(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 611 355 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.10.2010 Patentblatt 2010/42

(21) Anmeldenummer: **04724563.4**

(22) Anmeldetag: **31.03.2004**

(51) Int Cl.:
F04B 43/073 *(2006.01)* ***F04B 49/14*** *(2006.01)*
F04B 43/00 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2004/003378

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/090334 (21.10.2004 Gazette 2004/43)

(54) **MEMBRANPUMPE**

DIAPHRAGM PUMP

POMPE A MEMBRANE

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

(30) Priorität: **10.04.2003 DE 10316395**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.01.2006 Patentblatt 2006/01

(73) Patentinhaber: **Dritte Patentportfolio Beteiligungsgesellschaft mbH & Co. KG**
12529 Schönefeld/OT Waltersdorf (DE)

(72) Erfinder: **Jähn, Peter**
45479 Mühlheim-Ruhr (DE)

(74) Vertreter: **Zech, Stefan Markus**
Meissner, Bolte & Partner GbR
Widenmayerstrasse 48
80538 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 072 868
DE-A- 1 528 459
US-A- 2 391 703
US-A- 3 741 687

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).

EP 1 611 355 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Membranpumpe auf Basis der DE-A 102 16 146, also eine Membranpumpe mit mindestens zwei Kanälen für die Flüssigkeitszuführung und Flüssigkeitsableitung jedoch mit veränderbarem Hubvolumen was durch eine Dosiervorrichtung in Form eines Dosierkopfes erzielt wird und die Verwendung dieser Membranpumpe als steuerbares Ventil bzw. als steuerbare Mehrwege- Verteilerventile oder Mehrkomponenten-Verteilerventile.

[0002] Aus US-A 3 741 687 ist eine Membranpumpe bekannt, die nur zwei Kanäle, einen Einlass- und einen Auslasskanal aufweist.

[0003] Aus DE-A 102 16 146 ist eine Membranpumpe mit einem mehrteiligen Pumpenkörper und zwei Kanälen bekannt, die wenigstens aus drei starren Platten und wenigstens zwei zwischen diesen Platten angeordneten, elastischen Membranen besteht, wobei die Platten insbesondere eine Pumpkammer und mindestens zwei Absperrkammern mit je einer Einlass- und einer Auslassöffnung für das Fördergut bilden, und die Pumpkammern und Absperrkammern zusammen mit einem Einlasskanal den Verbindungskanälen sowie einem Auslasskanal einen Durchlasskanal bilden, wobei die Pumpkammer und die Absperrkammern durch die Membranen in je einen Produktraum und einen Steuerraum geteilt sind und die Steuerräume Steuerleitungen aufweisen, die mit einer Steuereinheit verbunden sind.

[0004] Es hat sich beim Gebrauch der Membranpumpe gemäß DE-A 102 16 146 gezeigt, dass diese nicht immer den hohen Genauigkeits-Anforderungen genügt, insbesondere dann, wenn Substanzen unterschiedlicher Dichte aufweisen, aber auch verschiedene Volumenströme bei Betrachtung eines einzelnen Förderhubes, genau dosiert werden sollen oder die Membranpumpe als Mehrwegeventil eingesetzt werden soll.

[0005] Es bestand daher die Aufgabe eine auf Basis der Membranpumpe gemäß DE-A 102 16 146 verbesserte Membranpumpe zu entwickeln, die stark miniaturisiert kleine Volumenmengen pro Zeiteinheit fördert und eine hohe Kurzzeit-Dosiergenauigkeit besitzt. Die Pumpe soll ein gutes Ansaugverhalten haben und gegen erhöhten Druck fördern, so dass selbst im nicht gefluteten Zustand des Pumpenkopfes ein Fördern gegen Druck sowie ein Teilhubbetrieb möglich ist, aber auch jederzeit eine Probenentnahme des zu fördernden Gutes gestattet. Die Aufgabe wurde zusätzlich erweitert, durch die Tatsache, dass ein serielles Dosieren unterschiedlicher Flüssigkeiten sowie eine verbesserte Reinigung möglich sein soll, aber auch das pulsierende Förderverhalten optimiert werden soll.

[0006] Die Lösung der Aufgabe und Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein modular lamellenartig aufgebauter elektro-pneumatisch angetriebener Pumpenkopf als Membranpumpe (gemäß Fig.1 bzw. Fig. 2), der mehrteilig aus mindestens drei starren Platten (Lamellen) (201, 203, 205) und mindestens zwei zwischen diesen Platten angeordneten elastischen Membranen (204, 202) besteht, 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 die 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, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Platte (205) entsprechend ausgebildet ist um die bewegliche Scheibe aufzunehmen, wodurch der Steuerraum der Pumpkammer vergrößert ist und in diesen eine axial bewegliche Scheibe (1001) mit einseitig angesetzter verlängerter Stange (1002) eingesetzt ist, so dass die einseitig angesetzte Stange der beweglichen Scheibe bis außerhalb des Dosierkopfes verlängert ist und außerhalb der Pumpe verstellt werden kann (1003) und dadurch die im Steuerraum befindliche Scheibe (1001) axial bewegt wird und den möglichen Membranweg in der Pumpkammer reduziert oder vergrößert, so dass das dosierte Flüssigkeitsvolumen pro Förderhub variierbar ist und die Pumpe in einem Teilhubbetrieb arbeitet ohne dass das Totraumvolumen im Produktraum verändert wird, die Fläche der beweglichen Scheibe geringfügig kleiner ist als die Fläche der förderaktiven Membran und der Mittenabstand des jeweils benachbarten Einlasses und des Auslasses jeder Pump- und Absperrkammer das zwei- bis zehnfache des größten hydraulischen Durchmessers der jeweiligen Einlass- (240) oder Auslassöffnung (241) beträgt.

[0007] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Membranpumpe eine dezentrale elektro-pneumatische Steuereinheit (100, 115) mit Unterdruckerzeuger zum Antrieb des Pumpenkopfes auf und der Mittenabstand des jeweils benachbarten Einlasses und des Auslasses jeder Pump- und Absperrkammer beträgt das zwei- bis zehnfache des größten hydraulischen Durchmessers der jeweiligen Einlass- (240) oder Auslassöffnung (241).

[0008] Die erfindungsgemäße Membranpumpe ist vorzugsweise so ausgestaltet, dass die Pumpkammer (211) und die Absperrkammern (210, 212) randseitig durch die Membranen (204, 202) abgedichtet sind.

[0009] Die Ausgestaltung der äußeren Platte (205) erfolgt dermaßen, dass bevorzugt die bewegliche Scheibe sowie die Stange samt externer Verstellmöglichkeit aufgenommen wird. Das erfordert, dass die äußere Platte zumeist dicker oder stärker ausgebildet ist als die Platten (201) oder (203).

[0010] Die zwischen den Platten eingespannte elastische Membran wird durch den Antrieb (Steuereinheit) pneuma-

tisch belastet und wieder entlastet, so dass im schliessenden Betriebszustand die aktive Membranfläche durch den Steuerdruck bis zur begrenzenden Wand der produktseitigen Pump-oder Absperrkammer und im öffnenden bzw. entlasteten Betriebszustand durch die Eigenelastizität des Membranwerkstoffes und durch den Unterdruck bis zur begrenzenden Wand des Steuerraums verformt wird.

[0011] Dabei ist die größte aufgebrachte Bewegungskraft mit dem größten Membranverformungsweg gleichgerichtet. Die aufgeschaltete Kraft für die Förder- bzw. Schließbewegungen der Membranen sind größer als die aufgeschaltete Kraft zur Rückholung der Membranen.

[0012] Aufgrund der bevorzugten Kammergeometrien bzw. Kraftwirkung ist die Membranbelastung und Membranverformung symmetrisch, so dass die Dosiergenauigkeit und die Membranstandzeit erhöht ist.

[0013] Die erfindungsgemäße Membranpumpe bestehend aus dem erfindungsgemäßen Pumpenkopf und der dezentralen Steuereinheit erlaubt das Fördern kleiner Volumenmengen pro Zeiteinheit, besitzt eine hohe Kurzzeit-Dosiergenauigkeit bezogen auf den einzelnen Dosierhub, zeigt ein gutes Ansaugverhalten, kann selbst im nicht geflutetem Zustand des Pumpenkopfes gegen Druck fördern und erlaubt zudem jederzeit den Teilhubbetrieb. Die erfindungsgemäße Membranpumpe erlaubt in den verschiedensten Anwendungen das Fördern von Flüssigkeiten mit einem Viskositätsbereich von 0,001 Pas bis 10 Pas, bevorzugt 0,001 bis 5 Pas und besonders bevorzugt von Flüssigkeiten mit einer Viskosität von 0,001 bis 2 Pas.

[0014] Die durch Dreh- oder Hubbewegung in axialer Richtung bewegliche Scheibe (1001) im Steuerraum der Pumpkammer (211) ermöglicht, dass der maximale Hubweg der fördernden Pumpenmembran (204) variiert wird, so dass ein Pumpen in einem Teilhubbetrieb möglich ist. Zusätzlich erfolgt eine weitere Reduzierung der Membranbelastung, so dass je nach eingesetztem elastischen Material die auftretende Verformung durch Veränderung des Membran-Hubweges reduziert wird. Vorzugsweise verringert die bewegliche Scheibe den Verformungsweg im entlasteten Zustand.

[0015] Die axial bewegliche Wand (1001) innerhalb des Steuerraumes der Pumpkammer variiert die Membranbewegung in axialer Richtung in einem Bereich von 1 % bis zu 100 % des konstruktiv größten Hubweges, bevorzugt erfolgt die Begrenzung von 10% bis 100 % und besonders bevorzugt erfolgt die Begrenzung in einem Bereich von 20 % bis 100% des Hubweges, ohne dabei das Totraumvolumen der Pumpkammer zu vergrößern.

