



(11) **EP 2 227 636 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.04.2011 Patentblatt 2011/15

(51) Int Cl.:
F04B 45/04 ^(2006.01) **F04B 37/14** ^(2006.01)
F04B 25/00 ^(2006.01) **F04B 41/06** ^(2006.01)
F04B 49/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08853296.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/009493

(22) Anmeldetag: **11.11.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/068180 (04.06.2009 Gazette 2009/23)

(54) **MEHRSTUFIGE MEMBRAN-SAUGPUMPE**
MULTI-LEVEL MEMBRANE SUCTION PUMP
POMPE ASPIRANTE À MEMBRANE À PLUSIEURS ÉTAGES

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

• **HAUSER, Erwin**
79312 Emmendingen (DE)

(30) Priorität: **01.12.2007 DE 102007057945**

(74) Vertreter: **Maucher, Wolfgang**
Patent- und Rechtsanwaltssozietät
Maucher, Börjes & Kollegen
Urachstrasse 23
79102 Freiburg im Breisgau (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.09.2010 Patentblatt 2010/37

(73) Patentinhaber: **KNF Neuberger GmbH**
79112 Freiburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-2004/088138 DE-B3-102006 043 159
DE-U1- 20 202 190 US-A- 2 246 932

(72) Erfinder:
• **BECKER, Erich**
79189 Bad Krozingen (DE)

EP 2 227 636 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine mehrstufige Membran-Saugpumpe mit mindestens zwei Pumpräumen, die jeweils einen, wenigstens ein Einlassventil aufweisenden Fluideinlass und einen, zumindest ein Auslassventil aufweisenden Fluidauslass haben, sowie mit einer, die Fluideinlässe der Pumpräume verbindenden Saugleitung, wobei einander nachfolgende Pumpräume jeweils über mindestens eine Verbindungsleitung derart miteinander verbunden sind, dass die Membranpumpe bei Erreichen/Überschreiten eines Differenzdruckes in der Saugleitung von einem parallel arbeitenden Betrieb ihrer Pumpräume in einen zumindest auch seriell arbeitenden Betrieb dieser Pumpräume übergeht, wobei im Einström- und im Ausströmbereich der mindestens einen Verbindungsleitung wenigstens ein, zur nachfolgenden Pumpstufe öffnendes Rückschlagventil zwischengeschaltet ist, und wobei die im Einström- und im Ausströmbereich der Verbindungsleitung(en) vorgesehenen Rückschlagventile im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen der Pumpräume kleiner ausgebildet sind.

[0002] Beim Evakuieren, zum Beispiel eines Autoklaven ist einerseits eine große Förderleistung erwünscht, andererseits ein gutes Endvakuum. Die große Förderleistung wird durch Parallelschaltung der Köpfe erreicht, das gute Endvakuum durch mehrstufigen Betrieb, also durch Serienschaltung. Bei vielen Anwendungen, vor allem im Laborbereich wird ein niedriger Enddruck erforderlich, der nur mit einer mehrstufigen Anordnung erzielt werden kann.

[0003] Aus der WO 2004/088138 kennt man bereits eine Mikro-Vakuumpumpe, die zwei, durch jeweils eine oszillierende Pumpmembran begrenzte Pumpräume hat. Jeder dieser Pumpräume hat einen, ein Einlassventil aufweisenden Fluideinlass und einen, ein Auslassventil ausweisenden Fluidauslass, wobei eine die Fluideinlässe der Pumpräume verbindende Saugleitung und eine, die Fluidauslässe verbindende Druckleitung vorgesehen ist. Die Pumpräume sind über eine Verbindungsleitung derart miteinander verbunden, dass die vorbekannte Mikro-Vakuumpumpe bei Erreichen und Überschreiten eines festgelegten Differenzdruckes in der Saugleitung von einem parallel arbeitenden Betrieb ihrer Pumpräume in einen seriell arbeitenden Betrieb dieser Pumpräume übergeht. Sowohl im Einströmbereich als auch im Ausströmbereich der Verbindungsleitung ist jeweils ein, zur nachfolgenden Pumpstufe öffnendes Rückschlagventil zwischengeschaltet. Um den mit der Herstellung der vorbekannten Membran-Saugpumpe verbundenen Aufwand zu reduzieren, weisen die in die Verbindungsleitung zwischengeschalteten Rückschlagventile eine mit den Einlaß- und Auslassventilen der beiden Pumpräume vergleichbare Größe auf. Dementsprechend ist auch der zwischen einem der Rückschlagventile einerseits und dem benachbarten Pumpraum andererseits vorgesehene Leitungsabschnitt der Verbindungsleitung vergleichbar groß dimensioniert. Um den-

noch in der Startphase eines Pumpvorganges den Fluidstrom zunächst über die parallel geschalteten Einlaß- und Auslassventile führen zu können, ist in die Verbindungsleitung eine Drossel zwischengeschaltet, die erst bei Erreichen einer entsprechenden Druckdifferenz und einer verminderten Pumpleistung ihre drosselnde Wirkung verliert.

[0004] Zu Beginn des Saugvorganges nimmt die vorbekannte Mikro-Vakuumpumpe eine parallel arbeitende Konfiguration ihrer Pumpräume an, weil die in der Verbindungsleitung vorgesehene Drossel bewirkt, dass sich das System aufgrund der noch fehlenden Behinderungen in der Luftzirkulation anfänglich leichter parallel arbeitend ausbilden kann. Sobald diese parallel arbeitende Konfiguration in den Bereich des Endvakuums kommt und die Druckdifferenz in der Saugleitung damit ein Maximum erreicht, kann das Fluid viel einfacher durch die in der verbindungsleitung befindliche Drossel strömen, so dass es gleichzeitig auch in einen serielle Betrieb ihrer Pumpräume konfiguriert wird, um nun ein höchstmögliches Endvakuum zu erzielen.

[0005] Nachteilig ist jedoch, dass die Rückschlagventile der vorbekannten Membranpumpe eine mit den Einlaß- und Auslassventilen vergleichbare Größe aufweisen, und dass die zwischen den Rückschlagventilen vorgesehenen Leitungsabschnitte der Verbindungsleitung einen entsprechend großen lichten Leitungsquerschnitt haben, so dass sich in diesen Leitungsabschnitten ein dementsprechend großer schädlicher Raum ergibt, der sich auf das erreichbare Endvakuum der vorbekannten Membran-Saugpumpe ungünstig auswirkt und den Umschaltpunkt zwischen paralleler und serieller Betriebsweise negativ beeinflusst.

[0006] Aus der DE 10 2006 043 159 B3 ist eine wenigstens zweistufige Heißdampfvakuumpumpe bekannt, die im Gegentakt arbeitende Membranen als Pumporgane hat. Die Ein- und Auslässe der Pumpräume dieser mehrstufigen Heißdampfvakuumpumpe sind parallel über Leitungen miteinander verbunden. Darüber hinaus ist eine die Pumpräume verbindende Steuerleitung vorgesehen, die eine Rückschlagventilanordnung mit je einem, am Anfang und am Ende der Steuerleitung angeordneten Steuerventil aufweist. Zu Beginn eines jeden Pumpvorganges, d.h. bei nur geringer Druckdifferenz zwischen Pumpeneinlass und Pumpenauslass arbeiten die beiden Stufen der Pumpe parallel, denn die Steuerleitung ist durch die Unterdruck-Steuerventile abgesperrt. Ab einer bestimmten Druckdifferenz öffnet die Unterdruck-Steuerventile und die beiden Pumpen arbeiten im wesentlichen in Reihe. Um eine größere Druckdifferenz zwischen Pumpeneinlass und Pumpenauslass schneller zu erzeugen, weisen die Ventilorgane der in der Steuerleitung vorgesehenen Steuerventile eine zumindest 30 % geringere Masse als die Ventilorgane der im Pumpeneinlass und im Pumpenauslass vorgesehenen Rückschlagventile auf.

