



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.10.2003 Patentblatt 2003/42

(51) Int Cl.7: **F04B 43/073**

(21) Anmeldenummer: **03006884.5**

(22) Anmeldetag: **31.03.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(71) Anmelder: **Bayer Aktiengesellschaft**
51368 Leverkusen (DE)

(72) Erfinder:
 • **Jähn, Peter**
51375 Leverkusen (DE)
 • **Krumbach, Bernhard**
51375 Leverkusen (DE)

(30) Priorität: **12.04.2002 DE 10216146**

(54) **Membranpumpe**

(57) Es wird eine Membranpumpe mit einem mehrteiligen Pumpenkörper beschrieben. Die Pumpe besteht wenigstens aus drei starren Platten (201, 203, 205) und wenigstens zwei zwischen diesen Platten (201, 203, 205) angeordneten, elastischen Membranen (204, 202), wobei die Platten (201, 203, 205) insbesondere eine Pumpkammer (211) und mindestens zwei Absperrkammern (210, 212) mit je einer Einlass- (240) und einer Auslassöffnung (241) für das Fördergut bilden,

und die Pumpkammern (211) und Absperrkammern (210, 212) zusammen mit einem Einlasskanal (207) den Verbindungskanälen (208) und (209) sowie einem Auslasskanal (206) einen Durchlasskanal bilden, wobei die Pumpkammer (211) und die Absperrkammern (210, 212) durch die Membranen (204, 202) in je einen Produktraum (230, 231, 232) und einen Steuerraum (220, 221, 222) getrennt sind und die Steuerräume (220, 221, 222) Steuerleitungen (119, 120, 121) aufweisen, die mit einer Steuereinheit (100, 115) verbunden sind.

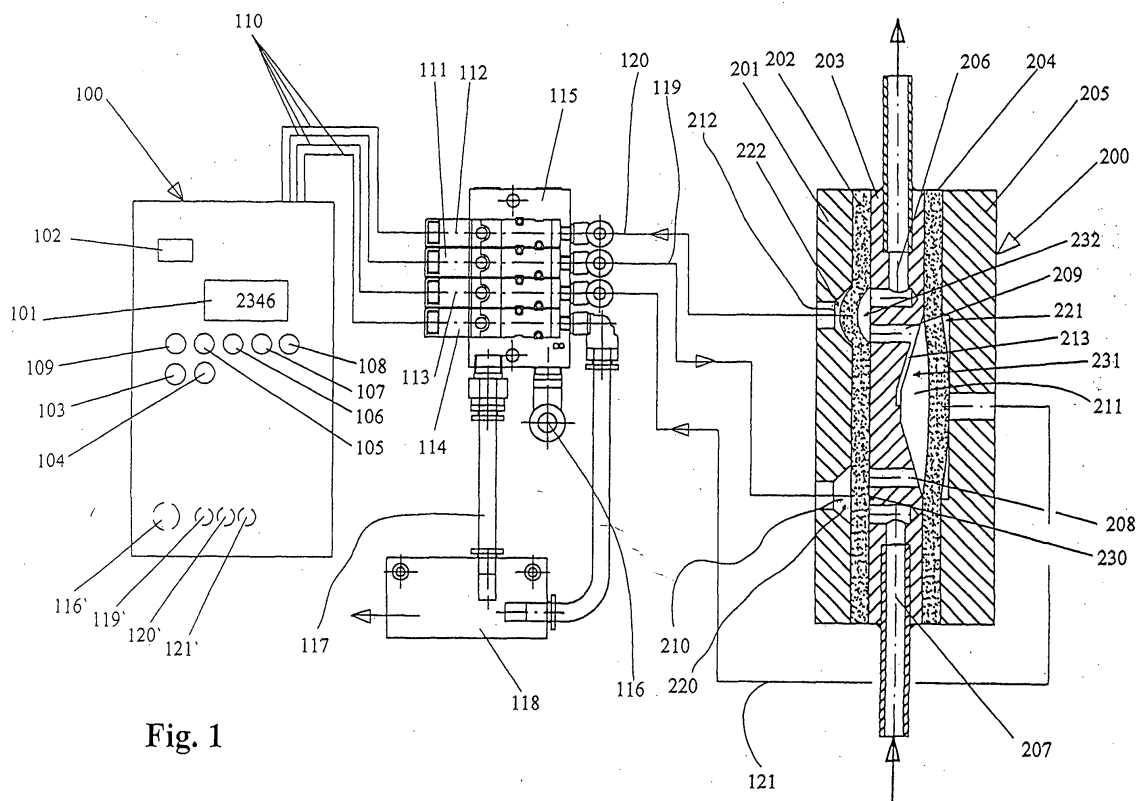


Fig. 1

Beschreibung

[0001] In chemischen Forschungslaboratorien werden chemische Reaktionen in 100 ml-Glasgefäßen durchgeführt. Für derartige Reaktionen muss der zusätzliche apparative Aufwand und somit die apparativen Kosten für einen Versuchsaufbau möglichst gering gehalten werden. Für eine kontinuierlich - oder auch diskontinuierlich - arbeitende Versuchsanlage werden Dosier- und Förderpumpen benötigt, die sehr kompakt, verstopfungsunempfindlich und reproduzierbar kleine Substanzmengen im Bereich von kleiner 1 ml pro Minute dosieren können. In den Laboratorien werden in kurzen Zeitabständen unterschiedliche Reaktionen durchgeführt, dadurch ändern sich die Versuchsbedingungen und auch die eingesetzten Chemikalien, so dass viele Stoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften möglichst mit einem Pumpentyp genau dosiert werden muss. Die Dosiergenauigkeit der Pumpen definiert sich im wesentlichen aus der Kurzzeitgenauigkeit. Dabei müssen die zu dosierenden Substanzen in kurzen Zeitabständen (Sekunden oder Minuten) mit geringem Fehler reproduzierbar dosiert werden.

[0002] Insbesondere werden für derartige Aufgaben bekannte Kolben- oder Membranpumpen eingesetzt. Bei diesen Pumpentypen handelt es sich um oszillierende Verdrängerpumpen. Diese Pumpen arbeiten nach dem Verdrängungsprinzip und sind mit Rückschlagventilen auf der Pumpensaug- und -druckseite ausgerüstet. Eine Dosiermengenänderung erfolgt durch Variation des Kolben- oder Membranhubes, so dass ein verändertes Totraumvolumen je nach eingestelltem Hub im Pumpenkopf entsteht. Die Rückschlagventile nehmen entscheidend Einfluss auf die Pumpfunktion und die Dosiergenauigkeit der Pumpen.

[0003] Das führt dazu, dass ein reproduzierbares Dosieren kleinster Flüssigkeitsmengen direkt von der Funktionsfähigkeit der produktberührten Pumpenventile abhängt. Die Öffnungs- und Schließfunktion der Ventile sind abhängig von der Dichte und Viskosität der zu fördernden Substanz, deshalb ist ein reproduzierbares und substanzunabhängiges Schließen bzw. Öffnen nicht gewährleistet und es kommt zu Dosierabweichungen, insbesondere innerhalb kleiner Zeitabschnitte (Kurzzeitgenauigkeit). Des weiteren ist der Weg des Schließkörpers in den Rückschlagventilen nicht linear, der z.B. kugelige Schließkörper beschreibt eine Taumelbewegung bis er im Dichtsitz liegt und den Substanzdurchgang versperrt. Es ist bekannt, dass vorzugsweise Kugelrückschlagventile in Kolben- und Membranpumpenköpfen eingesetzt werden. Die Veränderung der Pumpleistung erfolgt durch Veränderung des Hubes, so dass die Kolben oder Membranen nicht mehr den maximalen Hubweg durchlaufen und dadurch auch das Ansaugverhalten verschlechtert wird.

[0004] Insbesondere wird beim Dosieren flüssiger Substanzen mit unterschiedlicher Viskosität und oder Dichte immer eine abhängige Schließzeit der Rückschlagventile initiiert, was zur Erhöhung des Dosierfehlers führt.

[0005] Die bekannten Kolben- und Membranpumpen werden über ein Getriebe mit Nocken- bzw. Exzenterwelle angetrieben. Die direkte Kopplung dieser Pumpen mit dem Antrieb führt zu großen Geräteabmessungen, deren Bauform für viele miniaturisierte Versuchsanlagen zu groß ist. Die mechanischen Antriebe müssen präzise gefertigt werden und erhöhen die Investitionskosten. Pulsierende Verdrängerpumpen werden auch mit Magnetantrieben ausgerüstet. Dadurch sind die Bauabmessungen dieser Pumpentypen geringfügig kleiner und die Pumpen besitzen ein konstantes Totvolumen im Pumpenkopf.

[0006] Es sind Mikrosystempumpen bekannt, mit denen sehr kleine Flüssigkeitsmengen gefördert werden können. Die Mikropumpen sind sog. Präzisionspumpen deren Funktion bei geringsten produktseitigen Verunreinigung nicht mehr gewährleistet ist. Die Strömungskanäle und Verdrängerräume innerhalb der Mikropumpenköpfe besitzen Abmessungen von wenigen μ -Metern. Verunreinigte Produkte verstopfen Strömungskanäle sofort, oder blockieren die dynamisch bewegten Pumpenteile, so dass ein Dosiervorgang schnell unterbrochen werden kann. Kleine Produktkanäle lassen ein Fördern und Dosieren von viskosen Substanzen nicht zu, weil der Druckverlust zu groß ist.

[0007] Es sind verschiedene Mikromembranpumpen bekannt, die aufgrund von piezoelektrischen bzw. thermopneumatischen Antrieben sehr kleine bauliche Abmessungen haben und dadurch kleine Substanzmengen dosieren können. In der Patentschrift DE 4402119 C2 wird eine Mikromembranpumpe beschrieben, die ebenfalls thermisch angetrieben wird. Diese Antriebssysteme funktionieren immer nach dem Prinzip einer thermisch initiierten Volumenausdehnung auf einer Membranseite, so dass die Fördermembran der Pumpe durch die Auslenkung eine Pumpwirkung erzeugt. Mit diesen Antriebssystemen können keine größeren Differenzdrücke überwunden werden um z. B. eine flüssige Substanz in einen unter höheren Druck stehenden Behälter zu dosieren. Desweiteren neigen diese Pumpen zur Verstopfung, so dass der betriebliche Einsatz in chemischen Laboratorien nicht zufriedenstellend ist und in präparativen chemischen Laboratorien derartige Pumpen nicht zu Einsatz kommen.

