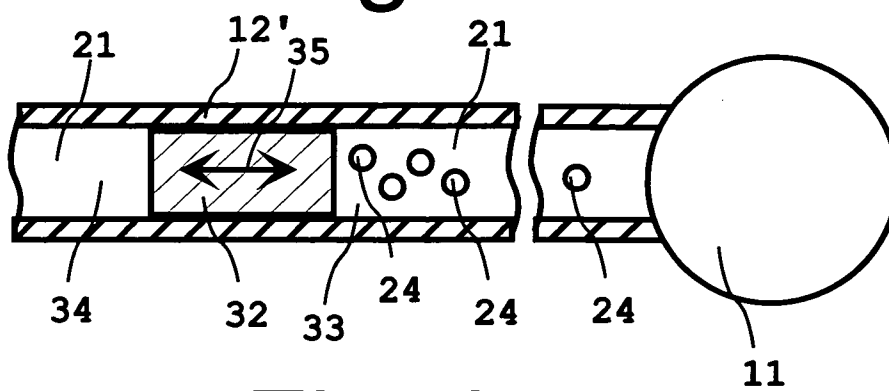


Fig. 3

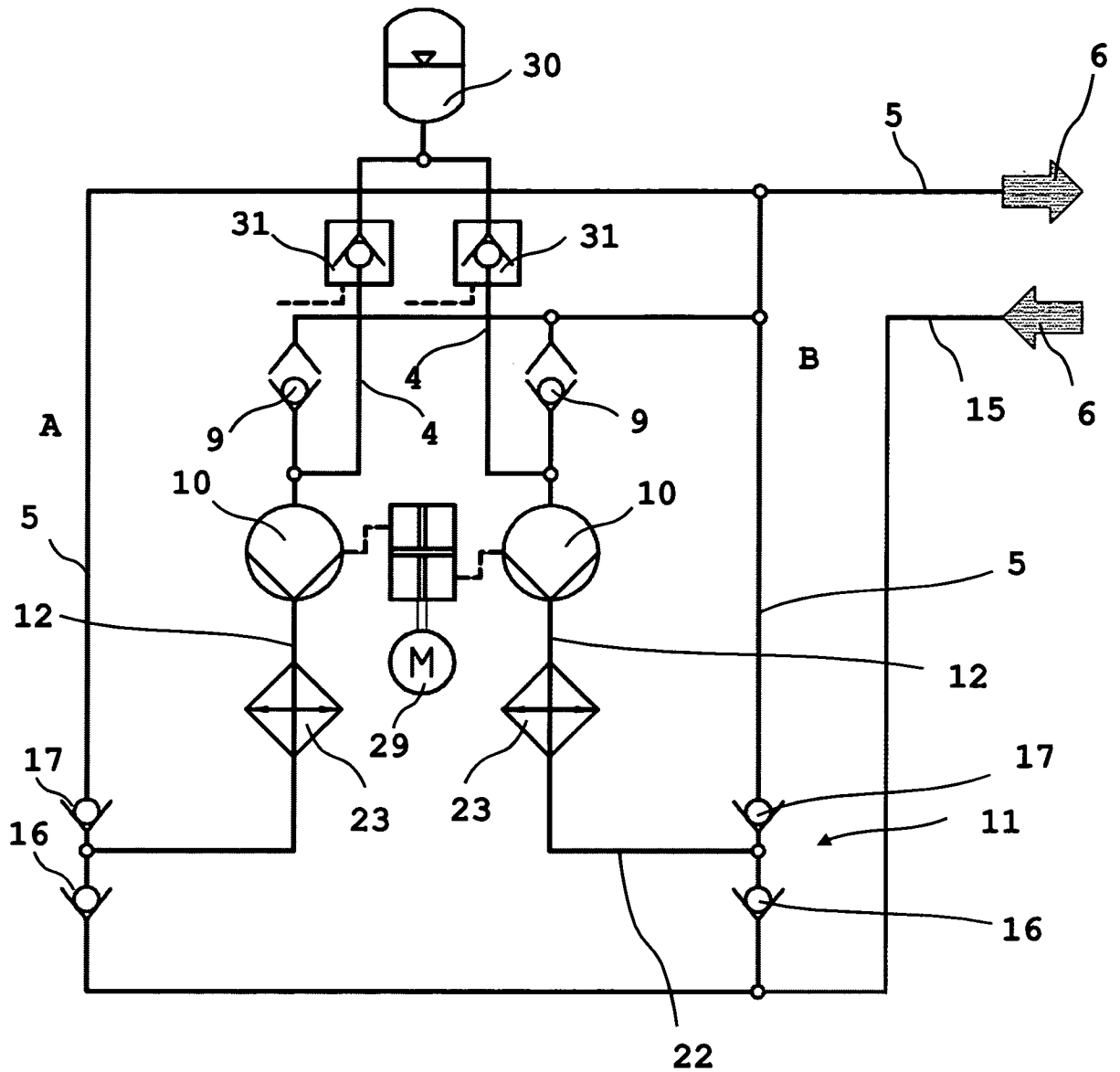
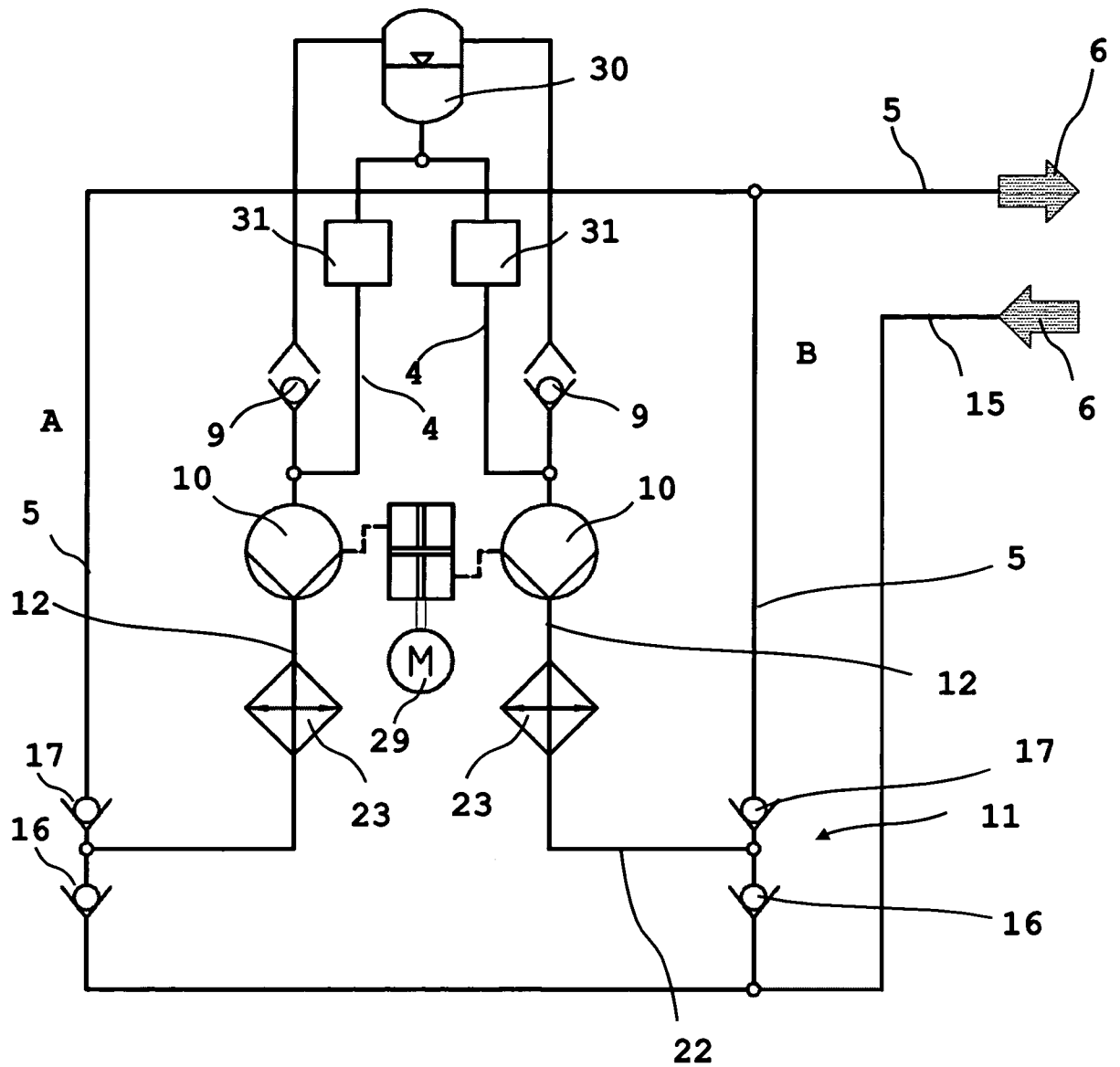