[0007] Aus der DE 202 02 190 U1 kennt man bereits eine ventilgesteuerte Betriebsartregelung für mehrstufige

ge Gasförderpumpen. Bei der vorbekannten Betriebsartregelung, welche die Kombination von zwei Rückschlagventilen sowie einem Überdruck- und/oder einem membran gesteuerten Unterdruckventil umfasst, wird eine automatische Umschaltung der Betriebsart dadurch bewerkstelligt, dass beim Erreichen eines definierten Druckes bzw. Vakuums das Überdruck- bzw. membran gesteuerte Unterdruckventil öffnet, die Rückschlagventile schließen und der Volumenstrom von der Druckseite einer Pumpstufe in die Ansaugseite einer anderen Pumpstufe geleitet wird. Somit werden die Pumpstufen von der parallelen in die serielle Betriebsart versetzt.

[0008] In der DE 10 2006 043 159 33 und der DE 202 02 190 U1 sind jedoch nur verbesserte Detaillösungen für eine vorzugsweise zweistufige Heißdampfvakuumpumpe bzw. eine ventilgesteuerte Betriebsartregelung beschrieben.

[0009] Es besteht daher insbesondere die Aufgabe, eine mehrstufige Membran-Saugpumpe der eingangs erwähnten Art zu schaffen, die im Vergleich zum vorbekannten Stand der Technik die Erzeugung eines möglichst hohen Endvakuums in möglichst kurzer Zeit erlaubt.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe besteht insbesondere darin, dass den im Einström- und im Ausströmbereich der Verbindungsleitung(en) vorgesehene Rückschlagventile jeweils ein zum benachbarten Pumpraum hin offener Leitungsabschnitt der Verbindungsleitung mit einem im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen kleineren lichten Leitungsquerschnitt zugeordnet ist, und dass in den zwischen der ersten und der letzten Pumpstufe der Membran-Saugpumpe verbleibenden bzw. mittleren Pumpstufen jeweils zumindest ein Einlass-, ein Auslass- und zwei Rückschlagventile münden.

[0011] Die erfindungsgemäße Membran-Saugpumpe, die zwischen der ersten und der letzten Pumpstufe zumindest eine mittlere Pumpstufe aufweist, ist zumindest dreistufig ausgestaltet. Während bei der aus DE 10 2006 043 159 B3 vorbekannten Heißdampfvakuumpumpe lediglich am Anfang und am Ende der Steuerleitung ein Unterdruck-Steuerventil vorgesehen sein soll, ist bei der erfindungsgemäßen Membran-Saugpumpe in jeder zwischen den Pumpstufen vorgesehenen Verbindungsleitung einström- und ausströmseitig jeweils ein Rückschlagventil vorgesehen. Um den schädlichen Raum noch zusätzlich zu reduzieren, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass in den zwischen der ersten und der letzten Pumpstufe der Membran-Saugpumpe verbleibenden bzw. mittleren Pumpstufen jeweils zumindest ein Einlass-, ein Auslass- und zwei Rückschlagventile münden.

[0012] Die erfindungsgemäße Membranpumpe weist in der zumindest einen, ihre Pumpräume miteinander verbindenden Verbindungsleitung sowohl einström- als auch ausströmseitig Rückschlagventile auf, die im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen dieser Pumpräume wesentlich kleiner dimensioniert sind. Da der bewegliche Ventilkörper dieser Rückschlagventile somit

auch geringere bewegliche Massen aufweisen und dementsprechend schneller reagieren kann, wird eine Annäherung an den optimalen Umschaltzeitpunkt zwischen paralleler und serieller Betriebsweise wesentlich begünstigt. Da die Verbindungsleitung erst im Bereich des optimalen Umschaltzeitpunktes wirksam wird, und da die Verbindungsleitungen in dieser Pumpphase nur vergleichsweise geringe Fördermengen zu bewältigen haben, kann der lichte Querschnitt der Verbindungsleitungen im Vergleich zur Saug- und zur Druckleitung vergleichsweise klein ausgeführt werden. Das gestattet auch, die in der zumindest einen Verbindungsleitung vorgesehenen Rückschlagventile mit einem im Vergleich zu den Saug- und Druckventilen sehr geringen Durchflußquerschnitt und entsprechend geringem Durchmesser auszuführen. Somit können die Rückschlagventile aufgrund der geringen Masse ihres beweglichen Ventil- oder Sperrkörpers beim Schließen der Saug- und Druckventile schnell reagieren und verhindern dadurch, dass die erfindungsgemäße Membranpumpe in einem Übergangsbereich der Druckdifferenzen nicht oder nur ungenügend fördert. Da den Rückschlagventilen jeweils ein zum benachbarten Pumpraum führender Leitungsabschnitt zugeordnet ist, der im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen einen wesentlichen kleineren lichten Leitungsquerschnitt hat, kann der zwischen einem Rückschlagventil einerseits und dem benachbarten Pumpraum andererseits verbleibende schädliche Raum derart gering gehalten werden, dass auch die Erzeugung eines sehr niedrigen Endvakuums möglich ist. Die erfindungsgemäße Membranpumpe erlaubt daher mit vergleichsweise einfachen technischen Mitteln die Erzeugung eines möglichst geringen Endvakuums in möglichst kurzer Zeit. Dabei wird eine Ausführungsform bevorzugt, bei der den Rückschlagventilen jeweils ein mit dem benachbarten Pumpraum verbundener Leitungsabschnitt des Verbindungskanals zugeordnet ist, der im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen derart dimensioniert ist, dass diese Leitungsabschnitte einen demgegenüber kleineren schädlichen Raum bilden.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Rückschlagventile derart dimensioniert und/oder ausgelegt sind, dass in der Startphase eines Pumpvorgangs die Einlass- und die Auslassventile arbeiten und die Rückschlagventile in einer nachfolgenden Phase des Pumpvorgangs, vorzugsweise etwa im optimalen Umschaltzeitpunkt, aktiviert werden.

[0014] Um die Strömungsverluste in der Saug- und Druckleitung bei anfangs hoher Förderleistung möglichst gering zu halten, ist es vorteilhaft, wenn die Saugleitung und/oder die Druckleitung im Vergleich zur zumindest einen Verbindungsleitung einen größeren lichten Leitungsquerschnitt hat.

[0015] Aufgrund des geringen Förderstroms der durch die Verbindungsleitung strömt, ist es aus Platzgründen ebenfalls vorteilhaft, deren Leitungsquerschnitt kleiner auszuführen.