[0008] Mikrosystempumpen, sogenannte Zahnringpumpen arbeiten mit hohen Drehzahlen und erzeugen im Ringspalt einen Druck. Während des Druckaufbaues im ableitenden Bereich der Pumpe erfolgt eine Rückströmung in den ansaugenden Bereich, insbesondere aufgrund der mechanischen Toleranzen von Rotor und Stator der Pumpe, so dass der Pumpenwirkungsgrad stark reduziert wird. Aufgrund der geringen Antriebsleistung der Mikrosystempumpen ist das reproduzierbare Dosieren von niederviskosen Substanzen gegen hohen Druck in der Regel nicht gewährleistet.

[0009] Deshalb liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde eine Pumpe zu entwickeln, die stark miniaturisiert ist, kleine Volumenmengen, z.B. von 5 μ l bis 1000 μ l/Hub und pro Zeiteinheit, fördert und eine hohe Kurzzeit-Dosiergenauigkeit

besitzt. Die Pumpe soll ein gutes Ansaugverhalten haben und gegen Druck fördern, so dass selbst im nicht gefluteten Zustand des Pumpenkopfes ein Fördern gegen Druck möglich ist. Das Dosieren von Substanzen mit unterschiedlicher Dichte soll keinen wesentlichen Einfluss auf die Fördergenauigkeit und das Dosierverhalten haben. Die Störanfälligkeit gegen Verstopfung durch Produktverunreinigungen soll wesentlich herabgesetzt werden, so dass auf zusätzliche Fein-

5 filter, auf der Ansaugseite der Pumpe, verzichtet werden kann. Erforderliche Saug- und Druckventile des Pumpenkopfes sollen dichteunabhängig, reproduzierbar öffnen und schließen und insbesondere im geschlossenen Zustand gegen Gasdruck dicht sein, so dass während des Pumpens keine Rückströmung erfolgt, ein hoher Wirkungsgrad erzielt und dadurch ein genaues Pumpen gegen Druck ermöglicht wird. Die Dosierleistung der zu fördernden Volumenströme muss einfach einstellbar bzw. variierbar sein und soll 5 bis 100.000 µl/Hub, bevorzugt 10 bis 10.000 µl/Hub und be-

10 sonders bevorzugt 10 bis 1.000 µl/Hub betragen. Die Pumpe soll insbesondere aufgrund unterschiedlicher Korrosionsanforderungen in der chemischen Industrie aus diversen resistenten Werkstoffen preiswert herstellbar sein. Aufgrund der gelegentlich rauen Betriebsbedingungen sollten Reparatur und Wartung einfach und preiswert sein.

[0010] Des weiteren sollen Investitionsvorteile gegenüber dem Stand der Technik deutlich sichtbar werden. Die Auslegung der Steuerung oder Antriebstechnik soll keinen Einfluss auf die Pumpenkopfgröße und die Integrationsmöglich-

15 keit in einen miniaturisierten Versuchsanlagenaufbau nehmen. Die Pumpe soll modular aufgebaut sein, so dass durch entsprechende Ergänzungen oder Austausch von Modulteilen, die Dosierpumpe einfach modifiziert werden kann. Die Änderung der Dosierleistung sollte erfolgen, ohne dass der Verdrängerweg der Membran bzw. des Kolbens im Pumpenkopf das Totvolumen vergrößert, so dass das angesaugte Flüssigkeitsvolumen zu jeder Zeit vollständig aus dem Pumpenkopf verdrängt wird.

[0011] Die Aufgabe wurde erfindungsgemäß gelöst durch einen modular lamellenartig aufgebauten pneumatisch angetriebenen Pumpenkopf, der aus mindestens drei starren Lamellen (Platten) besteht und im Bereich der einzelnen Trennebene der mittleren Platte und der jeweils angrenzenden benachbarten Platten mindestens eine konkave Vertiefung vorhanden ist und jede Vertiefung von einer elastischen Membran vollständig überdeckt wird und die Membran auf der einen Seite Teil des Produktraumes der Pumpe ist und die andere Seite Teil des Steuerraumes ist. Die Vertiefungen einoder beidseitig der Membran bilden den max. Weg um den die elastische Membran ausgelenkt werden kann.

25

[0012] Gegenstand der Erfindung ist eine Membranpumpe mit einem mehrteiligen Pumpenkörper, wenigstens umfassend drei starre Platten und je eine zwischen diesen Platten angeordnete elastische Membran, wobei die Platten mindestens eine Pumpkammer und mindestens zwei Absperrkammern, insbesondere in einer räumlichen Form eines abgestumpften Kugelabschnitts einer Kugelzone (Kalotten), Zylinders oder Kegels, mit je einer Einlass- und einer Auslassöffnung für das Fördergut bilden, und die Pump- und Absperrkammern über Verbindungskanäle miteinander verbunden sind, und zusammen mit einem Einlasskanal, den Verbindungskanälen sowie einem Auslasskanal einen Durchlasskanal bilden, dadurch gekennzeichnet dass die Pump- und Absperrkammern durch die Membranen in je einen Produktraum und einen Steuerraum geteilt sind und die Steuerräume Steuerleitungen aufweisen, die mit einer Steuereinheit verbunden sind.

30

[0013] Der Steuerraum wird bei pneumatischer Ansteuerung insbesondere über einen Kanal, der durch die jeweilige äußere Platte geführt ist, mit z.B. einer elektro-pneumatischen Steuereinheit, die in einer Nebenleitung z.B. einen Vakuumerzeuger hat, verbunden, um eine alternierende Druck- oder Vakuumbeaufschlagung des Steuerraumes zu ermöglichen. Ebenso ist es möglich, eine hydraulische Flüssigkeit zur Druck- und Zugbeaufschlagung des Steuerraumes zu verwenden. Gemäß eines Steuerprogramms, welches mindestens vier hintereinander ablaufende Steuerschritte mit jeweils zugehörendem Zeitglied hat, werden beispielsweise die Membranen in den Pump- und Absperrkammern verformt, so dass sich alternierend der Steuer- oder der Produktraum vergrößert bzw. verkleinert. Die Membran öffnet oder verschließt gleichzeitig die im Membranbereich liegende Ein- und Auslassöffnung der Kammern, so dass beim Schließvorgang mindestens die produktberührten Zuführkanäle dicht verschlossen sind und bei vorgegebener Steuerung mindestens eine, der in Strömungsrichtung liegenden Membranen eine reproduzierbare Volumenverdrängung erzeugt. Die Steuereinheit ist insbesondere aufgrund des erforderlichen Miniaturisierungsgrades dezentral angeordnet und bei pneumatischer Steuerung z.B. mit flexiblen Schläuchen mit dem Pumpenkopf verbunden.

35

40

45

[0014] Unter Steuereinheit wird hier eine Kombination aus elektronischer Steuerung und Aktoren verstanden, z.B. elektro-pneumatische Schaltventile, die auf einem Druckluft-/Vakuumverteiler montiert sind, welcher einen in einer Nebenleitung befindlichen pneumatischen Unterdruckerzeuger hat. Die elektronische Steuerung und die Aktoren können z.B. zusammen in ein Gehäuse montiert sein. Die elektropneumatischen Ventile werden mittels eines Steuerprogramms bedient, um eine exakte Folge von Arbeitsschritten für den Pumpvorgang durchzuführen.

50

[0015] Insbesondere sind die Absperr- und Pumpkammern randseitig durch die eingelegten und verpressten Membranen abgedichtet.

[0016] Bevorzugt ist eine Ausführung, bei der jede Absperr- und Pumpkammer eine einzeln zugeordnete Membran hat und die Membranen zwischen die Platten eingelegt sind. Durch z.B. Verschrauben der Platten werden die Membranen eingeklemmt um in den Trennebenen der Platten die druckbeaufschlagten Steuer- und Produkträume nach außen dicht zu verschließen.

55

[0017] Das Einklemmen der Membranen zwischen den Platten hat für den Anwender im Reparaturfall Vorteile, so

dass bei einem eventuellen Defekt des Pumpenkopfes nur die kleine Teilmembran ausgetauscht werden muss und erhebliche Materialkosten eingespart werden. Eine Zuordnung der Teilmembran zur jeweiligen Kammer, ermöglicht eine standardisierte Membranfertigung und verringert die Fertigungskosten.

[0018] Eine bevorzugte Ausführungsform der Pumpe, hat mindestens im Produktraum der Pumpkammer eine Nut, die den Scheitelpunkt der Pumpkammer mit der Auslassöffnung der Pumpkammer verbindet.

[0019] Die verbindende Nut, vom Scheitelpunkt zur Auslassöffnung der Pumpkammer erhöht die Genauigkeit und die Reproduzierbarkeit des Fördervorgangs, indem ein vollständiger Abfluss des Dosiervolumens gewährleistet wird. Die Nut bildet einen ableitenden Sammelkanal für das Dosiergut und kompensiert Verformungsdifferenzen der elastischen Membran. Zwischen Einlass der Kammer und Nut muss eine Fläche vorhanden sein, so dass die Membran die Einlassöffnung der Kammer zur Nut abdichten kann. Die Nut kann in einfachster Ausführung ein gestreckter Kanal sein, die Nut kann aber auch in der Vertiefung eine verzweigte Kontur besitzen.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Pumpe, ist der Steuerdruck auf der Membran in allen Stellerräumen mindestens um 0,1 bar höher einstellbar, als der herrschende Druck am Auslasskanal, bevorzugt ist der Steuerdruck mindestens um 0,5 bar höher und besonders bevorzugt ist der Steuerdruck um 1 bar höher als der Druck am Auslasskanal.

[0021] Der höhere Differenzdruck zwischen Auslasskanal und steuerseitigem Druck stellt das dichte Verschließen der jeweiligen Einlassöffnungen in den Kammern durch die Membran sicher.

[0022] Die Membranen bestehen bevorzugt aus einem elastischen Material, insbesondere einem Elastomer, Silikon, Viton, Teflon oder einem EPDM-Kautschuk.