[0016] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Fläche der beweglichen Scheibe geringfügig kleiner als die Fläche der förderaktiven Membran. Geringfügig im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet, dass die der Membran zugewandte Fläche der axial-beweglichen Scheibe eine Größe von 60 % der förderaktiven Membranfläche hat, bevorzugt eine Größe von 61 % bis 80 % und besonders bevorzugt eine Größe von 81% bis zu 95% bezogen auf die förderaktive Membranfläche. Damit wird die elastische Membran im Betrieb großflächig gestützt und die Dosiergenauigkeit erhöht.

[0017] Die Stange (1002) erlaubt die bewegliche Scheibe (1001) von außerhalb der Membranpumpe zu verstellen indem diese durch die äußere Platte (205) hindurchgeführt wird. Die Verstellung erfolgt durch Rotations- oder Hubverstellungen beispielsweise, manuell, motorisch, hydraulich, pneumatisch oder piezo-betrieben, wodurch eine automatische Feineinstellung des Teilhubes vorgenommen werden kann. Die Stange kann beispielsweise eine Gewindestange sein oder ohne Gewinde als Zylinderstange oder auch als Vierkantstange ausgeführt sein. Die bewegliche Scheibe bzw. die Stange wird mit einer Dichtung zur Platte (205) nach aussen gedichtet, so dass der Steuerraum mit Druck beaufschlagt werden kann.

[0018] Die axiale Scheibenverstellung innerhalb des Steuerraumes der Pumpkammer kann in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung über die Stange (1002) auch automatisch bzw. ferngesteuert erfolgen, wenn ein elektrisch betriebener Motor, ein hydraulischer oder ein pneumatischer Stellantrieb montiert wird.

[0019] Je nach Wahl der zweckmässigen Verstellmöglichkeit der beweglichen Scheibe kann es vorteilhaft sein die Absperrkammern auch elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch zu betätigen.

[0020] Ein automatisch einstellbarer Teilhub der Pumpmembranen bildet einen Aktor, so dass in Kombination mit z.B. einem Durchflusssensor eine Durchflussregelung aufgebaut werden kann.

[0021] Die eingestellte Förderleistung der pneumatischen Pumpe, kann beispielsweise gravimetrisch kontrolliert werden. Entstehen Abweichungen von der vorgegebenen Dosierleistung, sendet der Wägesensor ein Signal zum überwachenden Regler, und der Regler ein Steuersignal zum VerstellAntrieb, der an der Stange der beweglichen Scheibe (1001) befestigt ist und die Scheibe im Pumpensteuerraum in axialer Richtung verstellt und so eine Veränderung des Pumpenhubvolumens vornimmt damit eine Korrektur der Pumpen-Förderleistung erfolgt.

[0022] Die im Steuerraum eingesetzte axial bewegliche Scheibe (1001) kann zur Membranseite unterschiedliche Formen haben. Die Scheibe kann die Form einer ebenen Zylinderscheibe (Fig. 2a), eines stumpfen Kegels (Fig. 2b) oder die Form eines Kugelabschnittes (Fig. 2c) haben. Insbesondere eine zur Pumpkammer angepasste Scheibenform hat Vorteile dahingehend, dass bei maximaler Verstellung der beweglichen Scheibe die zuführenden und abführenden Verbindungskanäle (208/209) der Pumpkammer verschlossen werden.

[0023] Die axial bewegliche Scheibe (1001) ist mit Öffnungen oder Bohrungen (1007) versehen und gegebenenfalls zusätzlich auf der Membran abgewandten Seite mit einem konzentrisch erhabenen Ring (1008) versehen, so dass bei vollständiger Rückstellung der Scheibe der pneumatische Anschluss nicht verschlossen werden kann. Die bewegliche Scheibe (Fig. 2c) mit einseitig verlängerter Stange ist einseitig gebohrt, um den direkten Anschluss der Steuerenergie

an der beweglichen Scheibe zu ermöglichen.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Membranpumpe so ausgestaltet, dass die bewegliche Scheibe (1001) membranseitig eben ist oder einen stumpfen Kegel zeigt oder der produktseitigen Pumpkammer angepasst und mit mehreren Bohrungen (1007) versehen ist.

[0025] Gegenüber der Membranpumpe gemäß DE-A 102 16 146 zeigt diese erfindungsgemäß verbesserte Membranpumpe ein einfacheres Einstellen bzw. Variieren des Hubvolumens, eine verringerte Pulsation und einen gleichmässiger geförderten Volumenstrom. Die Anwendung des Teilhubbetriebes gilt für Pumpkammer mit einem Hubvolumen von größer 5 µl/ Hub bis zu 1000 000 µl/Hub. Die erfindungsgemäße Membranpumpe ist aufgrund unterschiedlicher Korrosionsanforderungen in der chemischen Industrie aus diversen resistenten Werkstoffen preiswert herstellbar.

[0026] Die Auslegung der Steuerung oder Antriebstechnik der erfindungsgemäßen Membranpumpe hat keinen Einfluss auf die Pumpenkopfgröße und die Integrationsmöglichkeit in einem miniaturisierten Versuchsanlagenaufbau. Die erfindungsgemäße Membranpumpe lässt sich, modular aufbauen, so dass durch entsprechende Ergänzungen oder Austausch von Modulteilen, eine leichte Aufgabenanpassung an das zu fördernde Gut erfolgen kann. Die Änderung der Dosierleistung erfolgt ohne dass der Verdrängerweg der Membran bzw. der beweglichen Scheibe (1001) im Pumpenkopf das Totvolumen vergrößert, so dass das angesaugte Flüssigkeitsvolumen zu jeder Zeit vollständig aus dem Pumpenkopf verdrängt wird.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes, ist der Steuerdruck auf der Membran in allen Steuerräumen durch einen der Steuereinheit vorgeschalteten Druckregler mindestens um 0,1 bar höher, als der herrschende Druck am Auslasskanal oder am Einlasskanal des Pumpenkopfes, bevorzugt ist der Steuerdruck mindestens um 0,5 bar höher und besonders bevorzugt ist der Steuerdruck um 1 bar höher als der zu erwartende Druck am Auslass- oder am Einlasskanal.

[0028] Der höhere Differenzdruck zwischen Auslass- oder Einlasskanal (206, 207) und steuerseitigem Druck stellt das dichte Verschließen der jeweiligen Einlassöffnungen und Auslassöffnungen in den Pump- und Absperrkammern durch die Membran sicher.

[0029] Die Membranen (202, 204) bestehen bevorzugt aus einem elastischen Material, insbesondere einem Elastomer, Silikon, Viton®, Teflon® oder einem Kautschuk, insbesondere aus einem elastischen Schichtstoff der mindestens aus zwei miteinander verbundenen Materialschichten mit unterschiedlichen Elastizitätsmodul besteht.

[0030] Eine bevorzugte Ausführung der Membranen ist dadurch gekennzeichnet, dass diese aus einem elastischen Schichtstoff bestehend aus mindestens zwei miteinander verbundenen Materialschichten mit unterschiedlichem Elastizitätsmodul bestehen. Die einzelnen Schichten werden untereinander verklebt bzw. verbunden. Prinzipiell ist dieses Merkmal auch auf eine Membranpumpe gemäß DE-A 102 16 146 anwendbar.

[0031] So kann beispielhaft eine dünne Teflon®-Folie mit einem hochelastischen Kautschuk verbunden werden, um Rückstellungskräfte des Membranschichtstoffes zu erhöhen , und so einen bei der Flüssigkeitsverdrängung verformten Membranshichtstoff mit geringer Hilfsenergie (z.B. durch Vakuumerzeuger) in den ursprünglichen Zustand bis zur begrenzenden Wand zurückzuformen.

[0032] Eine bevorzugte Ausführung der eingesetzten Membranen ist dadurch gekennzeichnet, dass dünne elastische Folien teilweise gekammert sind und die Bauteile bzw. die Komponenten für eine Membran-Kammerung aus korrosionsfesten Werkstoffen bestehen und bis zu 30 % der produktberührten Membranfläche kammern, bevorzugt bis 65 % und besonders bevorzugt bis 80 % der produktberührten Membranfläche kammern.

[0033] Die Verwendung einer gekammerten Membran reduziert die bei Belastung auftretende plastische Verformung, so dass bei hoher Belastung die Membranverformung extrem gering ist. Die zwei plattenförmigen Membrankammerelemente (siehe Fig. 3, (1100, 1101)) sind vorzugsweise scheibenförmig, und haben am äußeren Durchmesser einen konzentrischen zur Membranseite ausgebildeten erhabenen Ring (1102, 1103), so dass große Membran-Flächenanteile eingespannt sind und im gekammerten Bereich keiner Verformungskraft bzw. Dehnkraft unterliegen.

[0034] Vorzugsweise werden Kammerelemente bei einem Membran-Durchmesser von größer 10 mm bis kleiner 1000 mm eingesetzt, vorzugsweise in einem Durchmesserbereich von größer 50 mm bis kleiner 800 mm und besonders bevorzugt in einem Durchmesserbereich von größer 100 mm bis kleiner 500 mm eingesetzt.

[0035] Besonders vorteilhaft ist eine bevorzugte Ausführung der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes, dadurch gekenntzeichnet, dass die Pumpmembran (204) gekammert ist (Fig. 3).

[0036] Sind große Flächenanteile der Membran gekammert, so kann die produktseitige Fläche (1104) der Membran-Kammerkomponente mit einer elastischen Schicht oder Folie versehen sein, um zuführende und abführende Verbindungskanäle der Pumpkammer dicht zu verschließen (siehe Fig. 3).

[0037] Sehr große Pumpkammern, die mit gekammerten Membranen versehen sind, können zur Gewichtskompensation, hervorgerufen durch das Gewicht der Kammerelemente, mit einer axialen Führung versehen sein. Die axiale Führung kann alternativ die Funktion der Stange (1002) übernehmen. Die axiale Führung kann eine Hohlstange (Rohr) sein.