[0016] Dabei ist es auch möglich, dass die Aus-

lassventile gegebenenfalls unter Zwischenschaltung zumindest eines Geräuschkämpfers zur Atmosphäre hin offen ausgebildet sind. Bei einer solchen Ausführungsform wird eine die Auslassventile verbindende Druckleitung vermieden.

[0017] Um die Reaktionszeit der in den Verbindungsleitungen vorgesehenen Rückschlagventile zu optimieren, ist es vorteilhaft, wenn die Rückschlagventile jeweils eine Ventilscheibe als Ventil- oder Sperrkörper aufweisen, und wenn der den Wechsel zur seriellen Betriebsweise auslösende Druckbereich des Differenzdruckes durch Festlegen des Scheibendurchmessers und/oder Abstimmen der Masse der Ventilscheiben vorwählbar oder festlegbar ist.

[0018] Damit die zum Schalten der Ventile erforderlichen, möglichst hohen Differenzdrücke entstehen, ist es zweckmäßig, wenn die, nachfolgenden Pumpstufen zugeordneten Membranen hinsichtlich ihrer Ansaug- und Ausstoßbewegungen versetzt zueinander getaktet sind.

[0019] Dabei sieht eine bevorzugte Ausführungsform gemäß der Erfindung vor, dass die, nachfolgenden Pumpstufen zugeordneten Membranen hinsichtlich ihrer Ansaug- oder Ausstoßbewegungen um 180° versetzt zueinander getaktet sind.

[0020] Der schädliche Raum zwischen den Pumpstufen lässt sich noch zusätzlich reduzieren, wenn in jede Verbindungsleitung zwei Rückschlagventile zwischengeschaltet sind, von denen eines einströmseitig und das andere ausströmseitig angeordnet ist.

[0021] Die erfindungsgemäße Membranpumpe kann dreistufig oder sonstwie mehrstufige ausgestaltet sein. Dabei ist es vorteilhaft, wenn in der ersten und der letzten Pumpstufen jeweils zumindest ein Einlass-, ein Auslass- und ein Rückschlagventil mündet.

[0022] Weitere Ausführungsformen gemäß der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen sowie der Zeichnung. Nachstehend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele noch näher beschrieben.

[0023] Es zeigt:

Fig. 1 die schematisch dargestellte Konfiguration einer mehrstufigen Membran-Saugpumpe, die mehrere Pumpräume hat, welche von einer anfänglich parallel arbeitenden Betriebsweise praktisch automatisch in eine seriell arbeitende Betriebsweise umsetzbar sind,

Fig. 2 eine ebenfalls in einer schematischen Darstellung gezeigte Membran-Saugpumpe, die hier jedoch vierstufig ausgebildet ist,

Fig. 3 die in Abhängigkeit des erreichten Endvakuums dargestellte Förderleistung beziehungsweise das Saugvermögen einer der in den Figuren 1 und 2 gezeigten mehrstufigen Membran-Saugpumpen im Vergleich zu einer einköpfigen Membranpumpe, und

Fig. 4 die erste Pumpstufe der in den Figuren 1 oder 2 dargestellten mehrköpfigen Membran-Saugpumpen in einem Längsschnitt im Bereich eines im Fluidauslaß vorgesehenen Druckventils und eines in einer Verbindungsleitung angeordneten Rückschlagventils.

[0024] In Figur 1 ist eine mehrstufige Membran-Saugpumpe 10 dargestellt. Die Membran-Saugpumpe 10 hat zumindest zwei, hier insbesondere drei Pumpräume H_1 , H_2 und H_3 . Die Pumpräume H_1 , H_2 und H_3 haben jeweils einen, wenigstens ein Einlassventil SV1, SV2 bzw. SV3 aufweisenden Fluideinlaß und einen, zumindest ein Auslassventil DV1, DV2 bzw. DV3 aufweisenden Fluidauslaß. Die Membran-Saugpumpe 10 hat eine, die Fluideinlässe der Pumpräume H_1 , H_2 und H_3 verbindende Saugleitung A und eine, die Fluidauslässe verbindende Druckleitung B. Dabei sind einander nachfolgende Pumpräume D_1 , H_2 und H_3 jeweils über mindestens eine Verbindungsleitung C1 bzw. C2 derart miteinander verbunden, dass die Membran-Saugpumpe 1 bei Erreichen und insbesondere bei Überschreiten eines Differenzdruckes in der Saugleitung A von einem parallel arbeitenden Betrieb ihrer Pumpräume H_1 , H_2 und H_3 in einen seriell arbeitenden Betrieb dieser Pumpräume D_1 , H_2 und H_3 übergeht.

[0025] In Figur 1 ist angedeutet, dass die, jeweils einander nachfolgende Pumpräume miteinander verbindenden Verbindungsleitungen C1 und C2 einen im Vergleich zu der Saugleitung A und der Druckleitung B kleineren lichten Leitungsquerschnitt aufweisen. Darüber hinaus wird aus Figur 1 deutlich, dass in die mindestens eine Verbindungsleitung C1, C2 wenigstens ein, zur nachfolgenden Pumpstufe D_1 , H_2 und H_3 öffnendes Rückschlagventil zwischengeschaltet ist. Bei der in Figur 1 dargestellten Pumpenausführung sind in jede Verbindungsleitung C1 und C2 jeweils zwei Rückschlagventile RV1, RV2 bzw. RV3, RV4 zwischengeschaltet, von denen eines einströmseitig und das andere ausströmseitig angeordnet ist. Die in Figur 1 dargestellte Membran-Saugpumpe 10 weist in ihrer zumindest einen, nachfolgende Pumpstufen D_1 , H_2 und H_3 miteinander verbindenden Verbindungsleitung C1, C2 wenigstens ein Rückschlagventil RV1, RV2 bzw. RV3, RV4 auf. Somit wird ein schädlicher Raum allenfalls auf den bis zum Rückschlagventil verbleibenden Teilbereich der Verbindungsleitung C1 bzw. C2 begrenzt. Da das zumindest eine Rückschlagventil RV1, RV2 bzw. RV3, RV4 eine Drossel in der Verbindungsleitung C1 bzw. C2 entbehrllich macht, wird einer unerwünschten leistungsmindernden Kondensatbildung beim Fördern feuchter Dämpfe entgegengewirkt. Da die Verbindungsleitungen C1 und C2 erst im Bereich des Endvakuums wirksam werden und da die Verbindungsleitungen C1 und C2 in dieser Pumpphase nur vergleichsweise geringe Fördermengen zu bewältigen haben, kann der lichte Querschnitt dieser Verbindungsleitungen C1 und C2 im Vergleich zur Saugleitung A und zur Druckleitung B vergleichsweise klein

ausgeführt werden. Das gestattet auch, die in der Verbindungsleitung C1 bzw. C2 vorgesehenen Rückschlagventile RV1, RV2 bzw. RV3, RV4 mit einem im Vergleich zu den Saugventilen SV1, SV2, SV3 und Druckventilen DV1, DV2, DV3 sehr geringen Durchflussquerschnitt und entsprechend geringem Durchmesser auszuführen. Somit kann das zumindest eine Rückschlagventil aufgrund der geringen Masse seines beweglichen Ventil- oder Sperrkörpers beim Schließen der Saug- und Druckventile schnell reagieren und verhindert dadurch, dass die Membranpumpe 1 in einem Übergangsbereich der Druckdifferenzen nicht oder ungenügend fördert. Die Membranpumpe 10 erlaubt daher mit vergleichsweise einfachen technischen Mitteln die Erzeugung eines möglichst hohen Endvakuum in möglichst kurzer Zeit.