[0023] Besonders vorteilhaft ist eine bevorzugte Ausführung der Pumpe, bei der mehrere Absperrkammern eine gemeinsame Membran aufweisen.

[0024] Eine bevorzugte Ausführung der Membranpumpe ist dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe aus mindestens drei Platten besteht und die Pump- und Absperrkammern durch Vertiefungen in den Platten gebildet sind.

[0025] In einer besonders bevorzugten Bauform besteht die Pumpe aus mindestens drei Platten und die Pump- und Absperrkammern sind durch Vertiefungen in einer mittleren Platte gebildet.

[0026] Eine andere besonders bevorzugte Form der Membranpumpe ist dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe aus mindestens drei Platten besteht und die Pump- und Absperrkammern durch Vertiefungen in den äußeren Platten gebildet sind.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die der Membrane gegenüberliegende Wand des Stellerraums mindestens in der Pumpkammer ein Ausgleichsvolumen, insbesondere eine flächige Vertiefung auf, in die sich die Membrane bei Unterdruck im Stellerraum anschmiegt.

[0028] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Membranpumpe beträgt das Ausgleichsvolumen höchstens 100 % des jeweiligen zugehörigen Produktraumvolumens, bevorzugt beträgt das Ausgleichsvolumen höchstens 20 %, und besonders bevorzugt beträgt das Ausgleichsvolumen höchstens 10 % des Produktraumvolumens.

[0029] Typischerweise sind die Produkträume der Absperrkammern kleiner als der Produktraum der Pumpkammer ausgeführt.

[0030] Der Mittenabstand des jeweils benachbarten Einlasses und des Auslasses jeder Pump- oder Absperrkammer beträgt das zwei- bis zehnfache des größten hydraulischen Durchmessers der jeweiligen Einlass- oder Auslassöffnung, bevorzugt beträgt der Mittenabstand das zweifache bis fünffache und besonders bevorzugt das zwei- bis dreifache.

[0031] Der definierte Mittenabstand ist ein wichtiges Funktionsmaß der Kammern. Er sorgt für ein dichtes Verschließen der zu- und abführenden Kanäle bzw. Öffnungen und erhöht das reproduzierbare Fördern von gasförmigen oder flüssigen Substanzen und nimmt Einfluss auf den Miniaturisierungsgrad.

[0032] Die Verbindungskanäle zwischen der Pumpkammer und den Absperrkammern sind in einer bevorzugten Ausführung gerade ausgebildet und weisen ein Verhältnis von Kanallänge zum jeweiligen hydraulischen Durchmesser der Kanäle von höchstens 20, bevorzugt höchstens 10, besonders bevorzugt höchstens 5, auf.

[0033] Das geringe Totraumvolumen zwischen Pump- und Absperrkammern verbessert die Ansaugleistung der pneumatischen Pumpe.

[0034] Die Platten der Membranpumpe sind zu Reinigungs- und Reparaturzwecken vorzugsweise lösbar miteinander verbunden.

[0035] Eine dezentrale elektro-pneumatische Steuereinheit ermöglicht bevorzugt auch eine synchrone Ansteuerung mehrerer Pumpenköpfe, so dass im parallelen Betrieb mehrerer Pumpen nur eine Steuereinheit notwendig ist.

[0036] Durch die erfindungsgemäße Membranpumpe mit dezentraler elektro-pneumatischer Steuereinheit ist ein wirtschaftlicher Einsatz bei gleichzeitig niedrigen Investitionskosten im Forschungsbereich möglich. Das wird insbesondere sichtbar, wenn wechselnde Aufgabenstellungen unterschiedlich große Förderströme verlangen, die mit einem Pumpenkopftyp nicht abgedeckt werden können. Bei unterschiedlich großen Förderströmen muss nur der Pumpenkopf ausgetauscht werden, während der Steuerungsteil unverändert bleibt. Der Austausch des Pumpenkopfes erfolgt durch einfaches Abklemmen der pneumatischen Steuerleitungen.

[0037] Die Steuerung für das Fördern mit der Membranpumpe ist bevorzugt so durchzuführen, dass ein Förderhub

aus mindestens vier einzelnen hintereinander folgenden Steuerschritten besteht und jeder einzelne Steuerschritt mit einem zwischengeschalteten konstanten oder variierbaren Zeitglied zum darauf folgenden Steuerschritt getrennt ist und die Förder- bzw. Dosierleistung der Pumpe durch das Verändern von mindestens einem Zeitglied verändert werden kann.

[0038] Die zwischen den Steuerschritten eingeflochtenen Zeitglieder stellen sicher, dass die pneumatisch ausgelösten Teilschritte des Pumphubes exakt und vollständig durchgeführt werden und die einzelnen Schritte reproduzierbar ablaufen. Das synchrone Verändern aller Zeitglieder zur Regulierung der Förderleistung sorgt für eine einfache bedienerfreundliche Handhabung der Pumpe.

[0039] Die zur Steuerung gehörenden Zeitglieder betragen T 0,1 Sekunden bis 100 Sekunden, bevorzugt T 0,3 Sekunden bis 30 Sekunden und besonders bevorzugt beträgt das Zeitglied T 0,5 Sekunden bis 10 Sekunden.

[0040] Diese Zeitglieder sind gleichbedeutend mit dem Anstehen des Steuersignals und stellen sicher, dass die schnellen elektronischen Steuerungs-Signale (Signallaufzeit) nicht vorzeitig abgebrochen werden, bevor die langsameren pneumatischen Arbeitsvorgänge zur Auslenkung der Membranen und die noch langsameren hydraulischen Verdrängungsvorgänge auf der produktberührten Seite der Membran abgeschlossen sind. Insbesondere wenn viskose Substanzen gefördert werden, benötigen die fluiddynamischen Vorgänge mehr Zeit als die elektronisch ausgelösten Signale der Steuerung.

[0041] Der Dosierzyklus besteht bevorzugt aus mindestens vier Steuerschritten und hat mindestens zwei unterschiedliche Zeitglieder, von denen nur ein Zeitglied veränderbar ist und zur Regulierung des Pumpenzyklus benutzt wird.

[0042] Zur Optimierung des Pumpzyklusses einer erfindungsgemäßen Pumpe können die pneumatischen Öffnungs- und Schließvorgänge der Membranen in den Absperrkammern mit einem nicht verstellbaren kleineren Zeitglied versehen werden und ein variierbares Zeitglied für die AUF / ZU - Schaltung der mittleren größeren Pumpkammer genutzt werden.

[0043] Zwei verschiedene Zeitglieder sind insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Volumen der Absperrkammern kleiner ist als das Volumen der Pumpkammer.

[0044] Jedes Zeitglied ist in einer besonders bevorzugten Betriebsweise größer als die benötigte Schaltzeit der zugeordneten elektro-pneumatischen Mehrwege-Ventile.

[0045] An der elektronischen und der elektro-pneumatischen Steuereinheit sind bevorzugt mindestens zwei Membranpumpen parallel angeschlossen.

[0046] Eine elektro-pneumatische Steuereinheit kann parallel mehrere Membranpumpen ansteuern, so dass die Pumpen mit gegebenenfalls unterschiedlichen großen Pumpkammern synchron verschiedene Substanzen in unterschiedlicher Menge zeitgleich dosieren können.

[0047] Die Dicke der elastischen Membran ist bevorzugt größer als 0,1 mm und kleiner als 5 mm und die Höhe der Pump- und Absperrkammer im Bereich des Scheitelpunktes der Kammer (größte Ausdehnung über der Membran) ist insbesondere größer als das 2-fache der Membrandicke und kleiner als das 10-fache der Membrandicke.

[0048] Die konkaven Vertiefungen in den Platten können verschiedene geometrische Formen haben, wie z.B. die eines Zylinders, eines Kugelabschnittes oder eines Kegelstumpfes.

[0049] Die Membranpumpe weist bevorzugt für die saug- und druckseitige Absperrkammer kleinere Vertiefungen auf, als für die Pumpkammer, und alle Vertiefungen sind vollständig auf der Produktseite der Membranseite in der mittleren Platten angeordnet.

[0050] Eine Variante der Membranpumpe besteht bevorzugt aus einer pneumatisch gesteuerten Pumpkammer, kombiniert mit zwei magnetbetriebenen Ventilen als Absperrkammern.

[0051] Die in der Pumpe eingesetzten Membranen sind vorzugsweise im Durchmesser um mindestens 20 % größer ausgelegt als der gebildete Durchmesser der Kammern in der Trennebene der Platten.

[0052] In einer weiteren alternativ bevorzugten Ausführungsform werden metallische Membranen als Pumpmembran verwendet und eingelegt oder unlösbar mit einer der Teilplatten, insbesondere einer äußeren Platte schweißtechnisch verbunden.

[0053] In einer weiteren besonderen Ausführungsform ist ein Pulsationsdämpfer in Strömungsrichtung hinter der druckseitigen Absperrkammer, insbesondere im Bereich des Auslasskanals der Membranpumpe angebracht.

[0054] In einer weiteren besonderen Ausführungsform ist die Membranpumpe mit einem integriertem federbelasteten Überströmventil ausgerüstet, um einen internen Produktkreislauf in der Membranpumpe zu erzeugen. Falls der angeschlossene Steuerungsdruck größer ist als der erwünschte Pumpendruck wird eine integrierte Entspannungsmöglichkeit von der Pumpendruckseite zur Pumpensaugseite geschaffen.

[0055] In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführung sind in den drei starren Platten mindestens zwei Pumpeneinheiten, bestehend aus zwei Pumpkammern mit zugehörigen vier Absperrkammern, zur Bildung eines Doppel-Membranpumpenkopfes angeordnet.

[0056] Gegenstand der Erfindung ist auch ein Pumpensatz bestehend aus zwei oder mehr Membranpumpen, wobei die erfindungsgemäßen Membranpumpen eine gemeinsame Steuereinheit aufweisen.

[0057] Bevorzugt ist ein Pumpensatz, bei dem die Membranpumpen gemeinsame durchgehende Platten aufweisen.