[0038] Besonders vorteilhaft ist eine bevorzugte Ausführung der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes, bei der mehrere Absperrkammern eine gemeinsame Membran aufweisen (Fig. 1).

[0039] Eine bevorzugte Ausführung der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes ist dadurch gekennzeichnet, dass der Pumpenkopf aus mindestens drei Platten besteht und die Pump- und Absperrkammern durch Vertiefungen in den Platten gebildet sind (Fig. 2).

[0040] In einer besonders bevorzugten Bauform besteht die Membranpumpe bzw. der Pumpenkopf aus mindestens drei Platten und die Pump- und Absperrkammern (210, 211, 212) sind durch Vertiefungen in der mittleren Platte gebildet.

[0041] Eine andere besonders bevorzugte Form der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes ist dadurch gekennzeichnet, dass dieser/diese aus mindestens drei Platten besteht und die Pump und Absperrkammern (210, 212) durch Vertiefungen (210', 211', 212') in den äußeren Platten (201,203,205) gebildet sind.

[0042] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes, befindet sich zumindest im Produktraum der Pumpkammer (211) eine Nut (213), die den Scheitelpunkt der Pumpkammer-Vertiefung mit der Auslassöffnung der Pumpkammer verbindet.

[0043] Das Volumen der eingearbeiteten Nut in die Pumpkammer ist mit dem Totraumvolumen der Pumpkammer gleich zu setzen. Durch entsprechende Gestaltung der Kammergeometrie (Kugeldurchmesser und Höhe) ist das Totraumvolumen bezogen auf das Pumpkammervolumen extrem klein, teilweise unter 1 %.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform weisen die der Membran gegenüberliegenden Wände der Steuerräume, zumindest jedoch die Pumpkammer, ein Ausgleichsvolumen in Form einer flächigen Vertiefung auf. Dadurch kann sich die Membrane bei anstehendem Unterdruck in den Steuerraum verformen und sich im Extremfall an die begrenzende Wand des Steuerraumes anschmiegen. Gleichzeitig erfolgt eine Vergrößerung des jeweiligen Produktraumes, jedoch unter Einhaltung der maximalen Membranverformung. (beispielhaft dargestellt in Fig. 1 im Produktraum der Absperrkammer (212)).

[0045] Werkstoffe wie elastische Kunststoffmembranen unterliegen bei großer Belastung einer Dehnung und bleibenden Verformung. Die bleibende bzw. plastische Verformung hat direkte Auswirkungen auf die Dosiergenauigkeit, insbesondere bei der Betrachtung des einzelnen Dosierhubes. Für eine Präzisionsdosierung mit einer Membrantechnik wurde im Rahmen der Arbeiten zur vorliegenden Erfindung festgestellt, dass die Membranverformung und somit die Höhe der Absperr- und Pumpkammern nicht beliebig groß gewählt werden darf.

[0046] Es wurde bei der zweidimensionalen Betrachtung der Vertiefungsgeometrien in den Platten überraschend herausgefunden, dass ausgehend vom eingespannten unbelasteten Zustand bis zur maximalen Membranverformung, zwischen den Platten enge Grenzen eingehalten werden müssen, um eine exakte Flüssigdosierung zu ermöglichen.

[0047] Im Falle einer Pumpkammergeometrie, wie z.B. in Form des räumlichen Kugelabschnittes, erfolgt die Ermittlung der maximalen Membrandehnung bzw. Membranverformung, indem die Längenänderung zwischen Sehnenlänge und Bogenlänge eines Kreisabschnittes ermittelt wird. Dabei ist die Membran auf Höhe der Sehne des Kreisabschnittes unbelastet und auf Höhe der Bogenlänge des Kreisabschnittes belastet. Bei Kenntnis der Sehnen- und Bogenlänge des Kreisabschnittes kann aus der Längendifferenz von Sehne und Bogen die Membrandehnung ermittelt werden (Fig. 8). In Analogie kann dieses Vorgehen auch auf andere Pump- und Absperrkammergeometrien übertragen werden.

[0048] Die maximale Verformung der förderaktiven Membran in die größere produktseitige Vertiefung darf höchstens 20 % betragen, bevorzugt 0,01 % bis 10 % und besonders bevorzugt muss die Verformung 0,01 % bis 5 % betragen, um eine hohe gleichbleibende Membranbewegung und eine hohe Dosiergenauigkeit, insbesondere Kurzzeit-Genauigkeit, zu erhalten.

[0049] Die ermittelten Membran - Verformungsgrenzen bestimmen deshalb die Höhen der Absperr- und Pumpkammer sowie die durch Membranen gebildeten Steuer- und Produkträume, so dass die Dosiergenauigkeit der erfinderischen Membranpumpe wesentlich im Vergleich zu bekannten Membranpumpen verbessert wird.

[0050] Das Ausgleichsvolumen beschreibt den Raum, in den sich die vorhandene Membran bei anstehendem Unterdruck hinein verformt. Ist das Ausgleichsvolumen vergrößert und mit einer verstellbaren Scheibe (1001) ausgerüstet, dann hat das Ausgleichsvolumen durch axiale Verstellung der beweglichen Scheibe (1001) keinen Einfluss auf das produktseitige Vertiefungsvolumen der Pumpkammer.

[0051] Typischerweise sind die Produkträume der Absperrkammern (210, 212) kleiner als der Produktraum der Pumpkammer (211) ausgeführt.

[0052] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes beträgt das Absperrkammervolumen 5 % bis 50 % des produktseitigen Pumpkammervolumens, bevorzugt 5 % bis 30 % und besonderes bevorzugt 5 % bis 20 %. Prinzipiell ist dieses Merkmal auch auf eine Membranpumpe gemäß DE-A 102 16 146 anwendbar

[0053] 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- (240) oder Auslassöffnung (241), bevorzugt beträgt der Mittenabstand das zweifache bis fünffach und besonders bevorzugt das zwei- bis vierfache, ganz besonders bevorzugt das drei- bis vierfache..

[0054] 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.

[0055] Die Verbindungskanäle (208, 209) 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 0,5 bis 20, bevorzugt 0,5 bis 10, besonders bevorzugt 0,5 bis 5, auf. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Querschnitte der zuführenden Kanäle zur Pumpkammer größer als die abführenden Kanäle bis zum Auslass der erfindungsgemäßen Membranpumpe.

[0056] Eine weitere besonders bevorzugte Form der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes ist dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungskanäle und Teilabschnitte des Einlass- und Auslasskanals unter einem Winkel α stehen, wobei der Winkel α in einem Bereich von +/- 20 bis 70 Grad, bevorzugt in einem Bereich von +/- 30 bis 60 Grad liegt (Fig. 3b). Der Winkel α wird gemessen vom Scheitelpunkt der tiefsten Stelle der jeweiligen Kammer bis zum zugehörenden Verbindungskanal bzw. Ein- oder Auslasskanal (Fig. 3b).

[0057] Die unter einem Winkel stehenden Kanäle und Kanalabschnitte vermindern Strömungsverluste während des Ansaug- und Fördervorgangs. Eine Druckverlustminderung ist besonders vorteilhaft, weil Strömungsvorgänge in der erfindungsgemäßen Membranpumpe bzw. im Pumpenkopf durch sprunghaft wechselnde Veränderungen von Druck und Vakuum eingeleitet werden. Die schräg verlaufenden Verbindungskanäle sowie Einlass- und Auslasskanäle reduzieren während der Förderung die auftretende Scherung, so dass scherempfindliche Substanzen in der Bio- oder Medizintechnik schonend dosiert bzw. gefördert werden. Prinzipiell ist dieses Merkmal auch auf eine Membranpumpe/Pumpenkopf gemäss DE-A 102 16 146 anwendbar.

[0058] Das geringe Totraumvolumen zwischen Pump- und Absperrkammern verbessert die Ansaugleistung der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes und vermeidet Ablagerungen im Dosierkopf.

[0059] Eine weitere besonders bevorzugte Form der Membranpumpe/des Pumpenkopfes ist dadurch gekennzeichnet, dass der Pumpenkopf aus mindestens drei Platten besteht und mindestens eine äußere Platte temperierbar ausgebildet ist. Prinzipiell ist dieses Merkmal auch auf eine Membranpumpe/Pumpenkopf gemäß DE-A 10216 146 anwendbar.

[0060] Die Temperierung der äußeren Platte erfolgt durch Thermostatisierung oder durch eine elektrische Beheizung mit separater Kühleinrichtung.

[0061] Die vorliegende Erfindung betrifft zudem bevorzugt eine Membranpumpe mit steuerbaren Ventilen und dezentraler Steuereinheit dadurch gekennzeichnet, dass im Pumpenkopf in Durchströmrichtung des Fluids der Einlasskanal mit durchströmter Absperrkammer und Verbindungskanal zur Pumpkammer einen größeren hydraulischen Querschnitt hat als der ableitende Verbindungskanal mit folgender Absperrkammer und Auslasskanal.

[0062] Die vorliegende Erfindung betrifft besonders bevorzugt eine Membranpumpe mit steuerbaren Ventilen und dezentraler Steuereinheit dadurch gekennzeichnet, dass im Pumpenkopf das Volumen der Pumpkammer (211) im Bereich von 0,005 ml bis 1000 ml liegt, bevorzugt von 0,01 ml bis 100 ml und besonders bevorzugt beträgt das Volumen der Pumpkammer 0,1 ml bis kleiner 10 ml.

[0063] Die vorliegende Erfindung betrifft ganz besonders bevorzugt eine Membranpumpe mit steuerbaren Ventilen und dezentraler Steuereinheit dadurch gekennzeichnet, dass im Pumpenkopf das Totraumvolumen des Produktraumes der Pumpkammer (211) weniger als 20 % ist, bevorzugt weniger als 10 % und besonders bevorzugt weniger als 5 % des Pumpkammervolumens beträgt.