[0026] Die Membranpumpe 10 weist in den, die Pumpräume H_1, H_2 und H_3 miteinander verbindenden Verbindungsleitungen C1 und C2 sowohl einström- als auch ausströmseitig Rückschlagventile RV1, RV2 bzw. RV3, RV4 auf, die im Vergleich zu den Einlaß- und Auslassventilen SV1, SV2, SV3 und DV1, DV2, DV3 dieser Pumpräume wesentlich kleiner dimensioniert sind. Da der bewegliche Ventilkörper dieser Rückschlagventile RV1, RV2, RV3 und RV4 somit auch geringere bewegliche Massen aufweisen und dementsprechend schneller reagieren kann, wird eine Annäherung an den optimalen Umschaltzeitpunkt zwischen paralleler und serieller Betriebsweise wesentlich begünstigt. Zudem ist den Rückschlagventilen jeweils ein zum benachbarten Pumpraum H_1, H_2 bzw. H_3 führender Leitungsabschnitt zugeordnet, der im Vergleich zu den Einlaß- und Auslassventilen einen wesentlich kleineren lichten Leitungsquerschnitt hat. Dadurch kann der zwischen den Pumpräumen H_1, H_2 und H_3 und einem der Rückschlagventile RV1, RV2, RV3 bzw. RV4 verbleibende schädliche Raum derart gering gehalten werden, dass auch die Erzeugung eines vergleichsweise niedrigen Endvakuum möglich ist.

[0027] Bei der Parallelschaltung saugen die Köpfe gemeinsam über die Leitung A an und stoßen gemeinsam über die Leitung B aus. Bei Erreichen des Endvakuumbereiches bei einstufiger Verdichtung ergeben sich Druckdifferenzen zwischen B-DV1, B-DV2, A-SV2, A-SV3. Dadurch arbeiten die Ventile DV1, DV2, SV2 und SV3 als Rückschlagventile und schließen den Durchfluss. Die Köpfe sind dadurch in Serie geschaltet. Der Gasfluss erfolgt jetzt über: A-SV1-RV1-C1-RV2-RV3-C2-RV4-DV3-B.

[0028] Aus einem Vergleich der Figuren 1 und 2 wird deutlich, dass die Membran-Saugpumpe nicht nur zwei- oder dreistufig ausgebildet sein -, sondern auch mehr als drei Pumpstufen haben kann. In Figur 2 ist eine vierstufige Membran-Saugpumpe mit vier Pumpräumen H_1, H_2, H_3 und H_4 dargestellt. Auch die Pumpräume H_1, H_2, H_3, H_4 der in Figur 2 gezeigten Membran-Saugpumpe 10 haben jeweils einen, wenigstens ein Einlassventil SV1, SV2, SV3 bzw. SV4 aufweisenden Fluideinlaß und einen, zumindest ein Auslassventil DV1, DV2, DV3 bzw. DV4 aufweisenden Fluidauslaß. Während der Fluideinlaß der

Pumpräume H_1, H_2, H_3, H_4 über eine Saugleitung A verbunden ist, sind die Fluidauslässe der Pumpköpfe H_1, H_2, H_3, H_4 gegenüber der Atmosphäre offen ausgebildet, so dass auf eine die Fluidauslässe verbindende Druckleitung B verzichtet werden kann. Dabei ist es zweckmäßig, wenn die Fluidauslässe der Pumpköpfe H_1, H_2, H_3, H_4 jeweils über einen Geräuschdämpfer G geführt werden. Die einander nachfolgenden Pumpräume D_1, H_2, H_3, H_4 sind jeweils über eine Verbindungsleitung C1, C2, C3 miteinander derart verbunden, dass die Membran-Saugpumpe 10 in Figur 2 bei Erreichen und insbesondere bei Überschreiten eines Differenzdruckes in der Saugleitung von einem parallel arbeitenden Betrieb ihrer Pumpräume H_1, H_2, H_3, H_4 in einen seriell arbeitenden Betrieb dieser Pumpräume H_1, H_2, H_3, H_4 übergeht. Dabei sind in die, einander nachfolgende Pumpräume H_1, H_2, H_3, H_4 miteinander verbindenden Verbindungsleitungen C1, C2, C3 sowohl einlassseitig als auch auslassseitig jeweils ein Rückschlagventil RV1, RV2, RV3, RV4, RV5, RV6 zwischengeschaltet.

[0029] In Figur 2 ist durch gestrichelte Linien dargestellt, dass die Membran-Saugpumpe 10 auch mehr als vier Pumpräume H_1, H_2, H_3, H_4, H_5 aufweisen kann.

[0030] In Figur 3 ist die Förderleistung beziehungsweise das Saugvermögen der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Membran-Saugpumpe 10 in Abhängigkeit vom erreichten Vakuum dargestellt. Während die durchgezogene Linie das im erreichbaren Endvakuum begrenzte Saugvermögen einer einköpfigen Pumpe zeigt, ist durch eine strich-punktierte Linie angedeutet, dass parallelverschaltete Pumpräume sich demgegenüber zwar nicht im erreichbaren Endvakuum, sondern vielmehr in der Förderleistung unterscheiden. Sofern die Pumpräume einer mehrköpfigen Membran-Saugpumpe in Reihe geschaltet sind, ist das Saugvermögen mit einer einköpfigen Membranpumpe vergleichbar, jedoch können die in Reihe geschalteten Pumpräume ein wesentlich tieferes Endvakuum erreichen (vgl. gestrichelte Linie in Fig. 3).

[0031] Die in den Figuren 1 und 2 dargestellten Membranpumpen folgen nun in der Startphase eines Pumpvorganges dem Kurvenverlauf parallel verschalteter Membranköpfe (strich-punktierte Linie) um im optimalen Umschaltzeitpunkt OS, der durch Auslegung der Ventilgrößen und Ventilmassen der Rückschlagventile angesteuert werden kann, in den Kurvenverlauf einer in Reihe geschalteten Membran-Saugpumpe überzugehen. Dabei zeichnen sich die in den Figuren 1 und 2 dargestellten Membran-Saugpumpen 10 dadurch aus, dass sie in kürzester Zeit ein geringst mögliches Endvakuum erreichen.