[0058] Mit der erfindungsgemäßen Membranpumpe mit ansteuerbarem Ansaug- und Druckventil bzw. ansaugseitiger und druckseitiger Absperrkammer können je nach Ausführungsgröße sehr kleine Volumenströme von $<5\mu\text{l}$ / Hub bis in den ml-Bereich pro Minute reproduzierbar gefördert werden. Besonders vorteilhaft ist der getrennte Aufbau zwischen eigentlicher Pumpeinheit bzw. Pumpenkopf und der dezentralen elektrischen bzw. elektro-pneumatischen Steuereinheit, dadurch ist der erforderliche Platzbedarf für ein kontinuierlich arbeitendes Fördergerät in einer stark miniaturisierten Versuchsanlage für Screening-Arbeiten sehr gering. Dieses Pumpenprinzip arbeitet ohne mechanisches Getriebe und die benötigten Bauteile des Pumpenkopfes haben keine dynamische Funktion, bis auf das Auslenken der Membran im Bereich der Absperr- und Pumpkammer, so dass selbst für eine miniaturisierte Ausführung der Pumpenbauteile keine Präzisionsfertigung nötig ist. Mechanische Störungseinflüsse sind aufgrund fehlender mechanischer Teile nicht vorhanden und die Fertigungskosten sind für diesen reproduzierbar arbeitenden Membranpumpenkopf erheblich minimiert. Die Pumpe benötigt lediglich eine Strom- und eine Druckluftversorgung um arbeiten zu können; diese sind in jedem Labor vorhanden.

[0059] Besonders vorteilhaft ist die Anwendung der Membranpumpe für die Dosierung von sehr kleinen flüssigen Substanzmengen, deren Volumen pro Pumpenhub wesentlich unter der spezifischen Tropfengröße liegt. Durch das schnelle Aufbringen der pneumatischen Förderenergie auf die Steuerseite der Verdrängermembran der Pumpkammer wird das angesaugte Produktvolumen in der Pumpkammer aus dem Produktraum der Kammer und dem Auslasskanal herausgeschleudert und es bildet sich kein Tropfen an der Abgabestelle der Pumpe. Dadurch wird eine Dosierung von kleinen Flüssigkeitsmengen in ein Reaktionsgemisch zeitlich nicht verzögert und ein Syntheseverlauf wird synchron mit der Dosierung gestartet.

[0060] Das Dosieren von kleinen Substanzmengen bei gegenläufigem Druck ist sehr gut durchführbar, da die Membranen der Absperrkammern und Pumpkammer elastisch sind und die zu- und ableitende Produktkanäle in ZU - Stellung der Kammern gasdicht schließen, so dass über die Gasphase eines angeschlossenen Druckgefäßes kein Stoff über die Auslassseite des Pumpenkopfes auf die Einlassseite der Pumpe zurück gedrückt wird und das Ansaugen bei Normaldruck nicht unterbrochen wird.

[0061] Ein weiterer Vorteil gegenüber dem Stand der Technik ist sichtbar, dass aufgrund des geringen Totraums und der dichten Absperr- und Pumpkammer ein zu dosierendes empfindliches Produkt ohne große Verweilzeit und Rückvermischung dem Bestimmungsort zugeführt wird.

[0062] Insbesondere im Vergleich zur Mikrostrukturtechnik bieten sich Vorteile aufgrund der im Verhältnis zum Dosiervolumen großen Kanalabmessungen ist die Pumpe wenig empfindlich gegen Verschmutzung. Eine durch Produktverunreinigung hervorgerufene Störung, die sich durch einen größer werdenden Dosierfehler bemerkbar macht, oder zum Versagen der Dosierung der Pumpe führen kann, ist aufgrund der großen Produktkanäle stark reduziert. Produktverunreinigungen können während des Dosierens durch die relativ großen Produktkanäle gespült werden.

[0063] Das extrem kleine Hold-up des Pumpenkopfes und das geringe Totraumvolumen sichert ein gutes Ansaugverhalten und ein schnelles reproduzierbares Dosieren, insbesondere bei Anwendungen, die neue pharmazeutische Stoffe betreffen, die im frühen Entwicklungsstadium nur in geringen Mengen verfügbar sind.

[0064] Das Einstellen von kleinen Dosierströmen ist besonders einfach, weil das Einstellen der Dosiermenge bei konstanten Verdrängervolumen mit einem zwischengeschalteten Zeitglied in der Steuerung erfolgt. Dadurch können sehr einfach ohne Gegenkontrolle Volumenströme verändert werden.

[0065] Der lamellenartige Aufbau der Membranpumpe mit integrierten steuerbaren Ventilen, die aufgrund des Pumpprinzips einen pulsierenden Dosierstrom erzeugt, macht es möglich, durch Vervielfachung der Verdrängereinheit und der Ventile den Dosierstrom zu vergleichsmäßigen, wobei die baulichen Abmessungen der Pumpe in der Versuchsanlage sich nicht wesentlich vergrößern.

[0066] Für den Anwender bieten sich weitere Betriebsvorteile, dadurch dass die produktberührten Verschleißteile einfach und preiswert ersetzbar sind.

[0067] Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren beispielhaft näher erläutert.

Figur 1 zeigt den schematischen Aufbau einer lamellenartig aufgebauten pneumatischen Membranpumpe mit zugehöriger elektro-pneumatischer Steuereinheit und programmierbarer elektronischer Steuerung sowie den Verbindungsleitungen.

Figur 2 zeigt beispielhaft eine Membranpumpe bei der Vertiefungen in der mittleren Platte eingearbeitet sind und die Pump- und Absperrkammern bilden.

Figur 3 zeigt einen Pumpenkopf mit separat eingelegten elastischen Membranen für jede Kammer.

Figur 4 zeigt eine Anwendung bei der mehrere Pumpen mit einer Steuereinheit verschaltet sind.

Figuren 5, 5a zeigen eine Doppel-Membranpumpe mit gemeinsamen Platten.

Figur 6 zeigt ausschnittsweise eine Pumpkammer mit Ausgleichsvolumen in der Steuerkammer.

Figuren 7, 7a zeigen die Anordnung und Ausgestaltung der Nut bzw. des Sammelkanals in z. B. einer Pumpkammer.

Figur 8 zeigt eine Pumpe mit Kammern in den äußeren Platten.

Figuren 9, 9a zeigen Ausführungen der Membranpumpe mit Kammern in der inneren Platte.

Beispiele

Beispiel 1

[0068] In Figur 1 ist eine Membranpumpe 200 im Querschnitt mit zugehöriger Steuerung 100 und Gehäuse sowie Pneumatikverteiler 115 dargestellt. Im Gehäuse sind elektronische Komponenten und eine freiprogrammierbare elektrische Steuerung eingebaut. Eine nicht dargestellte Stromzuleitung dient der Spannungsversorgung der elektronischen Komponenten. Das Gehäuse hat ein Display 101, einen Ein/Aus-Schalter 102 und mehrere Funktionstaster 103 bis 109, mit denen benötigte Parameter für den Pumpablauf bzw. für den Pumpvorgang eingegeben, optisch verfolgt und gespeichert werden können. Die elektronische Steuerung 100 ermöglicht verschiedene Betriebsvarianten, so dass mit dem Taster 103 auf kontinuierlichen Betrieb und mit Taster 104 auf diskontinuierlichen Betrieb der Pumpe geschaltet werden kann. Insbesondere der diskontinuierliche Betrieb der Pumpe kann durch eine vorwählbare Anzahl von Pump-
 15 phüben eingestellt und mit Taster 105 in der Steuerung gespeichert werden. Mit dem Taster 106 ist eine Reduzierung der eingestellten Parameter, der Taster 107 ist für eine Erhöhung der variierbaren Parameter vorgesehen, die dann ebenfalls mit dem Taster 105 als neu gewählte Betriebsparameter der Membranpumpe in die Steuerung gespeichert werden können. Bei kontinuierlicher Fahrweise können mit Taster 106, 107 die Zeitkonstanten verändert werden. Der Taster 108 erlaubt die Wahl zwischen interner und externer Steuerung, von zum Beispiel einem externen Prozessleitsystem. Die Pumpe 200 beginnt zu arbeiten, wenn Taster 109 betätigt wird und bei wiederholtem Drücken des Tasters 109 wird der Arbeitsvorgang wieder gestoppt. Die Elektronik mit der programmierbaren Steuerung sendet zu Beginn der Dosierung über elektrische Verbindungskabel 110 digitale Signale zu den elektro-pneumatischen Mehrwege-Ventilen 111, 112, 113, 114, die dann in ihre definierte Auf- oder Zu-Stellung (Tabelle 1) schalten. Die elektro-pneumatischen Mehrwege-Ventile 111 bis 114 (Hersteller beispielsweise SMC Penumatik GmbH, Düsseldorf), sind auf einem pneu-
 25 matischen Verteilerblock 115 montiert. Der Verteilerblock hat zwei Versorgungskanäle 116, 117. Der Versorgungskanal 116 ist direkt mit der Druckluftversorgung verbunden und der Verteilkanal 117 ist mit einer Vakuumleitung an die Unterdruckversorgung angeschlossen. Der Unterdruck wird durch den im Bypass installierten Vakuumerzeuger 118, einen Injektor, erzeugt, der vom Ventil 114 bei Einschaltung der elektrischen Steuerung ständig mit Druckluft versorgt wird. In einer kompakten Bauweise befindet sich der Verteilerblock 115 mit den elektro-pneumatischen Mehrwege-Ventilen und dem Unterdruckerzeuger 118 direkt im Gehäuse der Steuerung 100, so dass die Druckluftversorgung des Versorgungskanals 116 über eine Schlauchkupplung 116' und der Pumpenkopf über die Schlauchkupplungen 119', 120', 121' verbunden werden. Die freiprogrammierbaren elektronischen Komponenten, Dioden für die optische Funktionsanzeige, elektrisches Netzgerät und eine elektrische Platine sind in Figur 1 nicht dargestellt.

[0069] Die freiprogrammierbare Steuerung der pneumatisch betriebenen Membranpumpe 200 schaltet die elektro-pneumatischen Mehrwege-Ventile 111 bis 114 und leitet den im Verteilerblock 115 anstehenden pneumatischen Druck im Kanal 116 (Druckkanal) oder das Vakuum im Verteilerkanal 117 (Vakuumkanal) durch die Steuerleitungen (Kapillaren oder Schläuche) 119, 120, 121 auf die pneumatischen Stellräume (Pneumatikräume) 220, 221, 222 in der Pumpe 200.