Fig. 4

**Fig. 5**

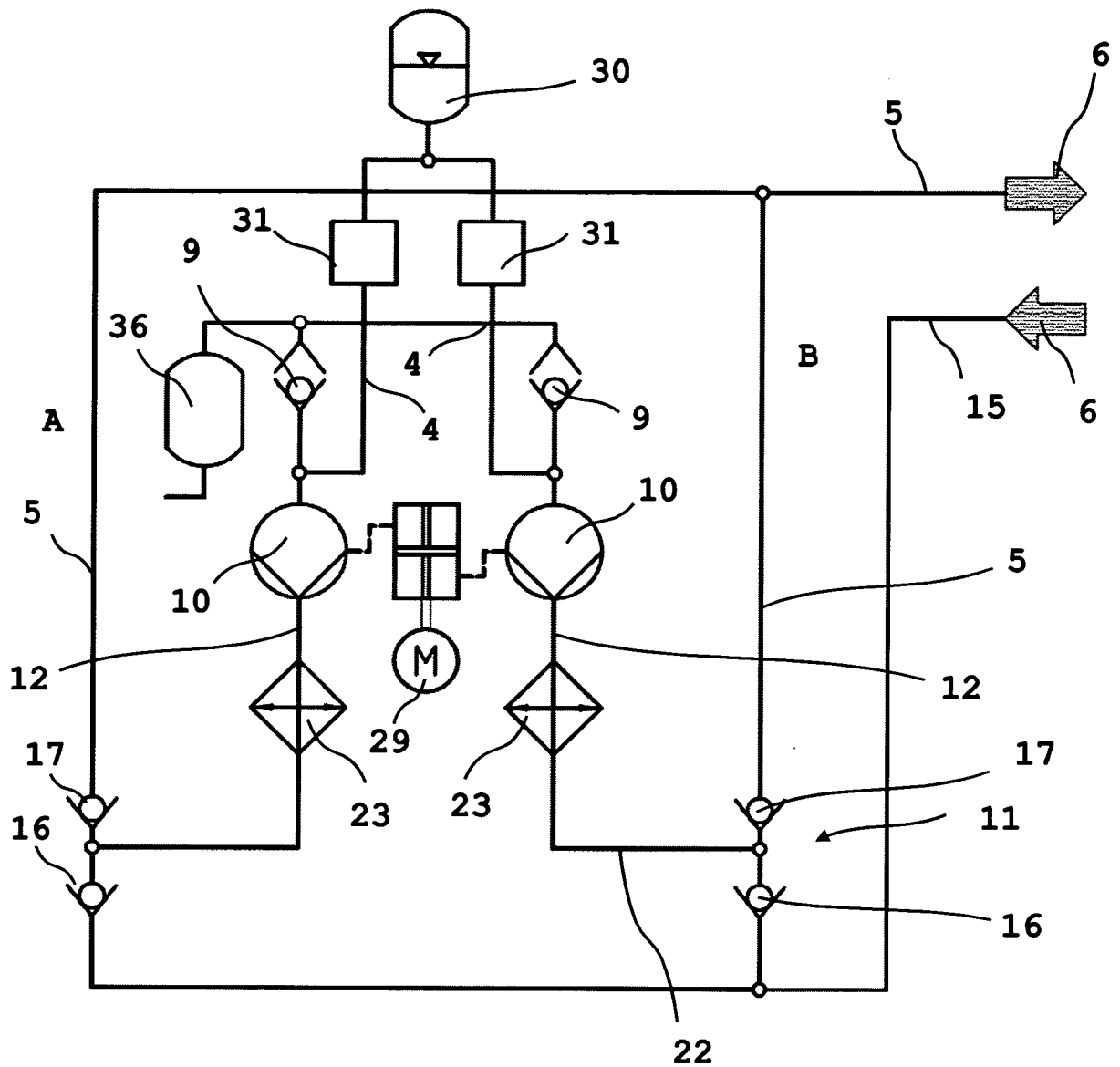


Fig. 6