[0032] In Figur 4 ist die erste Pumpstufe H_1 einer mit Figur 1 oder 2 vergleichbaren mehrköpfigen Membran-Saugpumpe dargestellt. Während der außerhalb der Schnittebene angeordnete Fluideinlaß nicht gezeigt ist, sind das in den Fluidauslaß zwischengeschaltete Auslassventil DV1 und das in der Verbindungsleitung C1 vorgesehene Rückschlagventil RV1 gut zu erkennen. Aus einem Vergleich der Ventile DV1 und RV1 wird deutlich,

dass das hier im Einströmbereich der Verbindungsleitung C1 vorgesehene Rückschlagventil RV1 im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen der Pumpräume kleiner ausgebildet ist, und dass diesem Rückschlagventil RV1 ein zum benachbarten Pumpraum H₁ hin offener Leitungsabschnitt L_a der Verbindungsleitung C1 mit einem im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen kleineren lichten Leitungsquerschnitt zugeordnet ist. Da die Verbindungsleitung C1 erst im Bereich des optimalen Umschaltpunktes wirksam wird, und da die Verbindungsleitung C1 in dieser Pumpphase nur vergleichsweise geringe Fördermengen zu bewältigen hat, kann der lichte Querschnitt dieser Verbindungsleitung C1 im Vergleich zur Saug- und zur Druckleitung vergleichsweise klein ausgeführt werden. Das gestattet auch, u.a. das in der Verbindungsleitung C1 vorgesehene Rückschlagventil RV1 mit einem im Vergleich zu den Saug- und Druckventilen sehr geringen Durchflussquerschnitt und entsprechend geringem Durchmesser auszuführen. Damit kann aber auch das Rückschlagventil RV1 aufgrund der geringen Masse seines scheibenförmigen Ventil- oder Sperrkörpers beim Schließen der Saug- und Druckventile schnell reagieren. Da der Leitungsabschnitt L_a im Vergleich zu den Ein- und Auslassventilen einen wesentlich kleineren lichten Leitungsquerschnitt hat, kann der zwischen dem Rückschlagventil RV1 einerseits und dem benachbarten Pumpraum H₁ verbleibende schädliche Raum derart gering gehalten werden, dass auch die Erzeugung eines sehr niedrigen Endvakuums möglich ist. Während der zum benachbarten Pumpraum H₁ führende Leitungsabschnitt L_a einen vergleichsweise kleinen lichten Leitungsquerschnitt hat, kann der zwischen den Rückschlagventilen RV1 und RV2 vorgesehene Leitungsabschnitt L_b gegebenenfalls auch einen größeren Leitungsquerschnitt haben.

[0033] In dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Leitungsabschnitte L_a und L_b vergleichbare lichte Leitungsquerschnitte auf.

Patentansprüche

1. Mehrstufige Membran-Saugpumpe (10) mit mindestens zwei Pumpräumen (H₁, H₂, H₃), die jeweils einen, wenigstens ein Einlassventil (SV1, SV2, SV3) aufweisenden Fluideinlass und einen, zumindest ein Auslassventil (DV1, DV2, DV3) aufweisenden Fluidauslass haben, sowie mit einer, die Fluideinlässe der Pumpräume (H₁, H₂, H₃) verbindenden Saugleitung (A), wobei einander nachfolgende Pumpräume (H₁, H₂, H₃) jeweils über mindestens eine Verbindungsleitung (C1, C2) derart miteinander verbunden sind, dass die Membranpumpe (10) bei Erreichen/Überschreiten eines Differenzdruckes in der Saugleitung (A) von einem parallel arbeitenden Betrieb ihrer Pumpräume (H₁, H₂, H₃) in einen zumindest auch seriell arbeitenden Betrieb dieser Pumpräume (H₁, H₂, H₃) übergeht, wobei im Einströmbereich im Aus-

strömbereich der mindestens einen Verbindungsleitung (C1, C2) jeweils wenigstens ein, zur nachfolgenden Pumpstufe öffnendes Rückschlagventil (RV1, RV2, RV3, RV4) zwischengeschaltet ist, und wobei die im Einström- und im Ausströmbereich der Verbindungsleitung(en) (C1, C2) vorgesehenen Rückschlagventile (RV1, RV2, RV3, RV4) im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen (SV1, SV2, SV3; DV1, DV2, DV3) der Pumpräume (H₁, H₂, H₃) kleiner ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** diesen Rückschlagventilen (RV1, RV2, RV3, RV4) jeweils ein zum benachbarten Pumpraum (H₁, H₂, H₃) hin offener Leitungsabschnitt der verbindungsleitung (C1, C2) mit einem im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen (SV1, SV2, SV3; DV1, DV2, DV3) kleineren lichten Leitungsquerschnitt zugeordnet ist, und dass in den zwischen der ersten und der letzten Pumpstufe der Membran-Saugpumpe verbleibenden bzw. mittleren Pumpstufen jeweils zumindest ein Einlass- (SV2), ein Auslass- (DV2) und zwei Rückschlagventile münden (RV2, RV3).

2. Membran-Saugpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückschlagventile (RV1, RV2, RV3, RV4) derart dimensioniert und/oder ausgelegt sind, dass in der Startphase eines Pumpvorgangs die Einlass- und die Auslassventile (SV1, SV2, SV3; DV1, DV2, DV3) arbeiten und die Rückschlagventile (RV1, RV2, RV3, RV4) in der nachfolgenden Phase des Pumpvorgangs, vorzugsweise etwa im optimalen Umschaltpunkt, aktiviert werden.
3. Membran-Saugpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** den Rückschlagventilen (RV1, RV2, RV3, RV4) jeweils ein mit dem benachbarten Pumpraum (H₁, H₂, H₃) verbundener Leitungsabschnitt des Verbindungskanals (C1, C2) zugeordnet ist, der im Vergleich zu den Einlass- und Auslassventilen (SV1, SV2, SV3; DV1, DV2, DV3) derart dimensioniert ist, dass diese Leitungsabschnitte einen demgegenüber kleineren schädlichen Raum bilden.
4. Membran-Saugpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Saugleitung (A) und/oder die Druckleitung (B) im Vergleich zur zumindest einen Verbindungsleitung (C1, C2) einen größeren lichten Leitungsquerschnitt hat.
5. Membran-Saugpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslassventile (DV1, DV2, DV3) gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Geräuschdämpfers zur Atmosphäre hin offen ausgebildet sind.
6. Membran-Saugpumpe nach einem der Ansprüche

1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückschlagventile (RV1, RV2, RV3, RV4) jeweils eine Ventilscheibe als Ventil- oder Sperrkörper aufweisen und dass der den Wechsel zur seriellen Betriebsweise auslösende Druckbereich des Differenzdruckes durch Festlegen des Scheibendurchmessers und/oder Abstimmen der Masse der Ventilscheiben vorwählbar oder festlegbar ist.

7. Membran-Saugpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die, nachfolgenden Pumpstufen zugeordneten Membranen hinsichtlich ihrer Ansaug- und Ausstoßbewegungen versetzt zueinander getaktet sind.
8. Membran-Saugpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nachfolgenden Pumpstufen zugeordneten Membranen hinsichtlich ihrer Ansaug- und Ausstoßbewegungen um 180° versetzt zueinander getaktet sind.
9. Membran-Saugpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der ersten und der letzten Pumpstufe der Membran-Saugpumpe jeweils zumindest ein Einlass- (SV1, SV3), ein Auslass- (DV1, DV3) und ein Rückschlagventil (RV1, RV4) mündet.