[0064] Eine Leistungserhöhung durch beispielsweise zwei Pumpenköpfe mit steuerbaren Ventilen und dezentraler Steuereinheit bestehend aus drei Platten und in den Trennebenen der Platten befindliche Vertiefungen mit gemeinsamen Einlass- und Auslasskanälen sowie abgewinkelten Verbindungskanälen zwischen Pump- und Absperrkammern wird in besonderer kompakter Bauweise ermöglicht, indem in der mittleren Platte beidseitig eine Pumpkammer (303, 303') und mindestens zwei Absperrkammern (301,305) eingebracht sind und der Einlasskanal in ansaugender Durchströmrichtung auf einen Querkanal mündet der zwei Absperrkammern (301, 301') verbindet, und in ableitender Strömungsrichtung ebenfalls ein Querkanal zwei Absperrkammern (305, 305') verbindet und über den Auslasskanal ein zu fördernder Stoff aus dem Pumpenkopf austreten kann und in Verbindung mit der dezentralen Steuerung die Betätigung aller Pump- und Absperrkammern so geschaltet wird, dass die Funktion einer Doppelmembranpumpe mit steuerbaren Ventilen erbracht wird (Fig. 3a).

[0065] Die Membranen der Doppelmembranpumpe arbeiten alternierend, so dass das Pulsieren der Fluidströmung nahezu vollständig kompensiert wird.

[0066] Die jeweils einer Pumpkammer zugeordneten Absperrkammern müssen dabei im Steuerungsablauf zeitlich versetzt angesteuert werden, so dass die auftretenden Pulsationen halbiert werden. Das erfordert einen erweiterten Steuerungsablauf.

[0067] Die drei Platten dieser Membranpumpe gemäß Fig. 3a sind zu Reinigungs- und Reparaturzwecken vorzugsweise lösbar miteinander verbunden.

[0068] Die Doppelmembranpumpe kann im Bedarfsfall so ausgerüstet werden, dass mindestens eine Pumpkammer mit einer beweglichen Scheibe für einen Teilhubbetrieb ausgerüstet ist.

[0069] Eine weitere bevorzugte Form der Membranpumpe ist dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe aus mindestens drei Platten besteht und in der mittleren Platte (Fig. 4 oder Fig. 4a) mindestens eine Pumpkammer vorgesehen ist und zu jeder Pumpkammer mindestens drei kleinere Absperrkammern gehören und jede Absperrkammer einen

Verbindungskanal zur Pumpkammer und einen Einlass- oder Auslasskanal für die Zu- oder Ableitung mindestens eines Fluids besitzt und alle Kammern über eine dezentrale Steuereinheit separat ansteuerbar sind.

[0070] Eine Membranpumpe bestehend aus einer Pumpkammer und mindestens drei zugehörenden Absperrkammern, ermöglicht das sequenzielle oder das alternierende Fördern von mindestens zwei verschiedenen Fluiden. So können beispielsweise einem Prozess zwei verschiedene Substanzen mit einer Pumpe zugeführt werden, wobei das Hubverhältnis der zu fördernden Substanzen gleich oder unterschiedlich sein kann. Das Einstellen des Hubverhältnisses erfolgt über die dezentrale Steuereinheit.

[0071] Die Vorteile des Anwenders bestehen darin, dass mit einer Dosiereinheit, bei niedrigem Investitions- und Montageaufwand sowie bei geringstem Raumbedarf mit einer Pumpeinheit mehrere Substanzen in einem gewünschten Verhältnis einem Prozess zugeführt werden können. Insbesondere bei Anwendungen im pharmazeutischen Bereich, wo geringe Totraumvolumina und eine Sterilisierbarkeit der eingesetzten technischen Komponenten gefordert ist, ist der Einsatz der erfindungsgemäßen Membranpumpe besonders vorteilhaft.

[0072] In einer alternativen Ausführungsform wird die erfindungsgemäße Membranpumpe bzw. der erfindungsgemäße Pumpenkopf als Förder- und Entnahmevorrichtung eingesetzt. In diesem Fall eignet sich die erfindungsgemäße Membranpumpe bzw. der erfindungsgemäße Pumpenkopf zur Probenentnahme von Flüssigkeiten oder Gasen aus geschlossenen Apparaturen.

[0073] In Fig. 7 ist beispielhaft eine Pumpenverschaltung zur Probenahme und aufbereitung dargestellt. Zwei Membranpumpen (700, 700') nach Fig.4, 4a (400) sind mit einer Mischkammer (701) kombiniert, so dass alle funktionellen Teile in den drei, jedoch vergrößerten, Pumpenplatten eingebracht sind. Die Membranpumpen haben eine Pumpkammer (702, 702') und jede Pumpkammer hat vier zugeordnete Absperrkammern (703, 704, 705, 706 und 703',704',705',706'). Den Absperrkammern sind jeweils Einlasskanäle und Auslasskanäle (in der Fig. 7 mit Flusspfeilen gekennzeichnet) zugeordnet. Für eine automatisierte Probenahme mit anschließender Aufarbeitung und Abtransport zu einem angeschlossenen Analysegerät sind in der Figur 7 alle Komponenten dargestellt. Verzichtet wurde auf die Darstellung der Steuereinheit zur separaten Ansteuerung der Kammern und auf eine Schnittdarstellung der drei Platten.

[0074] Aus der Fig.7 ist zu erkennen, dass eine Substanzprobe angesaugt werden kann, wenn Einlasskanal (707) und Auslasskanal (708) an einem Reaktor angeschlossen sind. Über Einlasskanal (707), Ansaugventil (704), Pumpkammer (702), Druckventil (705) und Auslasskanal (708) der Pumpe (700) kann ständig eine Substanzmenge aus dem Reaktionsgefäß umgepumpt werden. Zu einem gewünschten Zeitpunkt schaltet die Steuerung beispielsweise um, so dass Druckventil (705) schließt und Ventil (706) öffnet und mit dem bekannten Pumpkammervolumen eine definierte Substanzmenge durch den Auslasskanal des Ventils (706) in die Mischkammer (701) überführt wird. Sobald die Probe überführt ist startet die Pumpe (700') um ebenfalls einen Umpumpkreislauf zur Mischkammer zu erzeugen. Dabei ist der Einlasskanal des Ventils (704') und der Auslasskanal des Ventils (705') mit der Mischkammer verbunden. Die Pumpe (700) kann nun, parallel zum in Betrieb genommenen Umpumpkreislauf der Mischkammer, über Einlasskanal (709) und Ventil (703) bei gleichzeitig geschlossenem Ventil (704) beispielhaft ein zusätzliches Verdünnungsmittel in die Mischkammer fördern, welches mit der Substanzprobe dort vermischt wird. Nach dem Mischprozess durch Pumpe (700') wird die verdünnte Substanzprobe zu einem möglichen Analysegerät gefördert. Dabei schließt das Ventil (705') und das Ventil (706') öffnet. Aufgrund der Summe aller zuführenden Pumphübe zur Mischkammer, kann mit gleicher Hubzahl die aufbereitete Probe über Auslasskanal (710) ausgeschleust und zur Analyse gefördert werden. Des Weiteren ist der Einlasskanal (709) verlängert bis zum Ventil (703'), so dass auch die zweite Pumpe nach dem Probentransport mit Verdünnungsmittel gespült werden kann, wenn entsprechende Ventile geschaltet werden.

[0075] Die Förder- und Entnahmevorrichtung weist ein geringes Totraumvolumen auf.

[0076] Dieses geringe Totraumvolumen ist notwendig damit durch Ablagerung und Alterung der entnommenen Substanzen das Analysenergebnis nicht durch Altsubstanzen verfälscht wird, die produktbeaufschlagten Kanäle nicht verstopfen und eine hohe betriebliche Verfügbarkeit gegeben ist.

[0077] Die erfindungsgemäße Fördervorrichtung gestattet eine exakte Probenentnahme und eine anwendernahe volumetrische Förderung von Flüssigkeiten, Gasen, bzw. verflüssigten Druckgasen. Sie ist für diese Zwecke besonders vorteilhaft, weil das Hubvolumen des Pumpenkopfes leicht an betriebliche Anforderungen anpassbar ist, insbesondere dann, wenn Pumpkammern mit verstellbarer Scheibe für einen Teilhubbetrieb ausgestattet werden.

[0078] Die erfindungsgemäße Membranpumpe/Fördervorrichtung wird mittels einer dezentralen elektro-pneumatischen Steuereinheit betrieben, die mit auseichend vielen Anschlussmöglichkeiten zur Steuerung aller benötigten Pump- und Absperrkammern versehen ist.

[0079] Die Kombination von mindestens einer Pump- und zugehörenden Absperrkammern mit Verweil-, Misch- und Trennkammern und aufgabenspezifischer Sensorik bietet die Möglichkeit kleine und kompakte Funktionseinheiten zu bilden, die flüssige oder gasförmige Substanzen mit ihren Eigenschaften messen, behandeln, aufbereiten und analysieren. Die Funktionseinheiten haben kleine Abmessungen und können daher in analytischen und in medizinischen Geräten leicht integriert werden. Besonders vorteilhaft ist, das nur geringe Totraumvolumen vorhanden sind und nur geringe Substanzmengen verarbeitet werden.

[0080] Eine dezentrale elektro-pneumatische Steuereinheit wie in Fig. 1 ermöglicht aber auch eine synchrone An-

steuerung mehrerer Pumpenköpfe. Der parallele Betrieb mehrerer Pumpenköpfe mit nur einer Steuereinheit ermöglicht den wirtschaftlichen Einsatz der erfindungsgemäßen Membranpumpe/Fördervorrichtung beispielsweise in Abfüllanlagen oder Abfülllvorrichtungen. Die Erfindung betrifft deshalb auch Abfüllanlagen oder Abfüllvorrichtungen, die wenigstens eine erfindungsgemäße Membranpumpe enthalten.