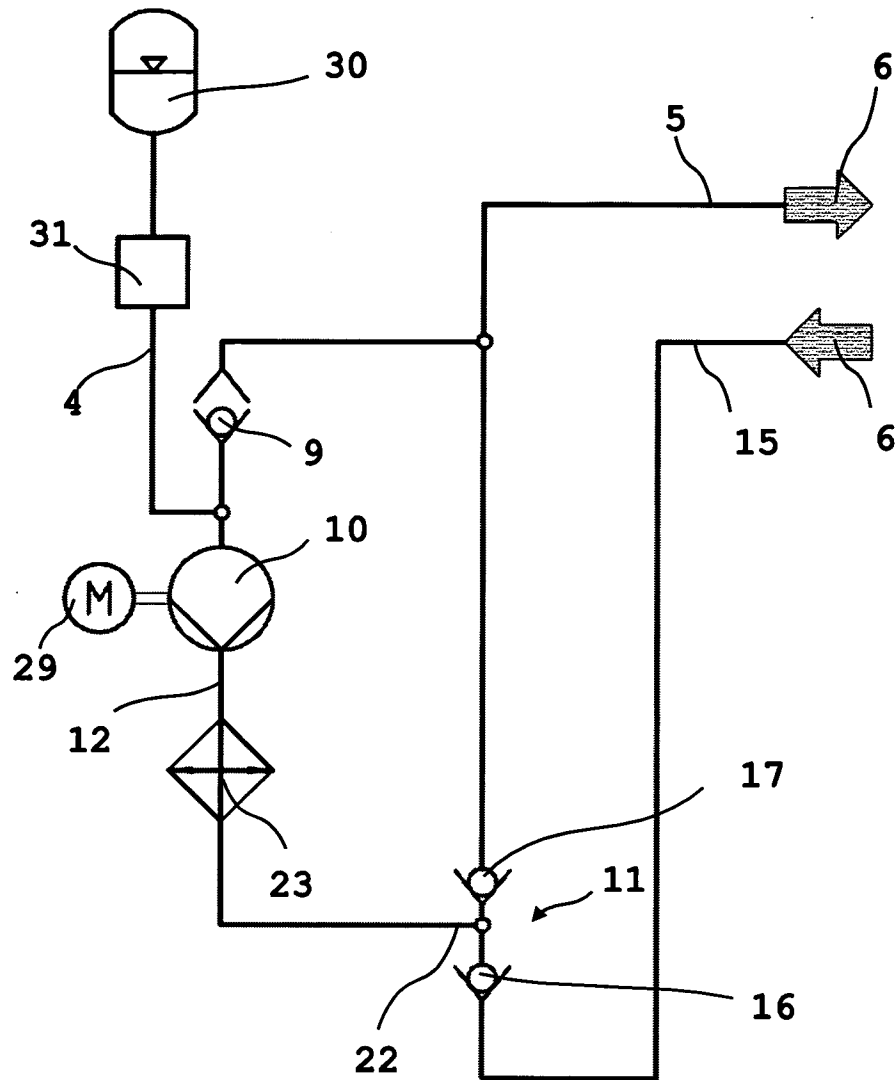


Fig. 7

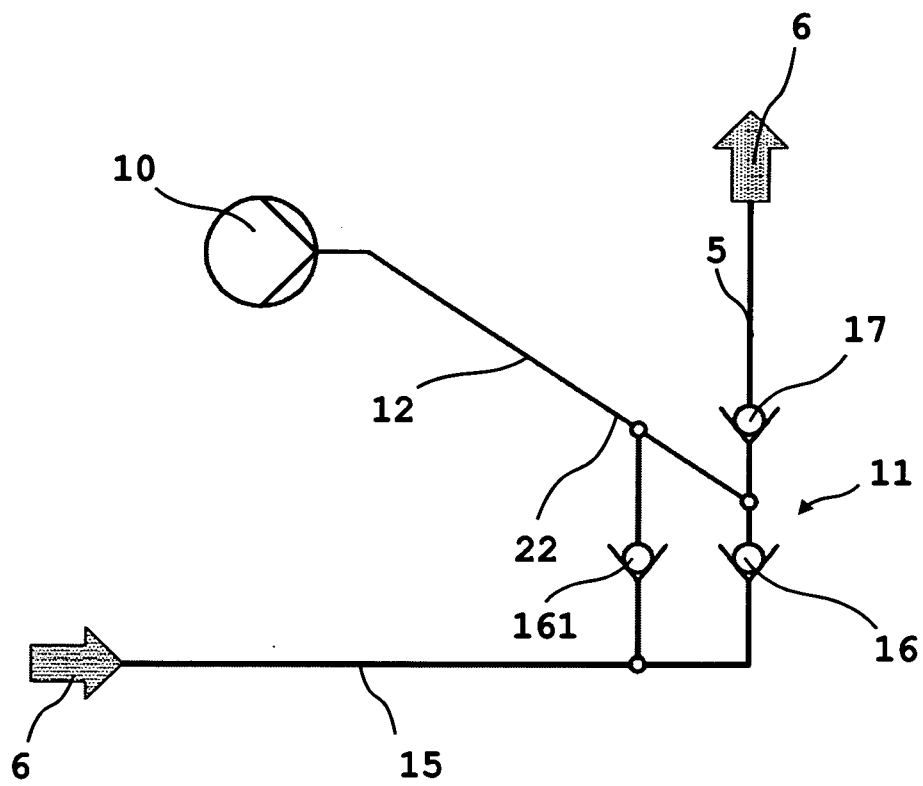