Claims

1. Multi-stage diaphragm suction pump (10) having at least two pump chambers (H_1 , H_2 , H_3) each of which has a fluid inlet comprising at least one inlet valve (SV1, SV2, SV3) and a fluid outlet comprising at least one outlet valve (DV1, DV2, DV3), and having a suction line (A) connecting the fluid inlets of the pump chambers (H_1 , H_2 , H_3), successive pump chambers (H_1 , H_2 , H_3) each being connected to one another via at least one connecting line (C1, C2), such that on reaching or exceeding a differential pressure in the suction line (A) the diaphragm pump (10) goes from a parallel mode of operation of its pump chambers (H_1 , H_2 , H_3) into a mode of operation of these pump chambers (H_1 , H_2 , H_3) that is at least also serial, wherein at least one non-return valve (RV1, RV2, RV3, RV4) opening towards the following pump stage is interposed in each case in the inflow and in the outflow region of the at least one connecting line (C1, C2), and wherein the non-return valves (RV1, RV2, RV3, RV4) provided in the inflow and outflow regions of the connecting line(s) (C1, C2) are smaller in construction compared with the inlet and outlet valves (SV1, SV2, SV3; DV1, DV2, DV3) of the pump chambers (H_1 , H_2 , H_3), **characterised in that** associated with each of these non-return valves (RV1, RV2, RV3, RV4) is a line section of the connecting line (C1, C2) open towards the adjacent pump cham-

ber (H_1 , H_2 , H_3), with an internal cross-section that is smaller than that of the inlet and outlet valves (SV1, SV2, SV3; DV1, DV2, DV3), and **in that** at least one Inlet valve (SV2), one outlet valve (DV2) and two non-return valves (RV2, RV3) open into the central pump stages, or the pump stages remaining between the first and last pump stage of the diaphragm suction pump.

2. Diaphragm suction pump according to claim 1, **characterised in that** the non-return valves (RV1, RV2, RV3, RV4) are dimensioned and/or designed such that the inlet and outlet valves (SV1, SV2, SV3; DV1, DV2, DV3) operate in the start-up phase of a pumping operation and the non-return valves (RV1, RV2, RV3, RV4) are activated in the subsequent phase of the pumping process, preferably at approximately the optimum switchover point.
3. Diaphragm suction pump according to claim 1 or 2, **characterised in that** associated with each of the non-return valves (RV1, RV2, RV3, RV4) is a line section of the connecting channel (C1, C2) connected to the adjacent pump chamber (H_1 , H_2 , H_3), which is dimensioned by comparison with the inlet and outlet valves (SV1, SV2, SV3; DV1, DV2, DV3) such that these line sections form a smaller harmful space.
4. Diaphragm suction pump according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the suction line (A) and/or the pressure line (B) has a larger internal line cross-section by comparison with the at least one connecting line (C1, C2).
5. Diaphragm suction pump according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the outlet valves (DV1, DV2, DV3) are configured to be open to the atmosphere, optionally via an interposed noise muffler.
6. Diaphragm suction pump according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the non-return valves (RV1, RV2, RV3, RV4) each comprise a valve disc as a valve or blocking member and **in that** the pressure range of the differential pressure that triggers the switch to serial operation can be selected or fixed by determining the disc diameter and/or adjusting the mass of the valve discs.
7. Diaphragm suction pump according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the diaphragms associated with successive pump stages are timed to be offset from one another in terms of their intake and delivery actions.
8. Diaphragm suction pump according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** the diaphragms associated with successive pump stages are timed to be

offset by 180° relative to one another in terms of their intake and delivery actions.

9. Diaphragm suction pump according to one of claims 1 to 8, **characterised in that** at least one inlet valve (SV1, SV2), one outlet valve (DV1, DV3) and one non-return valve (RV1, RV4) open into the first and last pump stage of the diaphragm suction pump.

Revendications

1. Pompe aspirante à membrane (10) à plusieurs étages, avec au moins deux chambres de pompe (H_1 , H_2 , H_3) qui possèdent chacune une admission de fluide présentant au moins une soupape d'admission (SV1, SV2, SV3) et une évacuation de fluide présentant au moins une soupape d'évacuation (DV1, DV2, DV3), et avec une conduite d'aspiration (A) reliant les admissions de fluide des chambres de pompe (H_1 , H_2 , H_3), sachant que des chambres de pompe successives (H_1 , H_2 , H_3) sont respectivement reliées entre elles par l'intermédiaire d'au moins une conduite de liaison (C1, C2) de telle sorte que la pompe à membrane (10), à l'atteinte/au dépassement d'une pression différentielle dans la conduite d'aspiration (A), passe d'un fonctionnement en parallèle de ses chambres de pompe (H_1 , H_2 , H_3) à un fonctionnement au moins également en série de ces chambres de pompe (H_1 , H_2 , H_3), sachant qu'est respectivement intercalé, dans la région de flux entrant et dans la région de flux sortant de la conduite de liaison au moins unique (C1, C2), au moins un clapet antiretour (RV1, RV2, RV3, RV4) s'ouvrant vers l'étage de pompe suivant, et sachant que les clapets antiretour (RV1, RV2, RV3, RV4) prévus dans la région de flux entrant et dans la région de flux sortant de la ou des conduites de liaison (C1, C2) sont réalisés plus petits que les soupapes d'admission et d'évacuation (SV1, SV2, SV3 ; DV1, DV2, DV3) des chambres de pompe (H_1 , H_2 , H_3), **caractérisée en ce qu'à** ces clapets antiretour (RV1, RV2, RV3, RV4) est respectivement associé un tronçon de conduite de la conduite de liaison (C1, C2) qui est ouvert en direction de la chambre de pompe voisine (H_1 , H_2 , H_3) et qui est doté d'une section de passage plus petite que les soupapes d'admission et d'évacuation (SV1, SV2, SV3 ; DV1, DV2, DV3), et **en ce qu'**au moins une soupape d'admission (SV2), une soupape d'évacuation (DV2) et deux clapets antiretour (RV2, RV3) débouchent respectivement dans les étages de pompe restants ou encore intermédiaires entre le premier et le dernier étage de pompe de la pompe aspirante à membrane.
2. Pompe aspirante selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les clapets antiretour (RV1, RV2, RV3, RV4) sont dimensionnés et/ou conçus de telle

sorte que les soupapes d'admission et les soupapes d'évacuation (SV1, SV2, SV3 ; DV1, DV2, DV3) fonctionnent dans la phase de démarrage d'un processus de pompage et que les clapets antiretour (RV1, RV2, RV3, RV4) sont activés dans la phase suivante du processus de pompage, de préférence environ au point de commutation optimal.

3. Pompe aspirante selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce qu'un** tronçon de conduite de la conduite de liaison (C1, C2) qui est relié à la chambre de pompe voisine (H_1 , H_2 , H_3) est respectivement associé aux clapets antiretour (RV1, RV2, RV3, RV4), tronçon qui est dimensionné, par rapport aux soupapes d'admission et d'évacuation (SV1, SV2, SV3 ; DV1, DV2, DV3), de telle sorte que ces tronçons de conduite forment une chambre morte plus petite que ces soupapes.
4. Pompe aspirante selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la conduite d'aspiration (A) et/ou la conduite de refoulement (B) possèdent une plus grande section de passage que la conduite de liaison au moins unique (C1, C2).
5. Pompe aspirante selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** les soupapes d'évacuation (DV1, DV2, DV3) sont conçues pour s'ouvrir vers l'atmosphère, éventuellement avec intercalation d'un silencieux.
6. Pompe aspirante selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** les clapets antiretour (RV1, RV2, RV3, RV4) présentent chacun un disque de clapet comme corps de clapet ou d'obturation, et **en ce que** la plage de pression de la pression différentielle qui déclenche le passage au mode de fonctionnement en série peut être présélectionnée ou définie en définissant le diamètre du disque et/ou en adaptant le poids des disques de clapet.
7. Pompe aspirante selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** les membranes associées à des étages de pompe consécutifs sont cadencées en décalage mutuel en ce qui concerne leurs mouvements d'aspiration et d'expulsion.
8. Pompe aspirante selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** les membranes associées à des étages de pompe consécutifs sont cadencées en décalage mutuel de 180° en ce qui concerne leurs mouvements d'aspiration et d'expulsion.
9. Pompe aspirante selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce qu'**au moins une soupape d'admission (SV1, SV3), une soupape d'évacuation (DV1, DV3) et un clapet antiretour (RV1, RV4) débouchent respectivement dans le premier et le der-

nier étages de pompe de la pompe aspirante à membrane.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