[0081] Eine dezentrale elektro-pneumatische Steuereinheit ermöglicht auch eine zeitlich versetzte Ansteuerung einzelner Pumpenköpfe, so dass im parallelen Betrieb mehrerer Pumpen eine reduzierte Pulsation auftritt.

[0082] Durch die erfindungsgemäße Membranpumpe mit dezentraler elektro-pneumatischer Steuereinheit und verstellbarer Scheibe im Steuerraum der Pumpkammer ist ein wirtschaftlicher Einsatz bei gleichzeitig niedrigen Investitionskosten 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.

[0083] 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 bzw. zugeordneten konstanten oder variierbaren Zeitglied zum darauf folgenden Steuerschritt getrennt ist und die Förder- bzw. Dosierleistung der Pumpe durch das Verändern von mindestens einem Zeitglied variiert werden kann.

[0084] 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.

[0085] Die zur Steuerung gehörenden Zeitglieder T betragen vorzugsweise 0,001 Sekunden bis 100 Sekunden, bevorzugt liegt der Bereich zwischen 0,03 Sekunden bis 30 Sekunden und besonders bevorzugt beträgt das Zeitglied 0,03 Sekunden bis 10 Sekunden.

[0086] Die Zeitglieder stellen sicher, dass die schnellen elektronischen Steuerungs-Signale (Signallaufzeit) die langsameren pneumatischen Arbeitsvorgänge zur Auslenkung der Membranen und dadurch die hydraulischen Verdrängungsvorgänge auf der produktberührten Seite der Membran nicht vorzeitig abgebrochen werden. Insbesondere wenn viskose Substanzen mit einer Viskosität von 0,1 mPas bis 5000 mPas gefördert werden, benötigen die fluiddynamischen Vorgänge mehr Zeit als die elektronisch ausgelösten Signale der Steuerung.

[0087] 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 Pumpenzyklusses benutzt wird.

[0088] Zur zeitlichen Optimierung des Pumpzyklusses einer erfindungsgemäßen Membranpumpe 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.

[0089] Verschiedene Zeitglieder sind insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Volumen der Absperrkammern kleiner ist als das Volumen der Pumpkammer.

[0090] Insbesondere ausgehend von der elektro-pneumatischen Steuerung und den wechselnden pneumatischen Zuständen in den Steuerleitungen und -räumen der Membranpumpe, zwischen Unterdruck (Vakuum) bzw. einen drucklosen Zustand für den Öffnungsvorgang und erhöhtem Druck für den Schließvorgang der Kammern, ist es vorteilhaft mit verschiedenen Zeitgliedern zu arbeiten und somit die Leistungsfähigkeit der Pumpe zu steigern.

[0091] Jedes Zeitglied ist in einer besonders bevorzugten Betriebsweise größer als die benötigte Schaltzeit der zugeordneten elektro-pneumatischen Mehrwege-Ventile in der Steuereinheit.

[0092] In einer besonderen Ausführung der Steuerung ist das zugeordnete Zeitglied für die Membranen der Absperrkammern 0,01 bis 0,15 Sekunden und bevorzugt 0,01 bis 0,075 Sekunden und besonders bevorzugt 0,01 bis 0,05 Sekunden.

[0093] An der elektronischen und der elektro-pneumatischen Steuereinheit sind bevorzugt mindestens zwei Membranpumpen parallel angeschlossen.

[0094] 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.

[0095] Die Dicke der elastischen Membran ist bevorzugt größer als 0,1 min und kleiner als 5 mm und die Höhe der Pump- und Absperrkammer im Bereich des Scheitelpunktes der Kammer (größte Ausdehnung über der Membran) ist kleiner als das 10-fache der Membrandicke, bevorzugt kleiner als das 5-fache der eingesetzten Membrandicke.

[0096] Die konkaven Vertiefungen in den Platten können verschiedene geometrische Formen haben, wie z.B. die eines Zylinders, eines Kugelabschnittes oder eines Kegelstumpfes.

[0097] Eine Variante der Membranpumpe bzw. des Pumpenkopfes besteht bevorzugt aus einer pneumatisch gesteuerten Pumpkammer, kombiniert mit zwei magnetbetriebenen Ventilen als Absperrkammem.

[0098] Die in der Membranpumpe bzw. im Pumpenkopf eingesetzten Membranen sind vorzugsweise im Durchmesser größer ausgelegt als der Durchmesser der durch die Kammern in der Trennebene der Platten gebildet wird und besonders bevorzugt ist der Membrandurchmesser mindestens um 20 % größer.

[0099] In einer weiteren alternativ bevorzugten Ausführungsform werden metallische Membranen als Pumpmembran verwendet und eingelegt oder unlösbar mit einer der Platten, insbesondere einer äußeren Platte schweißtechnisch verbunden.

[0100] In einer weiteren besonderen Ausführungsform ist ein Pulsationsdämpfer in Strömungsrichtung hinter der druckseitigen Absperrkammer, insbesondere im Bereich des Auslasskanals der Membranpumpe bzw. des Pümpenkopfes angebracht.

[0101] In einer weiteren besonderen Ausführungsform ist die Membranpumpe bzw. der Pumpenkopf mit einem integrierten federbelasteten Überströmventil ausgerüstet, um einen internen Produktkreislauf im Pumpenkopf zu erzeugen. Falls der angeschlossene Steuerungsdruck größer ist als der erwünschte Pumpendruck wird eine integrierte Entspannungsmöglichkeit von der Pumpendruckseite zur Pumpensaugseite geschaffen.

[0102] In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführung sind in den drei starren Platten mindestens zwei Pumpeneinheiten, bestehend aus zwei Pumpkammern mit zugehörenden vier Absperrkammern zur Bildung eines Pumpensatzes nebeneinander angeordnet.

[0103] Gegenstand der Erfindung ist auch ein Pumpensatz bestehend aus zwei oder mehr Membran- oder Doppelmembranpumpen, wobei die erfindungsgemäßen Membranpumpen eine gemeinsame Steuereinheit aufweisen.

[0104] Bevorzugt ist ein Pumpensatz, bei dem die Pumpenköpfe mindestens eine gemeinsame durchgehende Platten aufweisen die lösbar zueinander verbunden sind.

[0105] In einer bevorzugten Ausführungsform betrifft die vorliegende Erfindung eine Membranpumpe, die als steuerbares Mehrkanal-Membranventil bestehend aus drei Platten genutzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verteilerkammer mit einem Einlasskanal über einen Verbindungskanal ein einzelnes vorgeschaltetes steuerbares Ventil hat und mit mindestens einer Absperrkammer, die einen Auslasskanal hat, verbunden ist und die Kammern gleich große Vertiefungen haben und separat ansteuerbar sind, so dass für die Durchleitung eines Stoffes mindestens zwei Kammern und das vorgeschaltete Ventil gleichzeitig in gewünschter Durchflussrichtung geöffnet sein müssen, und alle Kammern von einer dezentralen elektro-pneumatischen Steuereinheit zeitgesteuert betätigt werden.

[0106] Erfolgt die Verteilung sequentiell über mehrere Auslasskanäle bietet sich eine vergrößerte Pump- bzw. Verteilerkammer an, so dass die zu verteilende Flüssigkeitsmenge mit Pumphüben jeweils gefördert wird.

[0107] Insbesondere für die gleichmäßige Verteilung von Flüssigkeiten und Gasen auf eine Vielzahl von Verbrauchern eignet sich die erfindungsgemäße Membranpumpe als Mehrkanal-Membranventil, da es eine kompakte Bauform, kleinste Toträume und aufgrund der kleinen Steuerräume geringe Schaltzeiten hat um von der AUF- Stellung in die ZU-Stellung zu gelangen.

[0108] Die erfindungsgemäße Membranpumpe kann als Mehrkanal-Verteilerventil bzw. der Mehrkanal-Verteilerpumpe genutzt werden um mehr als zwei verschiedene Flüssigkeiten sequenziell zu einer Vielzahl von Abnahmestellen zu leiten. Dabei werden beispielsweise mindestens zwei Absperrkammern an unterschiedliche Fluidversorgungen angeschlossen, so dass eine Verteilung über die zentrale Verteilerkammer (Pumpkammer) zu einer Vielzahl, mindestens mehr als zwei Absperrkammern mit zugeordneten Auslasskanälen möglich ist. In diesem Fall sind für die sequentielle Fluiddurchleitung drei Kammern geöffnet. Im ruhenden Zustand sind mindestens zwei Kammern des Mehrkanal-Verteilerventils geschlossen (Fig. 6a). Die Fluidverteilung kann mittels des Pumpensteuerung erfolgen oder alternativ mit einer zeitgesteuerten Verteilung.

[0109] Wird die erfindungsgemäße Membranpumpe als Mehrkanal- Verteilerventil für die Verteilung von mindestens zwei verschiedenen Fluiden zu mehreren Verbrauchern eingesetzt, kann auch von sendenden und abgebenden Absperrkammern gesprochen werden.

[0110] Dadurch ist gewährleistet, dass im ruhenden Zustand zwischen mehreren separaten Sendekanälen und mehreren separaten Empfangerkanälen mindesetns eine Sicherheitsabsperrung vorhanden ist.

[0111] Die Membranpumpe bzw. im Falle des Einsatzes der Membranpumpe als Mehrkanal-Verteilerventil oder Mehrkanalventil kann die Betätigung der Membranen in AUF- oder ZU-Stellung pneumatisch, elektrisch oder mit einer Hydraulikflüssigkeit erfolgen.