Fig. 8

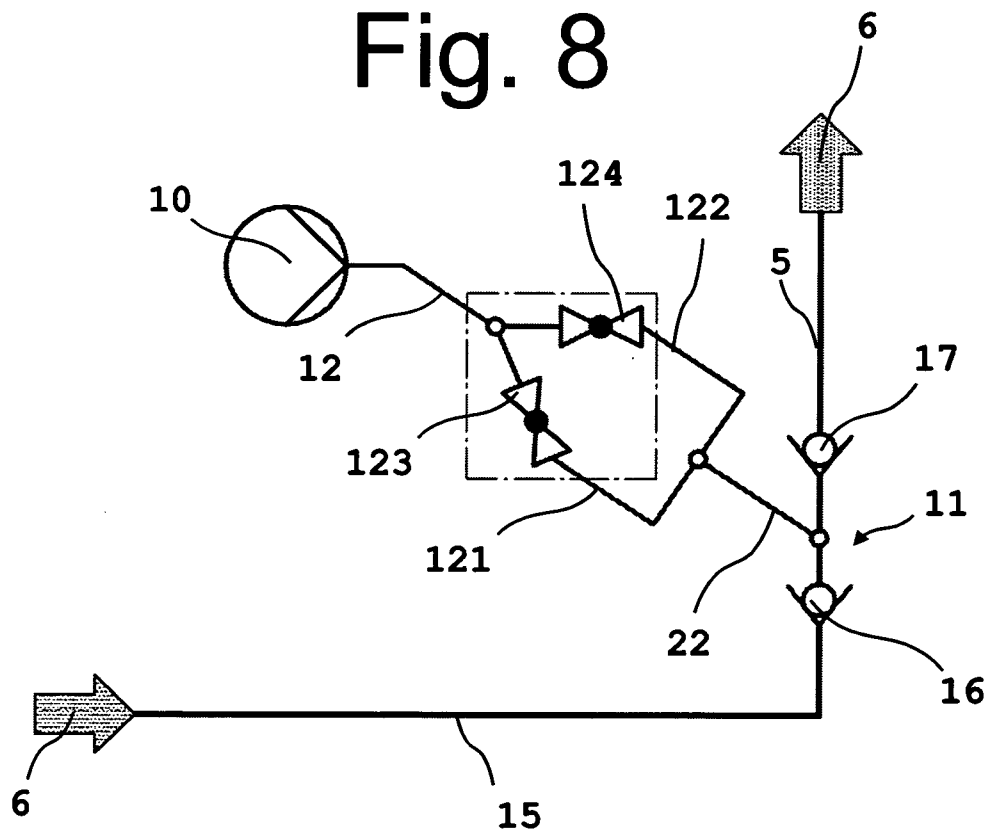


Fig. 9