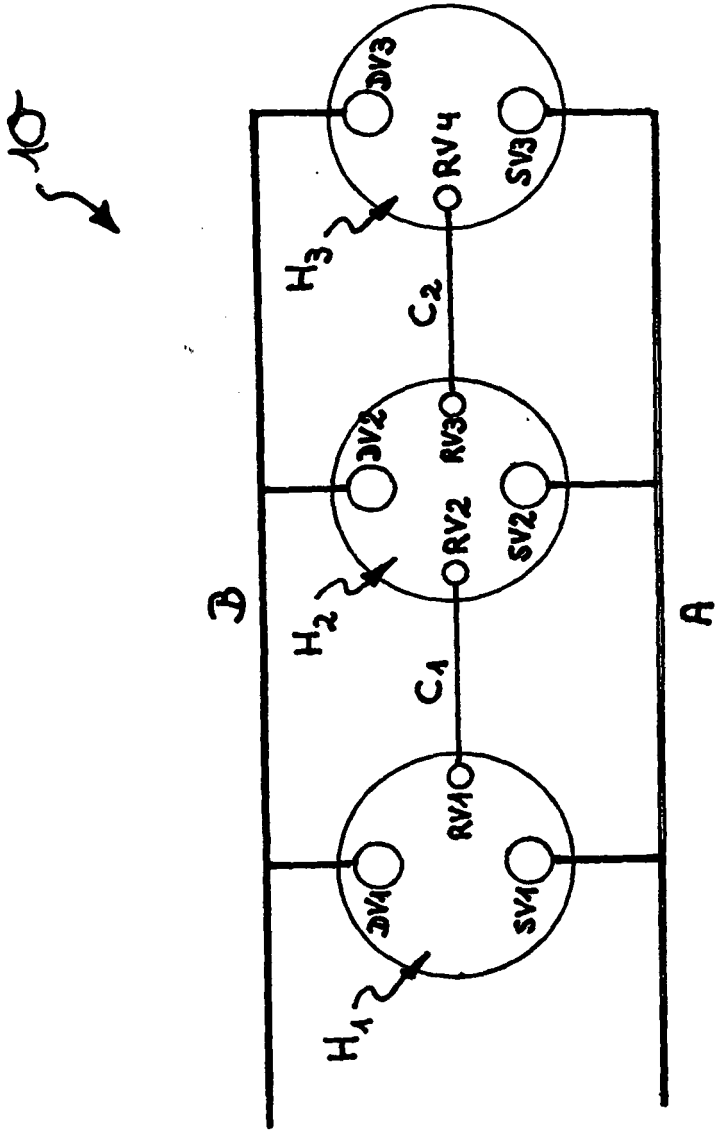


Fig. 1

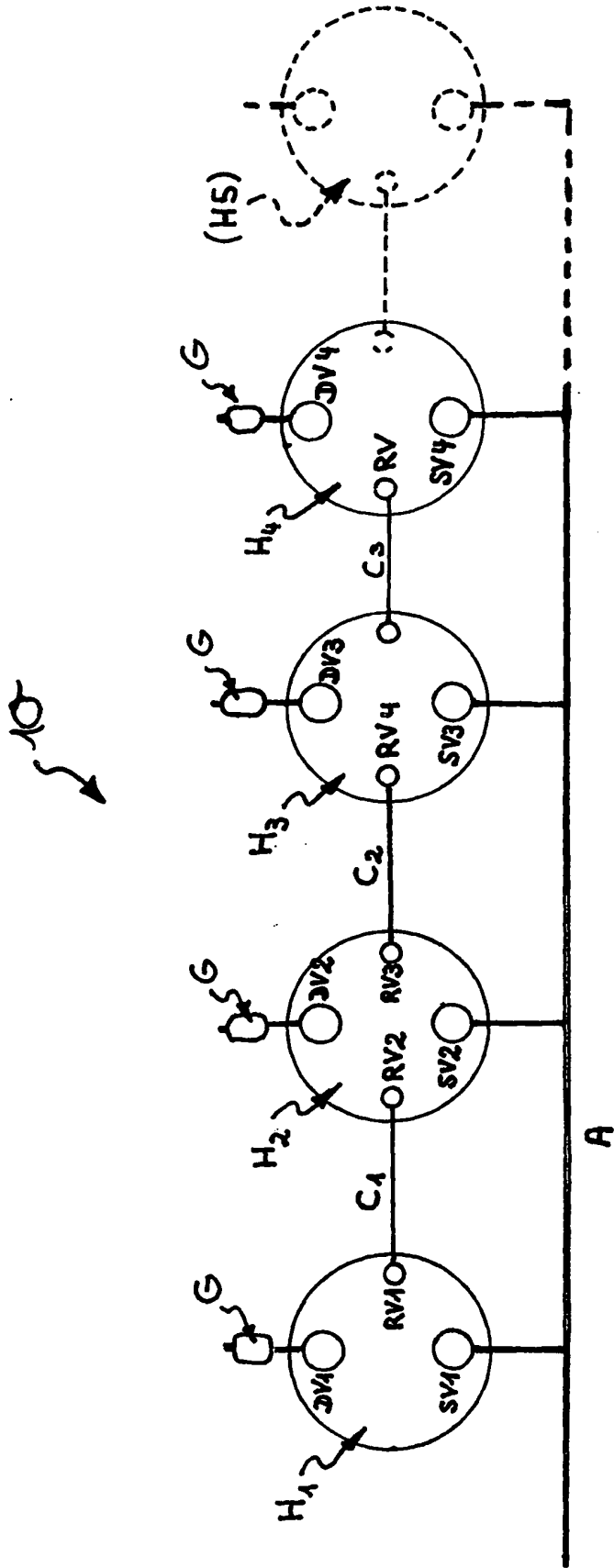


Fig. 2

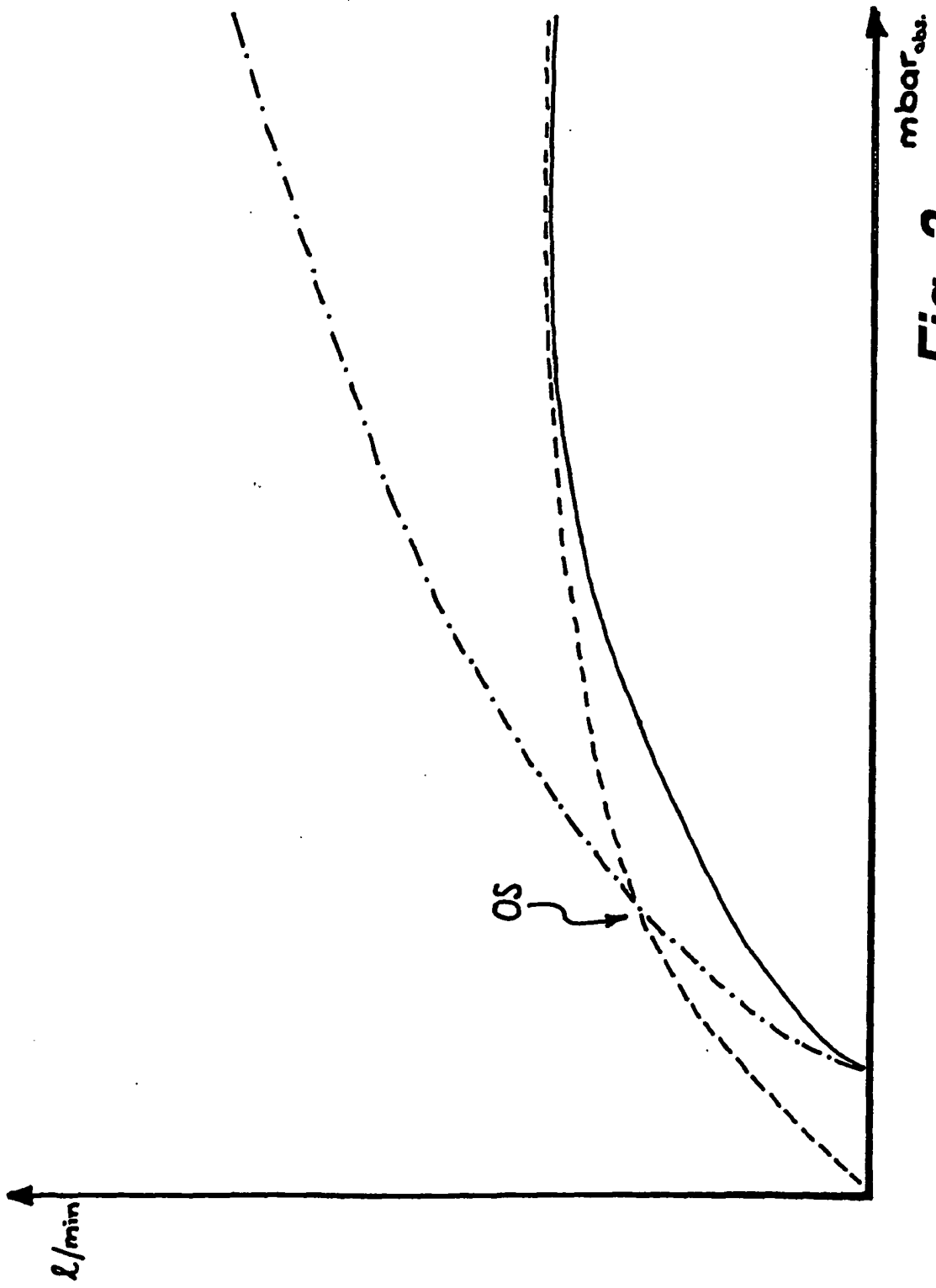


Fig. 3

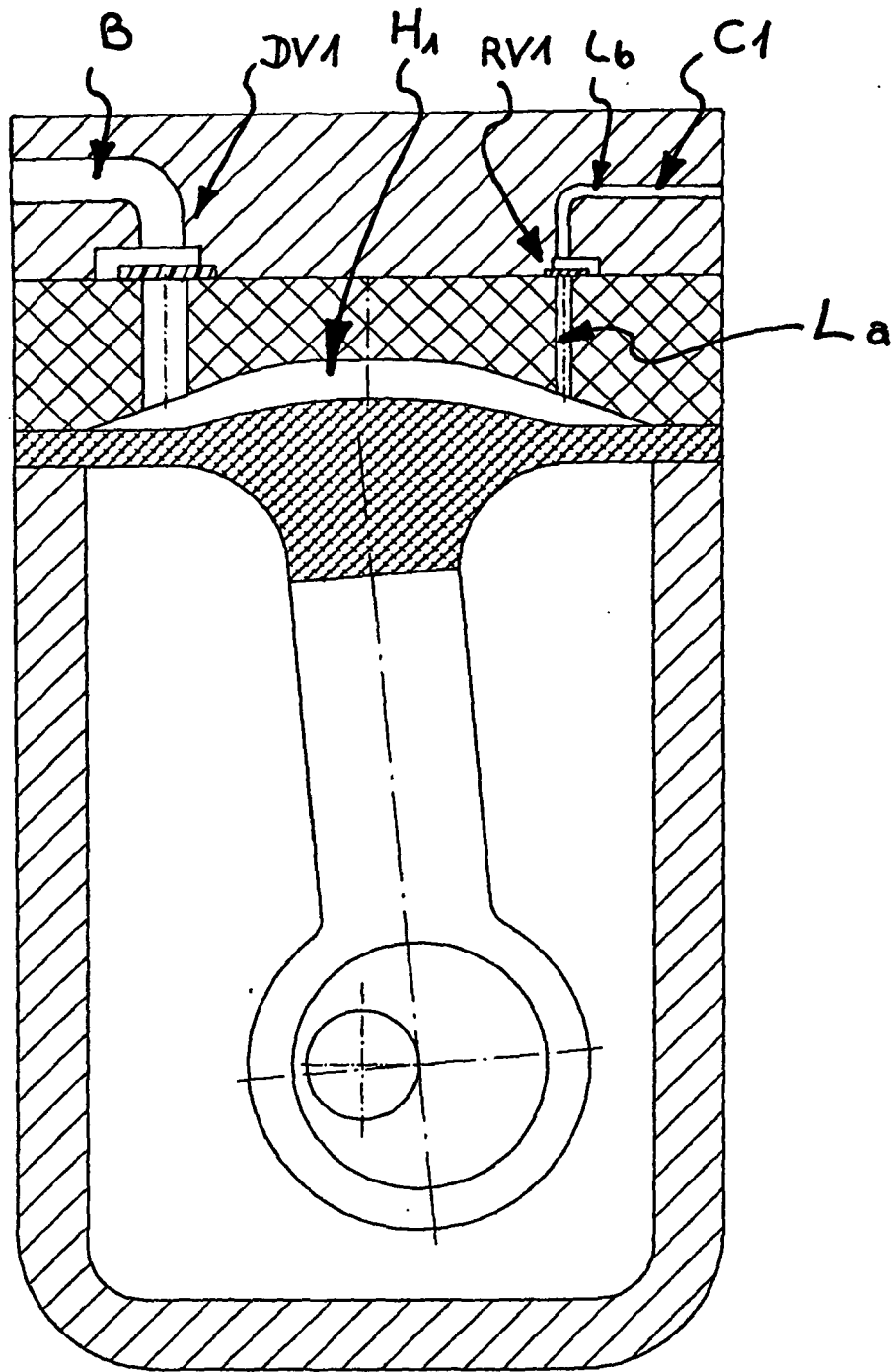


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2004088138 A [0003]
- DE 102006043159 B3 [0006] [0011]
- DE 20202190 U1 [0007] [0008]
- DE 10200604315933 [0008]