[0070] Das Ventil 111 (V1) ist durch die Steuerleitung 119 mit dem Ansaugventil (untere Absperrkammer 210) der Membranpumpe 200 verbunden. Nach gleichem Schema sind das andere Ventil 112 (V2) (obere Absperrkammer 212) und Ventil 113 (V3) mit der Pumpkammer 211 der Pumpe 200 verbunden. Das Ventil 114 (V4) versorgt den Vakuumerzeuger ständig mit Druckluft und wird sofort geschaltet, sobald die Elektronik mit elektrischer Spannung versorgt ist.

[0071] Der Membranpumpenkopf 200 besteht aus den drei Teilplatten 201, 203, 205 und hat eingelegte elastische Membranen 202, 204, die im Bereich der Pumpkammer 211 und Absperrkammern 210, 212 pneumatisch verformbar sind. Die Membranen 202, 204 haben die gleiche Fläche wie die Platten 201, 203, 205, um eine gute Abdichtung zur Atmosphäre zu gewährleisten. In den Platten 201, 203, 205 sind Vertiefungen eingelassen, die die Pump- bzw. Absperrkammern 210, 211, 212 bilden. Die Absperrkammern 210, 212 sind hier beispielsweise in die Platte 201 und die Pumpkammer 211 ist mit einem geringen Ausgleichs-Volumenanteil in der Platte 205 und mit dem größeren Volumenanteil in die mittlere Platte 203 eingearbeitet.

[0072] Mit der Absperrkammer 210 ist z.B. das steuerbare Ansaugventil des Pumpenkopfes benannt. Sinngemäß stellt die Pumpkammer 211 die Förderkammer und die Absperrkammer 212 das steuerbare Druckventil des Pumpenkopfes dar.

[0073] Die Membranen 202, 204 teilen die Pumpkammer 211 und Absperrkammern 210 und 212 in Stellräume 220, 221, 222 und in Produkträume 230, 231, 232.

[0074] Die Pumpkammer 211 bzw. Absperrkammern 210 und 212 haben die Form von abgestumpften Kegeln. Die mittlere Platte 203 weist einen Ansaugkanal 207 und einen Auslasskanal 206 auf. Beide Kanäle 206, 207 sind jeweils mit einer eingeschweißten Kapillare verlängert. Die Kanäle 209, 208 verbinden die Produkträume 230, 231, 232 der Kammern 210, 211, 212 mit einander.

[0075] Die Pumpkammer 211 hat eine Nut 213, als verbindendes Element vom tiefsten geometrischen Punkt der Vertiefung in der Platte zur Auslassöffnung bzw. zum Verbindungskanal 209. Auch wird verdeutlicht, dass zwischen Einlasskanal 208 und Beginn des Auslasskanals 209 mit der verbindenden Nut 213 noch ein ausreichend großer Abstand vorliegt um ein dichtes Verschließen der Öffnungen im Produktraum der Pumpkammer durch die Membran 204 zu ermöglichen.

[0076] Die Membranpumpe 200 ist hier im Steuerungsschritt 4 (siehe Tabelle 1) gezeigt. Im Bereich der Absperrkammer 210 (steuerbares Ansaugventil) ist die Membran 202 auf der Steuerraumseite 220 mit Druck beaufschlagt, so dass die Membran 202 den Ansaugkanal 207 am Einlass 240 (Fig.2) und den Verbindungskanal 208 am Auslass 241 (Fig.2) versperrt. Im Bereich der Pumpkammer 211 (Förderkammer oder Verdrängereinheit) ist der zugehörige Steuerraum 221 mit Vakuum beaufschlagt, so dass der Membranbereich sich abhebt und den zuführenden und ableitenden Verbindungskanal 208, 209 öffnet. Die Absperrkammer 212 ist steuerseitig ebenfalls mit Vakuum beaufschlagt, so dass der Verbindungskanal 209 und der Auslasskanal 206 geöffnet sind um im folgenden Steuerschritt 5 (siehe Tabelle 1) das Pumpenhubvolumen aus der Pumpkammer zu verdrängen. In der Figur 1 sind erforderliche Schrauben für das Zusammenziehen der Platten und gleichzeitige Verpressen der eingelegten Membranen nicht dargestellt.

[0077] Die Reihenfolge der programmierbaren Steuerungsschritte und die Stellung der Ventile 111 bis 114 sind im folgenden in der Tabelle 1 dargestellt. Es bedeutet als Digitalsignal "1" Druckluft anstehend (Ergebnis: Membran wird an die Platte 203 angedrückt und schließt) und das Signal "0" Vakuum anstehend (Membran wird im Steuerraum angehoben und öffnet). Sobald die elektronische Steuerung mit elektrischer Spannung versorgt und mit dem Taster 102 eingeschaltet ist, schaltet die programmierte Steuerung die Ventile 111 bis 114 in eine definierte Start- oder Grundstellung. Die Steuerung eines vollständigen Pumpenhubes besteht hier beispielsweise aus fünf Einzelschritten. Wird der Pumpvorgang unterbrochen oder beendet springt die Steuerung in die Start- oder Grundstellung.

Tabelle 1

Schritt	V1 (111) Saugventil	V3 (113) Verdränger	V2 (112) Druckventil	V4 (114) Vakuum
Grundstellung	1	1	1	1
1. Schritt	0	1	1	1
2. Schritt	0	0	1	1
3. Schritt	1	0	1	1
4. Schritt	1	0	0	1
5. Schritt	1	1	0	1
		Zurück nach Schritt 1		

[0078] Im Steuerungsablauf ist hinter jedem Steuerungsschritt 1 - 5 ein veränderbares Zeitglied programmiert (in der Tabelle 1 nicht dargestellt), damit die einzelnen hintereinander ablaufenden Steuerungsschritte sich nicht gegenseitig beeinflussen und vollständig ausgeführt werden. Die Schaltzeiten der elektro-pneumatischen Ventile sind größer und damit wesentlich langsamer als die benötigte Zeit zur Sendung der digitalen Signale. Durch die zwischengeschalteten Zeitglieder wird die Pumpfunktion gemäß dem Steuerungszyklus 1-5 (siehe Tabelle 1) reproduzierbar und vollständig durchgeführt.

Beispiel 2

[0079] Die Figur 2 zeigt eine Membranpumpe ähnlich der in Figur 1 beschriebenen Pumpe, jedoch befinden sich die Kammern bzw. die Vertiefungen 210', 211', 212' in der mittleren Platte 203'. Die Kammern 210' bis 212' haben hier die Form eines Kugelabschnittes. Es ist zu erkennen, dass die Höhe im Scheitelpunkt der Vertiefung der Pumpkammer größer ist als die Dicke der Membran. In dieser Ausführung ist der Mittenabstand der zu- und abführenden Kanäle 207, 208 auf der Ansaugseite der Pumpe (Kammer 210') größer, als der Mittenabstand der zu- und abführenden Kanäle 209, 206 des Druckventils (Kammer 212'). Durch den größeren Mittenabstand am Saugventil wird die Dichtigkeit des Ansaugventils erhöht und eine Rückströmung des Produkts während des Pumpvorgangs verhindert.

Beispiel 3

[0080] In Figur 3 ist eine Variante der Pumpe 200 aus Figur 2 mit drei separat eingelegten Membranen 300, 301, 302. Die Vertiefungen 210', 211', 212' sind alle auf der inneren Platte 203' angeordnet und bilden hier mit den Membranen 300, 301, 302 die Produkträume 230, 231, 232. Bei geöffneten Produktkanälen liegen die Membranen 300,

301, 302 an den jeweiligen äußeren Platten 201', 205' an. Diese Membranen werden im Betriebsfall über die Steuer-
raumseite über eine Bohrung gemäss dem Steuerungsprogramm mit Druckluft oder Vakuum beaufschlagt um die
Pumpfunktion zu gewährleisten.

[0081] Figur 4 gibt beispielsweise den parallelen Betrieb von drei Membranpumpen 200a, 200b, 200c des in Figur
3 gezeigten Typs im nicht angesteuerten Zustand wieder. Diese sind an die Leitungen des Druckverteilers 115 ähnlich
wie in Figur 1 parallel angeschlossen. Die pneumatischen Mehrwege-Ventile des Druckverteilers 115 werden mittels
der hier nicht gezeigten elektrischen Steuerung betätigt und bewirken über die Steuerleitungen 119 bis 121, die hier
verzweigt auf die drei Pumpenköpfe verschaltet sind, die Betätigung der Membranen. Beim Parallelbetrieb der Pum-
penköpfe mit einer Steuereinheit, ist darauf zu achten, dass die Verbindungsleitungen, sowie die Druckluft- und Vaku-
umversorgung ausreichend dimensioniert sind.

[0082] Figuren 5 und 5a zeigen eine Ausführung der Membranpumpe 200d, bei der zwei Pumpeinheiten bzw. zwei
Pumpenköpfe gemeinsame Teilplatten haben. Die Teilplatten sind mit den Schrauben 500 verspannt. Die wesentlichen
Konturen wie Pumpkammern und Verbindungskanäle im Innern des Pumpenkopfes sind in Figur 5 a mit gebrochenen
Linien dargestellt. Der zweifache Pumpenkopf kann mit einer Steuereinheit betrieben werden, so dass mit einem Steue-
rungshub (entsprechend Schritt 1-5; Tabelle 1, Fig. 1) die doppelte Fördermenge pro Hub dosiert werden kann. Eine
weitere Verwendung besteht darin, wenn gleich oder unterschiedlich grosse Pumpkammern in die Teilplatten einge-
bracht sind, so dass mit einer Steuereinheit synchron zwei unterschiedliche Stoffe gepumpt werden, oder es werden
am gemeinsamen Pumpenkopf zwei Steuereinheiten für die Erzeugung unterschiedlicher Stoffströme angeschlossen.
Der innere Aufbau einer einzelnen Pumpeinheit entspricht der Pumpe gemäß Figur 5. Fig. 5a zeigt deutlich, dass die
äußeren Konturen (501, 502, 503) der Kammern in den verschiedenen Ebenen der Platten sich überlagern um ein
geringes Totraumvolumen und dadurch ein gutes Ausgangsverhalten der Pumpe zu gewährleisten. Des Weiteren wird
eine besonders kompakte Pumpenkopfausführung möglich.