[0112] Mit der erfindungsgemäßen Membranpumpe mit ansteuerbarem Ansaug- und Druckventil bzw. ansaugseitiger und druckseitiger Absperrkammer können je nach Ausführungsgröße sehr kleine Volumenströme von beispielsweise 1 µl / Hub aber auch Volumenströme bis in den ml-Bereich pro Hub 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 Förder- bzw. Dosiergerät in einer 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. Somit ist selbst für eine miniaturisierte Ausführung der Pumpenbauteile keine Präzisionsfertigung nötig. Mechanische Störungseinflüsse sind aufgrund fehlen-

der mechanisch beweglicher 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 beispielsweise in jedem Labor vorhanden.

[0113] Besonders vorteilhaft ist die Anwendung der Membranpumpe für die Dosierung von sehr kleinen flüssigen Substanzmengen, deren Volumen pro Pumphub wesentlich unter der spezifischen Tropfengröße liegt. Durch das schnelle Aufbringen der pneumatischen Förderenergie auf die Steuerseite der Fördermembran der Pumpkammer bzw. der Absperrkammermembranen wird das angesaugte Produktvolumen in der Pumpkammer aus den Produkträumen der Kammern und dem Auslasskahal herausgeschleudert und es bildet sich kein sogenannter Sammel-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.

[0114] Das Dosieren von kleinen Substanzmengen gegen Druck ist sehr gut durchführbar, da die Membranen der Absperrkammern und der Pumpkammer elastisch sind und die zu- und ableitenden 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. Zusätzlich wird ein exaktes Dosieren von kleinen Flüssigkeitsmengen in eine evakuierte Prozessanlage möglich.

[0115] Ein weiterer Vorteil gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, 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.

[0116] 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 Pumpe führen kann, ist aufgrund der großen Produktkanäle stark reduziert. Produktverunreinigungen können während des Dosierens durch die relativ großen Produktkanäle gespült werden.

[0117] Das extrem 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. Es bieten sich weitere Vorteile bei Anwendungen in der Medizintechnik und in der Diagnostik.

[0118] Das Einstellen von kleinen Flüssigkeitsströmen ist besonders einfach. Es besteht die Möglichkeit mittels der verstellbaren Scheibe das Hubvolumen grob zu verändern und zusätzlich mit einem zwischengeschalteten Zeitglied in der Steuerung eine extreme Feineinstellung auf der Zeitachse vorzunehmen. Dadurch können sehr einfach ohne Gegenkontrolle Volumenströme verändert werden.

[0119] Der lamellenartige Aufbau der Membranpumpe mit integrierten steuerbaren Ventilen kann als Doppel- oder als Mehrfachmembranpumpe ausgebildet werden um den aufgrund des Pumpprinzips auftretenden pulsierenden Dosierstrom wesentlich zu vergleichmäßigen.

[0120] Weitere Ausführungsvarianten für den stationären oder mobilen Einsatz der erfindungsgemäßen Membranpumpe sind möglich, wenn die Pumpmembran und die steuerbaren Ventile direkt elektrisch, (Versorgungsspannung z.B. 6 oder 12 Volt) betätigt werden. Die elektrische Versorgung der Steuerung erfolgt dann bei mobilen Einsätzen direkt über eine Batterie oder einer Brennstoffzelle, so dass über lange Zeit die Steuereinheit funktionstüchtig bleibt. Die Energieversorgung zum Betreiben der erfindungsgemäßen Membranpumpe eröffnet den Einsatz in der Medizintechnik um z .B. eine ständige Medikamentenzufuhr zu ermöglichen und der Empfänger trotzdem mobil ist.

[0121] Eine weitere mobile Verwendung der erfindungsgemäßen Membranpumpe mit pneumatisch betriebener Arbeitsmembran zur Förderung flüssiger Substanzen erfolgt mit einem tragbaren ZweiKammer-Druckluftspeicher, der aus Gewichtsgründen beispielsweise aus Kunststoff sein kann. Die erfindungsgemäße Membranpumpe, deren Pump- und Ventilkammern ein geringes Steuerraumvolumen haben, kann über die eine Kammer des Druckluftspeichers lange Zeit mit Druckluft versorgt werden, so dass die zweite Kammer des Druckluftspeichers für die Bevorratung eines z.B. auszubringenden flüssigen Stoffes genutzt werden kann. Die erfinderische Membranpumpe bietet sich für mobile Einsätze beispielsweise bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln in schwierigem Gelände an.

[0122] Für den Anwender bieten sich weitere Betriebsvorteile dadurch, dass die produktberührten Verschleißteile einfach und preiswert ersetzbar sind.

[0123] Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren beispielhaft näher erläutert.

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

Fig.2 zeigt eine Schnittdarstellung eines Pumpenkopfes mit von außen variierbarer Wand im Steuerraum der Pumpkammer.

Fig. 2a, 2b, 2c zeigen verschiedene Ausführungskonturen der variierbaren Steuerraumwand (beweglichen Scheibe)

Fig. 3 zeigt eine gekammerte Pumpenmembran.

Fig. 3a ist eine Schnittdarstellung, wobei die mittlere Platte zwei Pumpkammern und zugeordnete Absperrkammern hat und die äußeren Platten mit einer variierbaren Steuerraumwand ausgestattet sind.

Fig. 3b zeigt einen schematischen Pumpenkopf mit schrägen Kanälen.

Fig. 4, 4a zeigt die mittlere Platte eines Membranpumpenkopf mit mehreren Absperr- kammern und mehreren Einlass- und Auslasskanälen.

Fig. 4b zeigt schematisch einen Membranpumpenkopf mit zentraler Pumpkammer und mehreren Absperrkammern und zugeordneten Einlass- und Auslasskanälen.

Fig. 5 ist ein Mehrwege- Membranverteilerventil in einer Schnittdarstellung gezeigt.

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung eines Mehrwege-Verteilerventils.

Fig.6a ist schematisch ein Mehrkomponenten-Verteilerventil dargestellt.

Fig. 7 ist ein integriertes Probenahmesystem gezeigt mit zwei Membranpumpen.

Fig. 8 zeigt schematisch die zweidimensionale Fläche eines Kugelabschnittes mit unterschiedlichen Membranverformungszuständen.

Beispiele

Beispiel 1

[0124] In Figur 1 ist eine Membranpumpe mit Pumpenkopf (200) im Querschnitt mit zugehöriger Steuerung (100) und Gehäuse sowie Pneumatikverteiler (115) dargestellt. Im Pumpenkopf gemäß Fig. 1 ist eine bewegliche Scheibe (1001) mit einseitig angesetzter Stange eingesetzt worden um von außen die manuelle axiale Verstellung der Scheibe zu ermöglichen. 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 Pumphüben 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 könnten. 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. Der Pumpenkopf (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) sind auf einem pneumatischen 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 Leitung 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 Mehrwegventilen 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 Fig. 1 nicht dargestellt.

[0125] Die freiprogrammierbare Steuerung der pneumatisch betriebenen Membranpumpe mit Pumpenkopf (200) schaltet die elektro-pneumatischen Mehrwegeventile (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 Steuerräume (Pneumatikräume) (220, 221, 222) im Pumpenkopf (200).

[0126] Das Ventil (111) ist durch die Steuerleitung (119) mit dem Ansaugventil (untere Absperrkammer (210) des Pumpenkopfes (200) verbunden. Nach gleichem Schema sind das andere Ventil (112) (obere Absperrkammer (212)) und Ventil (113) mit der Pumpkammer (211) des Pumpenkopfes (200) verbunden. Das Ventil (114) versorgt den Vakuumerzeuger ständig mit Druckluft und wird sofort geschaltet, sobald die Elektronik mit elektrischer Spannung versorgt ist.

[0127] 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) sind etwas kleiner als die Platten (201, 203, 205), um eine gute Abdichtung zur Atmosphäre zu gewährleisten. In der Platte (203,) sind Vertiefungen eingelassen, die die Pump- bzw. Absperrkammern (210, 211, 212) bilden, wobei das jeweilige Ausgleichsvolumen der Absperrkammern (210, 212) in der Platte (201) eingebracht ist. Die Pumpkammer (211) ist mit einem geringen Ausgleichs-Volumenanteil in der Platte (205) und mit dem größeren Pump-Volumenanteil in der mittleren Platte (203) eingearbeitet.

[0128] 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.

[0129] Die Membranen (202, 204) teilen die Pump- und Absperrkammern in Steuerräume (220, 221, 222) und in Produkträume (230, 231, 232).

[0130] Die Pump- bzw. Absperrkammern (210, 211, 212) haben die Form von Kugelabschnitten auf der einen Hälfte und Zylindern auf der gegenüberliegenden Scheibe. 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) miteinander.

[0131] 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, das 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.

[0132] Der Pumpenkopf (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) ist der zugehörige Steuerraum (221) mit Vakuum beaufschlagt, so dass der förderaktive Membranbereich sich an die Scheibe (1001) anlegt 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 Flüssigkeitsvolumen aus der Pumpkammer zu verdrängen. Zu erkennen ist, dass die jeweilige Membranbewegung sich über die gesamte Höhe der Vertiefung erstreckt. In Fig. 1 sind erforderliche Schrauben für das Zusammenziehen der lösbaren Platten und gleichzeitige Verpressen der eingelegten Membranen nicht dargestellt.

[0133] 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 Steurung in die Start- oder Grundstellung.

Tabelle 1

Schritt	(111) Saugventil	(113) Verdrängen	(112) Druckventil	(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

(fortgesetzt)

Schritt	(111) Saugventil	(113) Verdrängen	(112) Druckventil	(114) Vakuum
4. Schritt	1	0	0	1
5. Schritt	1	1	0	1
		Zurück nach Schritt 1		

[0134] Im Steuerungsablauf ist für jedem Steuerungsschritt 1-5 ein veränderbares Zeitglied programmiert und zugeordnete (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 durchgerührt.