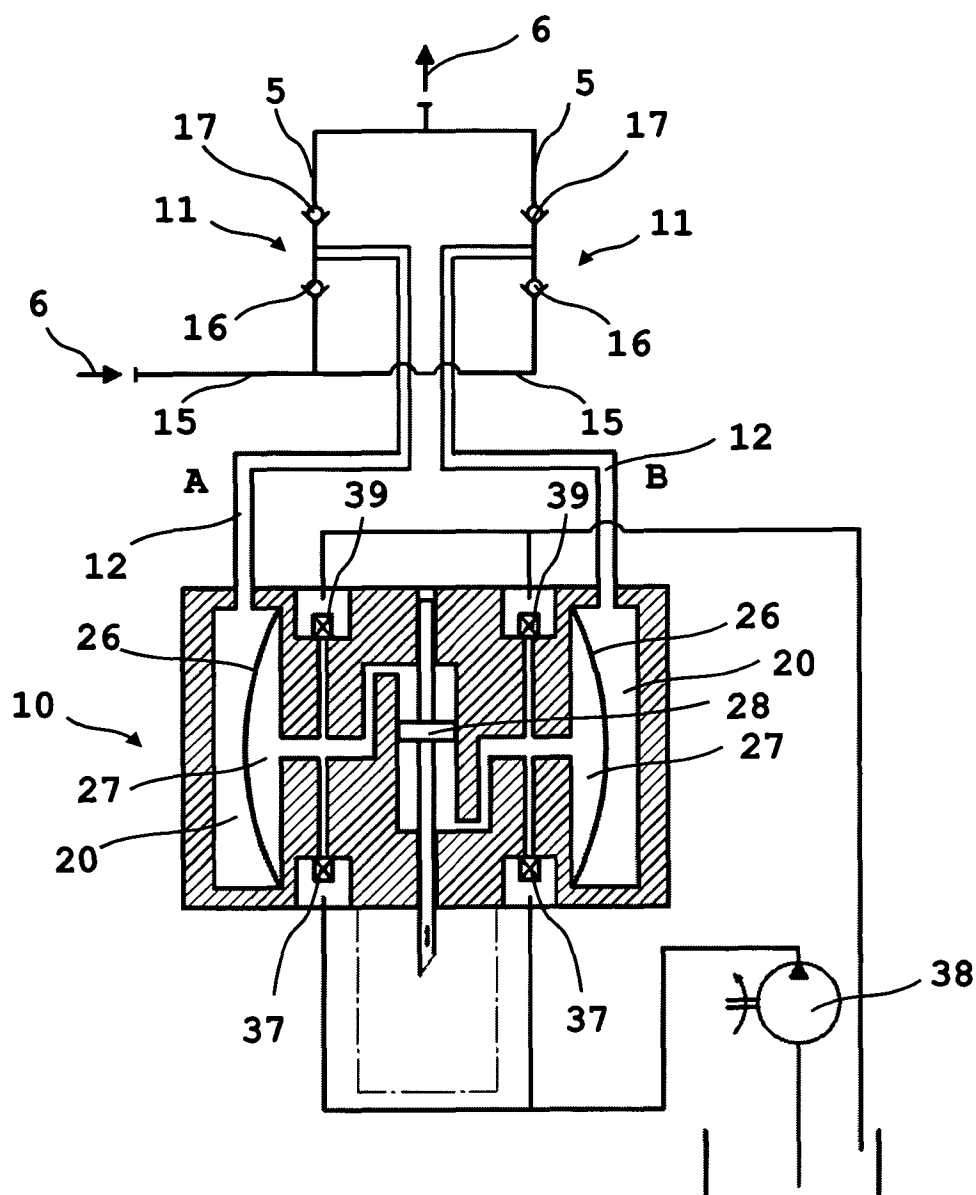


Fig. 10

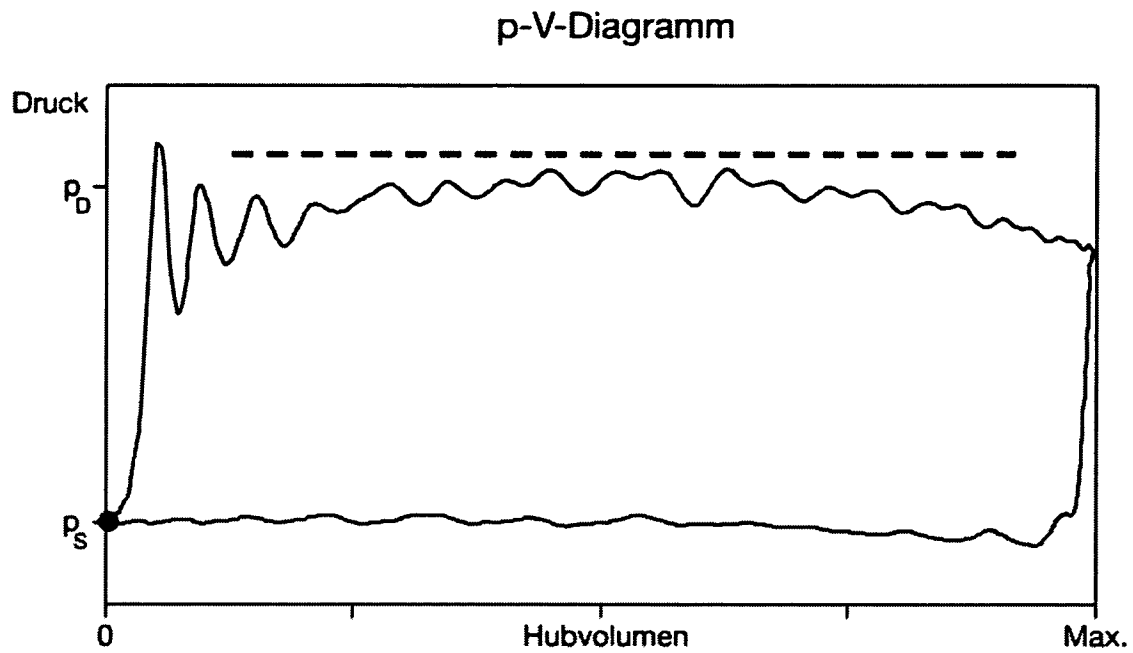