[0083] Figur 6 zeigt im Querschnitt zwei Abschnitte der Platten 203, 205 im Bereich der Pumpkammer 211 einer
Membranpumpe ähnlich Figur 1. Das Volumen der Pumpkammer ist in gleichem Verhältnis auf beide Platten verteilt,
so dass die eingelegte Membran 301 über eine konzentrische Dichtfläche 214 verspannt wird und den Produktraum
231 und den Steuerraum 221 nach außen abdichtet

[0084] Figur 7, 7a zeigt die Aufsicht der Vertiefung in einer Membranpumpe in Form einer Kugelabschnittsgeometrie
der Pumpkammer 211. Zu erkennen ist die vorgesehene Nut 213, die vom Scheitelpunkt der Pumpkammer bis zum
Verbindungskanal 209 verläuft und als Sammelkanal für ein vollständiges Entleeren des Produktraumes dient. In Figur
7a ist eine weitere besondere Ausführung einer verzweigten Nut 213' bzw. des Sammelkanals 213 gezeigt.

Beispiel 5

[0085] Figur 8 zeigt den erfindungsgemäßen Membranpumpenkopf 200 mit einer Pumpkammer 211" und zwei Ab-
sperrkammern 210", 212" und der zwischen den Platten 201", 203", 205", eingelegten elastischen Membran 202" und
204". Die Membranpumpe hat in dieser Ausführungsvariante Vertiefungen in den äußeren Platten 201", 205" und der
Sammelkanal 213" befindet sich in der Platte 203".

[0086] Zu erkennen sind der Einlasskanal 207", die Verbindungskanäle 208", 209" und der Auslasskanal 206" sowie
der Sammelkanal 213". Diese Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe erfordert einen geringeren fertigungs-
technischen Aufwand.

[0087] Figur 9 zeigt eine kombinierte Anordnung der Verbindungskanäle des Pumpenkopfes. Die mittlere Platte ist
in einer Schnittdarstellung gezeigt und die äußeren Platten 201', 205' können aufgrund der Anordnung des Durchlas-
skanals verkleinert werden. Der Einlasskanal 207' und Verbindungskanal 208' zwischen Pumpkammer und saugsei-
tiger Absperrkammer sind rechtwinklig zur äußeren Plattenkontur eingebracht, so dass der Verbindungskanal 208'
geradlinig und kurz ist. Das Totraumvolumen des Verbindungskanals 208' ist dadurch minimiert. Der Verbindungskanal
zur druckseitigen Absperrkammer hat eine größere Länge und ein größeres Totraumvolumen. Diese Ausführung er-
fordert eine dritte verkleinerte Platte 205' für den Aufbau der Pumpe.

[0088] In Figur 9a ist eine optimierte Pumpe mit geringem Totraumvolumen dargestellt, wobei die mittlere Platte 203'
in einer Schnittdarstellung gezeigt ist. Die geometrischen Flächen der Vertiefungen der Absperrkammern liegen teil-
weise oder vollständig im Schatten der geometrischen Fläche der Pumpkammervertiefung, so dass die Verbindungs-
kanäle von Pumpkammer zu den Absperrkammern extrem kurz sind und ein optimiertes Ansaugverhalten der Pumpe
ermöglicht wird.

[0089] In Figur 9a ist von der Pumpkammer 211' zu druckseitigen Absperrkammer 212' der Verbindungskanal 209'
im Scheitelpunkt der Pumpkammervertiefung positioniert, so dass der Sammelkanal (vgl. Fig. 7) entfällt. Das Totraum-
volumen der Pumpe bildet sich aus dem Volumen der beiden Verbindungskanäle 208', 209'. Das Kammervolumen der
ansaugseitigen Vertiefung der Absperrkammer 210' liegt teilweise und das Kammervolumen 212' vollständig im Schat-
ten der Pumpkammervertiefung 211', so dass bei gleichzeitiger Optimierung der Dicke der mittleren Platte 203' die
Verbindungskanäle 208', 209' extrem kurz gestaltet sind. Das Verhältnis Kanallänge 208' zu Durchmesser beträgt 3,5.

[0090] Die entstehenden geometrischen Flächen der Vertiefungen der Absperrkammern auf den jeweiligen Ebenen der Platten, liegen teilweise oder vollständig im Schatten der sich bildenden geometrischen Fläche der Pumpkammervertiefung, so dass dadurch die Verbindungskanäle der Kammern und das Totraumvolumen des Pumpenkopfes extrem verkleinert ist.

5

Patentansprüche

1. Membranpumpe mit einem mehrteiligen Pumpenkörper, wenigstens umfassend drei starre Platten (201, 203, 205) und mindestens zwei zwischen diesen Platten (201, 203, 205) angeordnete elastische Membranen (204, 202), wobei die Platten (201, 203, 205), mindestens eine Pumpkammer (211) und mindestens zwei Absperrkammern (210, 212), insbesondere in der Geometrie eines Kugelabschnitts, einer Kugelzone, eines Zylinders oder abgestumpften Kegels, mit je einer Einlass- (240) und einer Auslassöffnung (241) für das Fördergut bilden, und die Pumpkammer (211) und Absperrkammern (210, 212) zusammen mit einem Einlasskanal (207) den Verbindungskanälen (208) und (209) sowie einem Auslasskanal (206) einen Durchlasskanal bilden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpkammer (211) und die Absperrkammern (210, 212) durch die Membranen (204, 202) in je einen Produktraum (230, 231, 232) und einen Steuerraum (220, 221, 222) getrennt sind und die Steuerräume (220, 221, 222) Steuerleitungen (119, 120, 121) aufweisen, die mit einer Steuereinheit (100, 115) verbunden sind.
2. Membranpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe im Produktraum (231) eine Nut (213) aufweist, die vom Scheitelpunkt des Produktraumes zur Auslassöffnung verläuft.
3. Membranpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpkammer (211) und die Absperrkammern (210, 212) randseitig durch die Membranen (204, 202) abgedichtet sind.
4. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranen (204, 202) aus einem elastischen Material, insbesondere einem Elastomer, Silikon, Viton, Teflon oder einem EPDM-Kautschuk bestehen.
5. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Absperrkammern (210, 212) eine gemeinsame Membran (202) aufweisen.
6. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe aus mindestens drei Platten (201, 203, 205) besteht und die Pumpkammer (211) und die Absperrkammern (210, 212) durch Vertiefungen (210', 211', 212') in den Platten (201, 203, 205) gebildet sind.
7. Membranpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe aus mindestens drei Platten (201, 203, 205) besteht und die Pumpkammer (211) und die Absperrkammern (210, 212) durch Vertiefungen (210', 211', 212') in einer mittleren Platte (203') gebildet sind.
8. Membranpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe aus drei Platten (201, 203, 205) besteht und die Pumpkammer (211) und die Absperrkammern (210, 212) durch Vertiefungen (210", 211", 212") in den äußeren Platten (201", 205") gebildet sind.
9. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mittenabstand des jeweils benachbarten Einlasses (240) und des Auslasses (241) der Pumpkammer (211) oder der Absperrkammern (210, 212) mindestens das zweifache bis zehnfache des größten hydraulischen Durchmessers der jeweiligen Einlassöffnung (240) oder Auslassöffnung (241) beträgt.
10. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerräume mit Luft oder Hydraulikflüssigkeit betreibbar sind.
11. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlasskanal (207) und der Auslasskanal (206) untereinander über eine Nebenleitung mit einem Überströmventil verbunden sind.
12. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platten (201, 203, 205) lösbar miteinander verbunden sind.

13. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die der Membrane (204) gegenüberliegende Wand des Steuerraums (221) mindestens in der Pumpkammer (211) ein Ausgleichsvolumen insbesondere eine flächige Vertiefung aufweist.

14. Membranpumpe nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausgleichsvolumen höchstens 100 %, bevorzugt höchstens 20 % und besonders bevorzugt höchstens 10 % des zugehörigen Volumens des Produktraums (231) beträgt.

15. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußeren Konturen der Pump- und Absperrkammern in verschiedenen Ebenen überlagert angeordnet sind.

16. Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungskanäle zwischen der Pumpkammer (211') und den Absperrkammern (210', 212') ein Verhältnis von Kanallänge zu hydraulischem Durchmesser von höchstens 20 bzw. höchstens 10, besonders bevorzugt von höchstens 5 aufweisen.

17. Pumpensatz bestehend aus zwei oder mehr Membranpumpen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranpumpen eine gemeinsame Steuereinheit (100, 115) aufweisen.

18. Pumpensatz nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Membranpumpen gemeinsame durchgehende Platten (201, 203, 205) aufweisen.