Beispiel 2

[0135] In Fig. 2 ist ein Pumpenkopf (200), bestehend aus den Platten (201, 203, 205) in einer Schnittdarstellung gezeigt. Zu erkennen sind die in den Trennebenen der Platten eingespannten elastischen Membranen (202, 204), sowie die Absperrkammern und die Pumpkammer mit den zugehörigen Vertiefungen in der mittleren und den äußeren Platten. Die äußere Platte (205) ist dicker ausgebildet, so dass der Steuerraum (221) über das zugehörige Ausgleichsvolumen hinaus vergrößert ist. Der Steuerraum ist zusätzlich erweitert um eine kleinere zylindrische Vertiefung (1000) und um eine Gewindebohrung, die nach außen geführt ist. Im vergrößerten Steuerraum ist die abgesetzte Scheibe (1001) mit einseitigem Zylinder eingebaut, in der eine durch die äußere Platte gerührte abgesetzte Gewindestange (1002) befestigt ist, so dass bei schon geringer Drehung der, auf der Gewindestange (1002) befestigten äußeren Rändelmutter (1003), die Scheibe (1001) sich im Steuerraum axial bewegt bzw. verschiebt. Die Gewindestange ist abgesetzt und durch zwei Stifte (1004) mit dem aufnehmenden Zylinder der Scheibe lösbar befestigt. Auf dem im Steuerraum befindlichen einseitigen Zylinder der Scheibe ist eine Dichtung (1005) positioniert, um den mit pneumatischem Druck beaufschlagten Steuerraum nach außen zu dichten. Die Scheibe (1001) ist mit mehreren Bohrungen (1007) und mit einem konzentrisch erhabenen Ring (1008) versehen um eine Druckbeaufschlagung des gesamten Steuerraumes zu begünstigen und das Verschließen der Bohrung (1006) bei vollständiger Rückstellung der Scheibe zu verhindern. Die Druckluftzufuhr bzw. die Beaufschlagung durch Unterdruck erfolgt über die seitlich versetzte Bohrung (1006). In der Fig. 2 hat die verstellbare Scheibe die Kontur eines Kugelabschnittes und ist damit angepasst an die Kontur der prozessseitigen Vertiefung.

[0136] Ist die Gewindestange beispielsweise mit einem Feingewinde versehen, so kann die Scheibe (1001) schon bei einer geringen manuellen Verdrehung der Rändelmutter (1003) axial verschoben und dadurch der Membranweg, der gleichzeitig das zu fördernde Flüssigkeitsvolumen bestimmt, verändert werden.

[0137] Die Fig. 2a und Fig. 2b zeigen weitere Ausführungsvarianten, insbesondere verschiedene Konturen der beweglichen Scheibe. Die membranseitige Kontur der Scheibe (1001') in Fig. 2a ist eben, während die Kontur der Scheibe (1001") in Fig.2b einen stumpfen Kegel zeigt. Des Weiteren zeigen die beiden Figuren, dass die Scheibe mit einseitigem Zylinder und direkt angearbeiteter Gewindestange zu fertigen ist, um möglichst die Anzahl der Bauteile, Kosten und die Montagearbeit zu reduzieren.

[0138] Fig. 2c zeigt eine weitere Ausführungsform der beweglichen Scheibe (1001"'), wobei die Scheibenkontur der Pumpkammer angepasst ist. Die Scheibe ist einseitig aufgebohrt, so dass die Steuerleitung direkt an der Scheibe angeschlossen werden kann und der Energieanschluss (1006) in der Platte (205) entfällt.

Beispiel 3

[0139] In Figur 3 wird beispielhaft die Kammerung einer Pumpmembran (204) in einer Schnittdarstellung gezeigt. Im oberen Teil der Figur ist die gekammerte Membran (204) nicht im Arbeitszustand, während im unteren Teil der Figur der Steuerraum (221) der Membran (204') mit Druck beaufschlagt ist und es zur Auslenkung der Membran kommt. Ebenfalls zu erkennen ist, dass die Membran zwischen den Platten (203, 205) eingespannt ist und in der Platte (203) Teile der Verbindungskanäle (208, 209) vorhanden sind. Die Pumpmembran ist im äußeren Bereich zwischen den Platten eingespannt, während im Zentrum die Membran geöffnet ist, so dass beidseitig Kammerelemente (1100, 1101) befestigt werden können. Die Kammerelemente haben zur elastischen Membran hin einen erhabenen gerundeten konzentrischen äußeren Ring (1102, 1103), so dass während des Zusammenschraubens der Kammerelemente die eingeschlossene Membranfläche nicht mehr kraftbeaufschlagt ist.

[0140] Vorteilhaft ist, wenn die Kontur des prozessseitigen Kammerelementes (1104) der Vertiefungskontur angepasst

ist, damit das Totraumvolumen der Pumpkammer sich nicht wesentlich vergrößert. Wird das produktseitige Kammerelement mit einer elastischen Folie (1105) versehen bzw. beschichtet, dann können die Verbindungskanäle im belasteten Membranzustand dicht verschlossen werden. In der Fig. 3 ist zu erkennen, dass bei einer auftretenden plastischen Verformung eines Elastomers der Verformungsgrad aufgrund der geringen Auslenkung, die als Funktion des Membrandurchmessers zu sehen ist, zu vernachlässigen ist. Durch die Kammerelemente besteht die Möglichkeit auch Membranwerkstoffe einzusetzen, die aufgrund der hohen bleibenden Verformung weniger geeignet wären.

[0141] In Fig. 3b ist schematisch eine Membranpumpe, bestehend aus drei Platten (201; 203, 205) dargestellt, wobei insbesondere zu erkennen ist, dass Verbindungskanäle (208, 209) und Abschnitte des Zuführ- und Auslasskanals (207; 206) unter einem Winkel α stehen, damit bei schnell wechselnden Strömungszuständen keine großen Druckverluste auftreten.

Beispiel 4

[0142] In Fig. 3a ist eine Doppelmembranpumpe mit steuerbaren Ventilen gezeigt, die aus drei Platten besteht und alle Pump- und Absperrkammern in der mittleren Platte eingebracht worden sind. Zu erkennen ist, dass der Einlasskanal (300) T-förmig gestaltet ist und die linke und rechte ansaugseitige Absperrkammer (301, 301') verbindet, so dass beide Absperrkammern einen gemeinsamen Einlasskanal haben. Von jeder Absperrkammer verläuft ein abgewinkelter Verbindungskanal (302, 302') zur Pumpkammer (303, 303'). Fast spiegelbildlich zum Einströmbereich ist der nachgeschaltete Ausströmbereich der Doppelmembranpumpe gestaltet. Die Verbindungskanäle (304, 304') verbinden die Pumpkammern (303, 303') mit den Abspenkammern (305, 305') auf der Auslassseite, und die Absperrkammern der Auslassseite sind mit einem gemeinsamen Auslasskanal (306) verbunden. In diesem Beispiel ist eine Doppelmembranpumpe beschrieben, mit einem gesplitteten inneren Durchlasskanal. Die Doppelmembranpumpe ist in diesem Beispiel mit beweglichen Scheiben (1001) für einen möglichen Teilhubbetrieb ausgerüstet. In der Figur 3a sind keine lösbaren Verbindungselemente der Platten gezeigt, der Pumpenkopf befindet sich in keinem Arbeitszustand. Die Durchströmrichtung der Doppel-Membranpumpe ist mit Pfeilen angedeutet.

Beispiel 5

[0143] In Fig. 4, 4a sind die Frontansichten einer mittleren Platte (Platte 400) gezeigt, bei der vier Absperrkammern (1200, 1201, 1202, 1203) einer Membrankammer (1205) zugeordnet sind. Die Kammern sind durch Vertiefungen mit der Form eines Kugelabschnittes (Kalotte) gebildet. Jede Absperrkammern hat einen Verbindungskanal (1206) zur zentralen Pumpkammer (1205), zusätzlich sind jeweils zwei Absperrkammern mit einem separaten Einlasskanal (1207, 1208) und zwei Absperrkammern mit einem separaten Auslasskanal (1209, 1210) versehen. In diesem Ausführungsbeispiel können zwei unterschiedliche Substanzen sequentiell oder alternierend mit einem Pumpenkopf gefördert werden. In einer Anwendung für pharmazeutische Zwecke könnte auch der zweite Einlasskanal dazu genutzt werden um eine Reinigungsflüssigkeit zu pumpen und einen Spülvorgang einzuleiten. Eine alternative Verwendung des zweiten Einlasskanals besteht, wenn ein Dampfanschluss realisiert ist und dadurch zu einem beliebigen Zeitpunkt ein Sterilisationsvorgang eingeleitet werden könnte. So kann z.B. der Einlasskanal (1207) mit einer Zuleitung für eine zu dosierende Substanz verbunden sein. Die Substanz gelangt während des Ansaugvorgangs in die Pumpkammer (1205) um dann durch die Absperrkammer (1202) in den Auslasskanal (1209) gedrückt zu werden. Ein Sterilisationsvorgang benötigt einen Dampfanschluss am Einlasskanal (1208). Der Dampf könnte durch die Absperrkammer (1201) in die Pumpkammer (1205) gelangen um anschließend durch einen Verbindungskanal zur Absperrkammer (1203) und zum Auslasskanal (1210) zu gelangen. Im Anwendungsbereich der Pharmazie erfolgen Dosier- bzw. Pumpvorgänge und Sterilisationsschritte sequentiell, so dass aufgrund einer separaten Ansteuerbarkeit von Pumpkammer und Absperrkammern der Automatisierungsaufwand gering ist. In Fig. 4 ist eine abgewinkelte Sammel-Nut (1215) in der Pumpkammer (1205) gezeigt und Bohrungen (1216) für die Aufnahme von Zugankern bzw. lösbaren Befestigungselementen, mit denen alle drei Platten befestigt werden können. Die Fig. 4 zeigt sichtbar die Pumpkammer, Verbindungskanäle (z.B. 1206) und eine Nut (1215) zu besseren Produktableitung aus der Pumpkammer. Fig. 4a zeigt sichtbar die Absperrkammern mit Einlass- und Auslassöffnungen.