Fig. 11

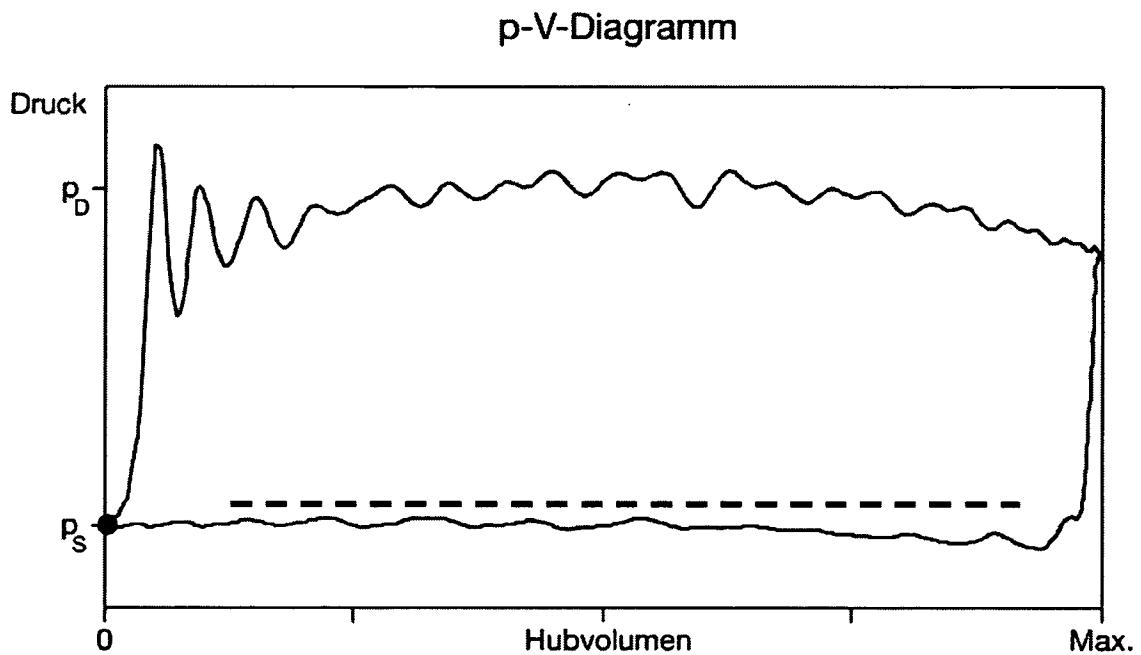


Fig. 12