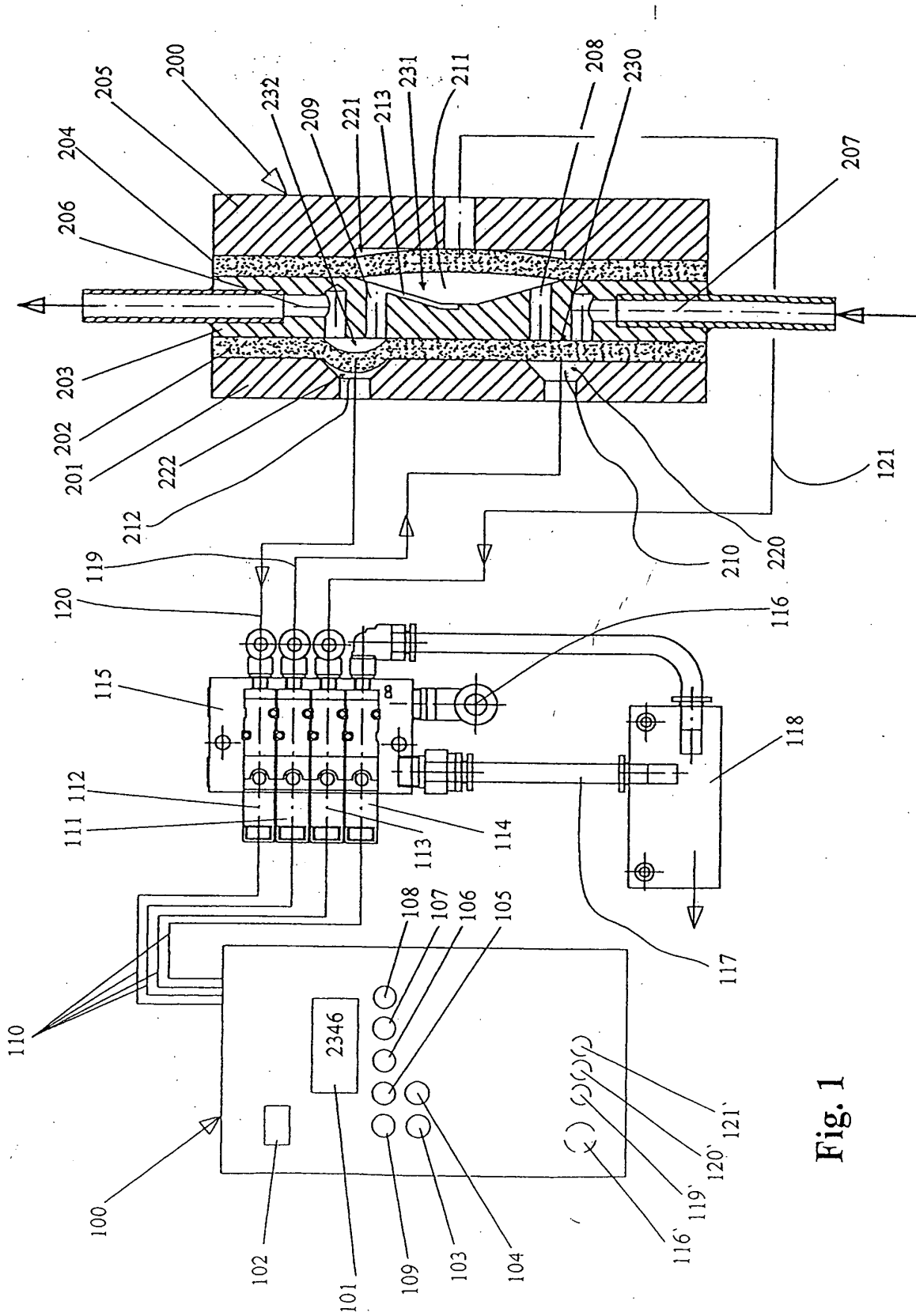


Fig. 1

Fig. 2

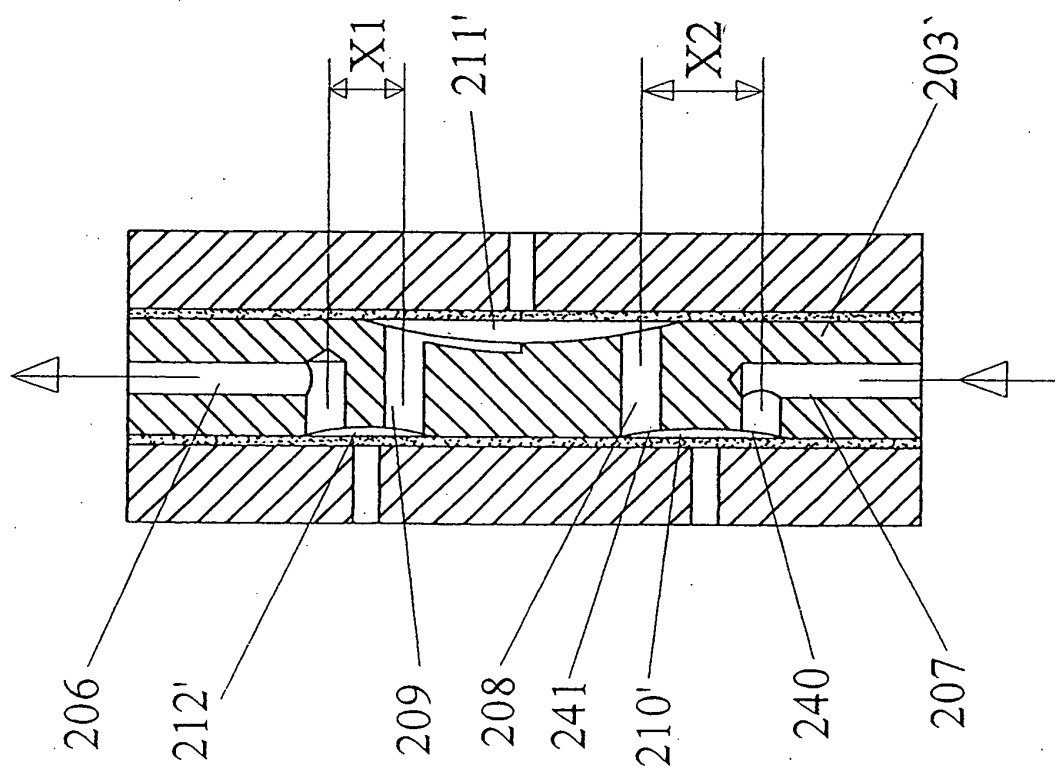
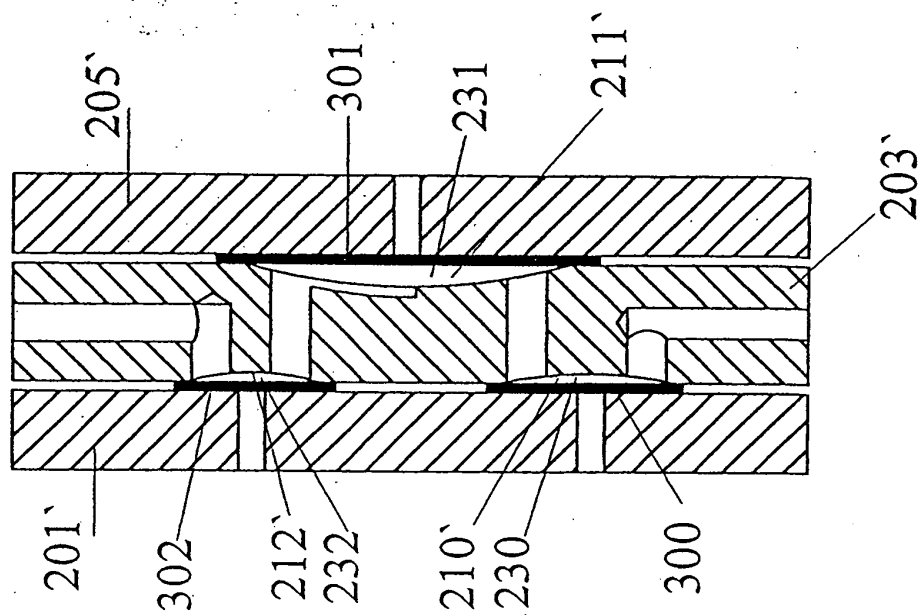


Fig. 3



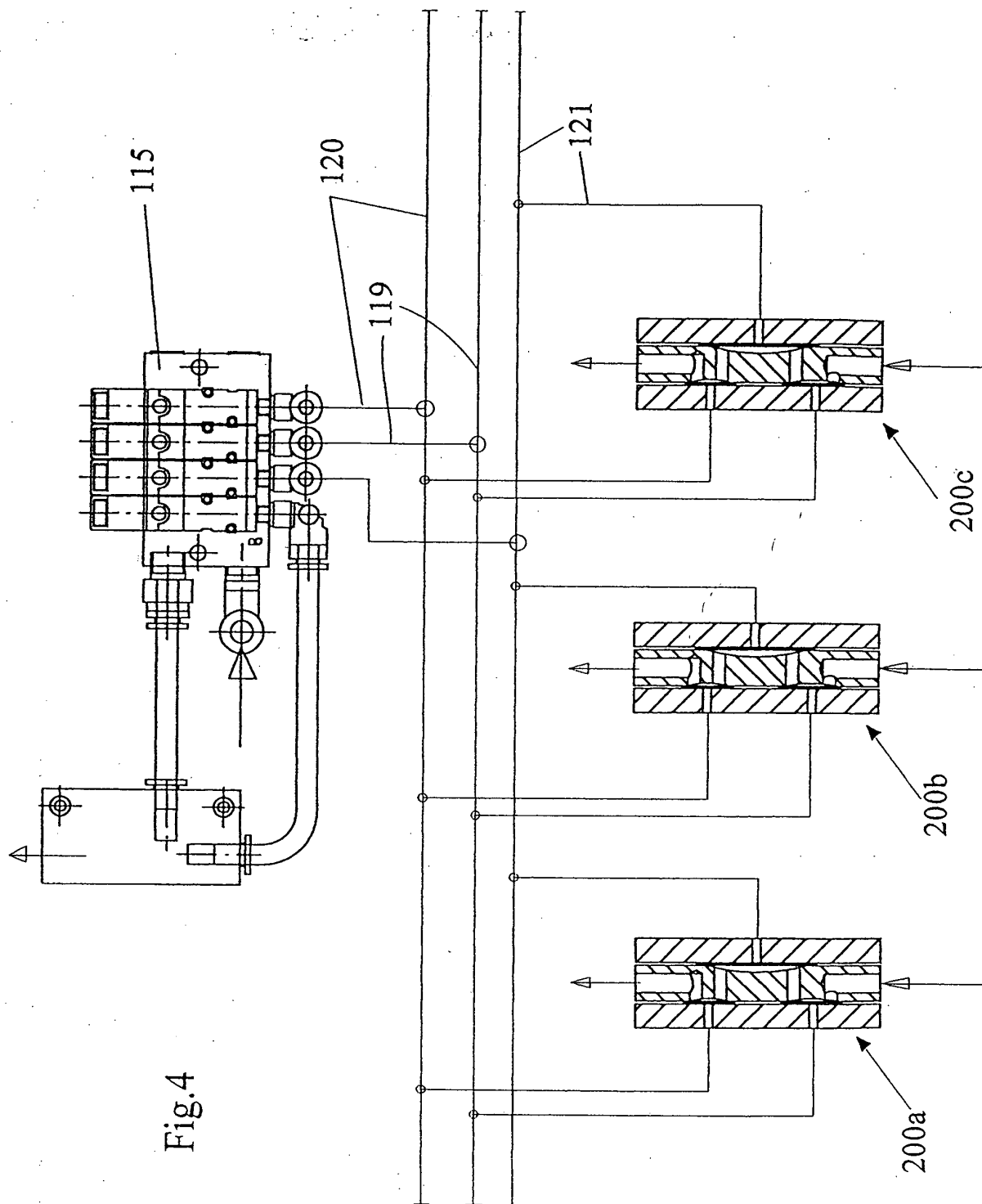


Fig. 4

Fig.5

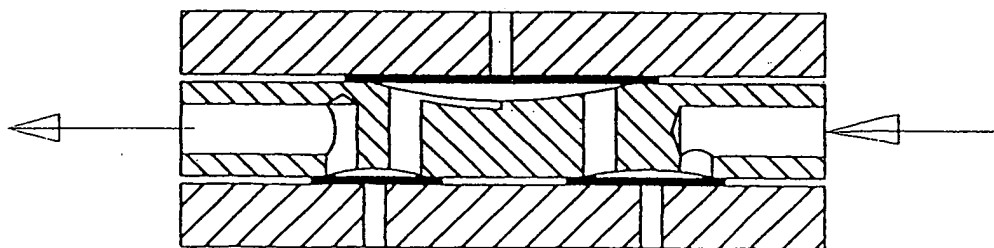


Fig.5a

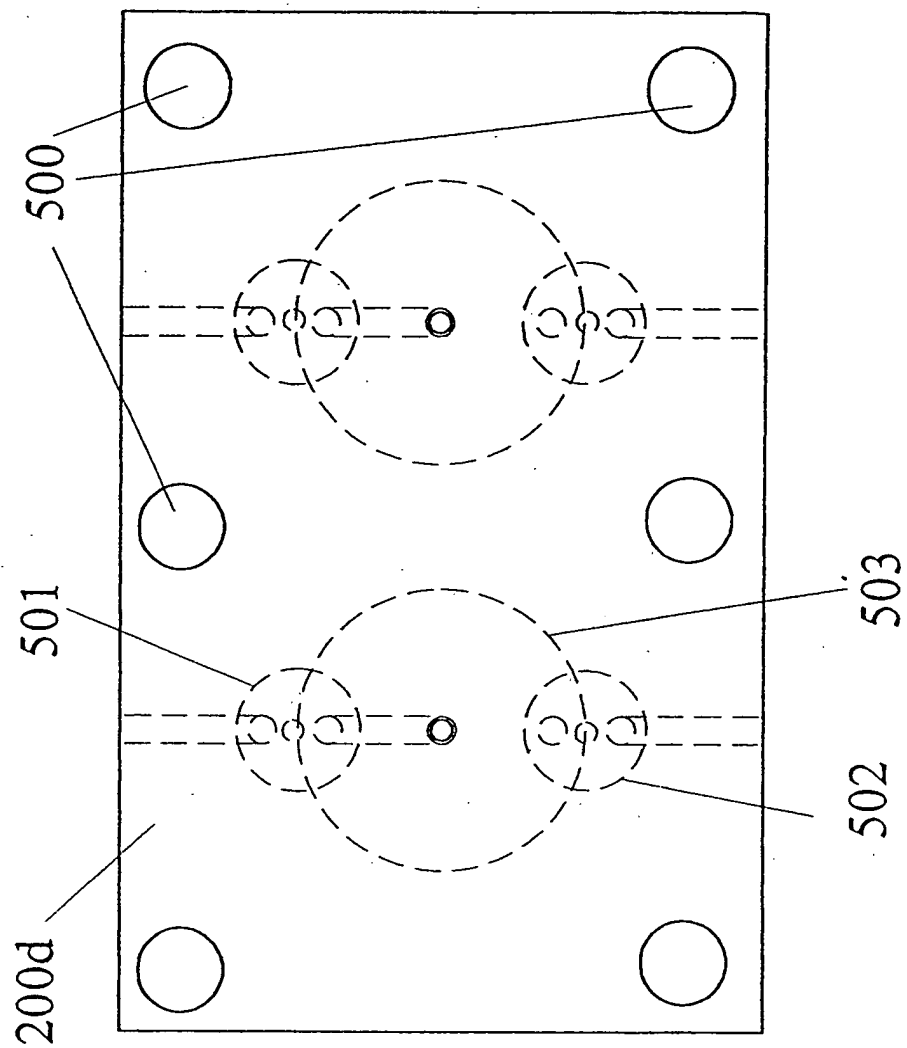


Fig. 6

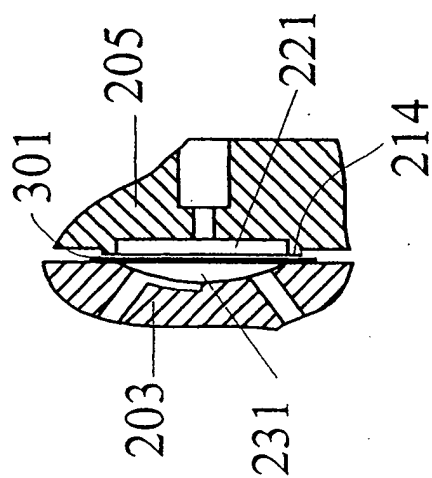


Fig. 7

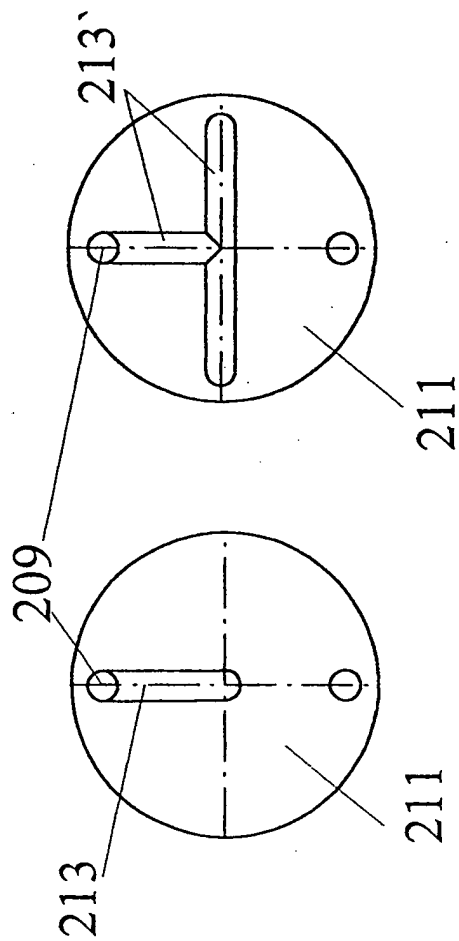


Fig. 8

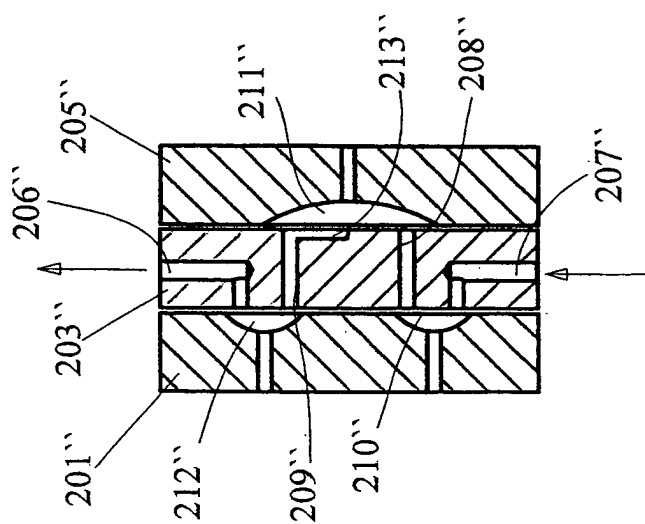


Fig. 9

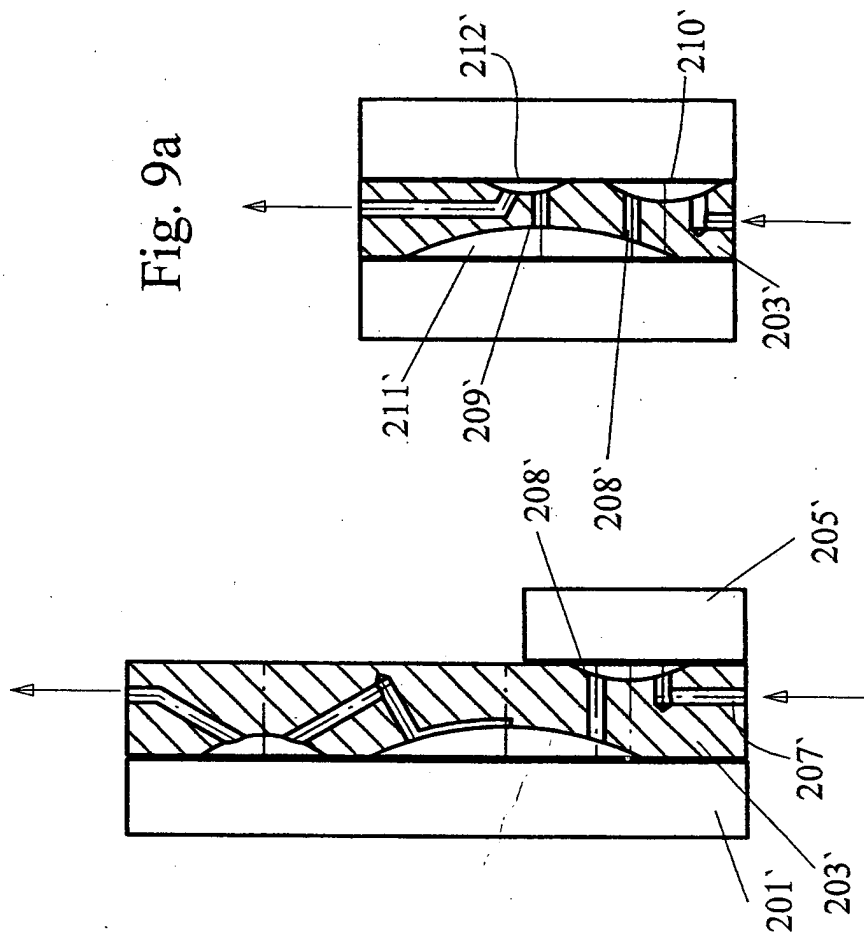


Fig. 9a