[0144] In Fig. 4b ist beispielsweise schematisch eine Kammerverschaltung dargestellt, wobei eine Pumpkammer (1205) und sechs Absperrkammern (z.B. 1200), die in der Figur als Kreis dargestellt sind, sowie mit zugeordneten Einlasskanälen (1207, 1208, 1213) und Auslasskanälen (1209, 1210, 1214) verknüpft sind. Aufgrund der separaten Ansteuerung jeder einzelne Kammer sind mehrere unterschiedliche Fluidenströme sequentiell oder alternierend über eine gemeinsame Pumpkammer (1205) zu allen vorhandenen Auslasskanälen verschaltbar.

[0145] Aus den Fig. 4, 4a, 4b ist zu erkennen, dass eine Pumpkammer mit mehr als drei Absperrkammern und den entsprechenden Einlass- und Auslasskanälen für ein automatisiertes Probeentnahmesystem nutzbar ist. So kann z.B. aus einem Reaktor oder einer produktführenden Rohrleitung über den Einlasskanal (1207) mit Absperrkammer der Pumpkammer (1205) und dem Auslasskanal (1209) ein Umpumpkreislauf im Bypass erzeugt werden. Wird zu einem

bestimmten Zeitpunkt eine Substanzprobe aus dem Reaktor gewünscht, schließt beispielsweise der Auslasskanal (1209) und der Auslasskanal (1210) öffnet, so dass eine ausreichend große Substanzmenge als Probe über die Pumpkammer (1205) entnommen werden kann.Nach der Probeentnahme wird die Pumpkammer über den Einlasskanal (1208) mit einem inerten Spülmittel gereinigt, wobei die Reinigungsflüssigkeit über den Auslasskanal (1214) separat abgeleitet werden kann. Der Einlasskanal (1213) ist beispielhaft für einen abschließenden Sterilisationsvorgang nach Beendigung der Reaktion vorgesehen.

Beispiel 6

[0146] In Fig. 5 ist eine Membranpumpe als Mehrwege- Verteilerventil, bestehend aus drei Platten in Analogie zum Pumpenaufbau dargestellt. Des Weiteren ist zu erkennen, dass elastische Membranen (1303, 1304) zwischen den Platten (1300, 1301, 1302) eingespannt sind und dadurch eingebrachte Vertiefungen in der mittleren Platte in einen Produkt- und einen Steuerraum teilen. In dieser Darstellung sind die Steuerräume der Kammern nicht erweitert, so dass die Membranen im Trennbereich an den äußeren Platten dicht anliegen. Durch die äußeren Platten (1300, 1302) sind durch Doppelpfeile pneumatische Anschlussverbindungen (1305, 1306, 1307) angedeutet. Das Verteilerventil ist im geöffneten Zustand dargestellt, so dass beispielsweise die elastischen Membranen durch einen aufgebrachten pneumatischen Druck ausgelenkt und dadurch die Verbindungskanäle verschließen würden. Entspannt der pneumatische Druck, sind die Verbindungskanäle in den Produktkammem geöffnet, so dass ein Fluid durchströmen kann. In Fig. 5 ist ein Mehrwege-Verteilerventil gezeigt, das einen zentralen Einlasskanal (1308) in der äußeren Platte (1300) hat, daran schließt sich ein Verbindungskanal (1309) zum Verteilerraum (1310) an. Der Verteilerraum hat zwei Verbindungskanäle (1311, 1312) zu kleineren Absperrkammern (1313, 1314), die wiederum Auslasskanäle (1315, 1316) für die Fluidableitung haben. Es ist zu erkennen, dass beispielsweise eine angeschlossene elektro-pneumatische Steuereinheit mindestens zwei Kammern ansteuern muss um einen Schaltweg für die Durchleitung eines Stoffes frei zu geben. In diesem Beispiel kann das Mehrwege-Verteilerventil bzw. Verteilerventil einen zugeführten Stoff wahlweise zum linken Auslasskanal (1315) oder zum rechten Auslasskanal (1316) lenken. Für Reinigungszwecke können beide Auslasskanäle gleichzeitig geöffnet werden, so dass eine parallele Verteilung möglich ist. Die elektro-pneumatsiche Steuereinheit benötigt keinen Unterdruckerzeuger, weil Fluidversorgungen in der Regel einen Ausgangsdruck haben.

[0147] In der Trennebene der Platten (1301, 1302) sind die Verbindungskanäle einseitig in die Oberfläche der Platte (1301) eingearbeitet, so dass durch die eingelegte großflächige Membran gleichzeitig alle Verbindungskanäle untereinander und nach außen abgedichtet werden. Daher sind Mehrwege-Verteilerventil in den Trennebenen der Platten vorzugsweise mit vollflächigen elastischen Folien versehen, um eine einfachere Montage und im Falle einer Reinigung die Vorgänge zu vereinfachen. Aufgrund der zentralen Zuführung eines Stoffes der verteilt werden soll, ist in der elastischen Folie (1303) eine kreisrunde Öffnung vorgesehen, damit Einlasskanal (1308) und Verbindungskanal (1309) eine durchströmbare Verbindung haben.

[0148] Verteiler- und Absperrkammer sind pneumatisch mit z.B. Druckluft oder hydraulisch mit Flüssigkeit ansteuerbar. Es können jedoch auch elektromagnetische Antriebe zum Einsatz kommen. Die Platten des Mehrwege-Verteilerventil sind lösbar miteinander verbunden.

[0149] In Fig. 6 ist die mittlere Platte eines Mehrwege- Verteilerventils schematisch dargestellt. Zu erkennen ist ein zentraler Stoff-Einlasskanal (1308') mit einer Verteilerkammer (1310') und einer Vielzahl von Verbindungskanälen (1312') mit zugeordneten Absperrkammern (1314') und folgenden Auslasskanälen (1316'). Es kann z.B. mit dieser Ausführung ein Fluid sequentiell oder parallel zu einer Vielzahl von Verbrauchern geleitet werden, wobei immer zwei Kammern in einen geöffneten Zustand geschaltet sein müssen.

[0150] Wird der zentrale Einlasskanal (1308') geschlossen, wie in Fig. 6a gezeigt, und beispielsweise zwei Auslasskanäle (1400, 1401) zu Einlasskanälen umfunktioniert und an verschiedene Stoffversorgern angeschlossen, dann besteht die Möglichkeit, diese beiden Stoffe seriell zu jedem angeschlossenen Auslasskanal zu pumpen.

Beispiel 7

[0151] In Fig. 7 ist beispielhaft eine Pumpenverschaltung zur Probenahme und -aufbereitung dargestellt. Zwei Membranpumpen (700, 700') gemäss Fig. 4 wurden mit einer Mischkammer (701) kombiniert, so dass alle funktionellen Teile in drei, jedoch vergrößerten, Pumpenplatten eingebracht sind. Die Membranpumpen haben eine Pumpkammer 702') und jede Pumpkammer besitzt vier zugeordnete Absperrkammern (703, 704, 705, 706 und 703', 704', 705', 706'). Den Absperrkammern sind jeweils Einlasskanäle und Auslasskanäle (in der Fig. mit Flusspfeilen gekennzeichnet) zugeordnet. Für eine automatisierte Probenahme mit anschließender Aufarbeitung und Abtransport zu einem angeschlossenen Analysegerät sind in der Figur 7 alle Komponenten dargestellt. Verzichtet wurde auf die Darstellung der Steuereinheit zur separaten Ansteuerung der Kammern.

[0152] Aus der Fig.7 ist zu erkennen, dass eine Substanzprobe angesaugt werden kann, wenn Einlasskanal (707) und Auslasskanal (708) an einem Reaktor angeschlossen sind. Über Einlasskanal (707), Ansaugventil (704), Pump-

kammer (702), Druckventil (705) und Auslasskanal (708) kann ständig eine Substanzmenge aus dem Reaktionsgefäß umgepumpt werden. Zu einem gewünschten Zeitpunkt schaltet die Steuerung beispielsweise um, so dass Druckventil (705) schließt und Ventil (706) öffnet und mit dem bekannten Pumpkammervolumen eine definierte Substanzmenge durch den Auslasskanal des Ventils (706) in die Mischkammer (701) überführt wird. Sobald die Probe überführt ist startet die Pumpe (700') um ebenfalls einen Umpumpkreislauf zur Mischkammer erzeugen. Dabei ist der Einlasskanal des Ventils (704') und der Auslasskanal des Ventils (705') mit der Mischkammer verbunden. Die Pumpe (700) kann nun, parallel zum in Betrieb genommenen Umpumpkreislauf der Mischkammer, über Einlasskanal (709), und Ventil (703) bei gleichzeitig geschlossenem Ventil (704) ein zusätzliches Verdünnungsmittel in die Mischkammer fördern, welches mit der Substanzprobe dort vermischt wird. Nach dem Mischprozess durch Pumpe (700') wird die verdünnte Substanzprobe zu einem möglichen Analysegerät gefördert. Dabei schließt das Ventil (705') und das Ventil (706') öffnet. Aufgrund der Summe aller zuführenden Pumphübe zur Mischkammer, kann mit gleicher Hubzahl die aufbereitete Probe über Auslasskanal (710) ausgeschleust und gegebenenfalls zur Analyse gefördert werden. Des Weiteren ist der Einlasskanal (709) verlängert bis zum Ventil (703'), so dass auch die zweite Pumpe nach dem Probentransport mit Verdünnungsmittel gespült werden kann, wenn entsprechende Ventile geschaltet werden.

Beispiel 8

[0153] In Fig. 8 sind schematisch zwei Platten 800, 801 mit eingespannter elastischer Membran 802 dargestellt. In der Platte 800 ist der produktseitige Pumpraum 800' und in der Platte 801 ist der Steuerraum 801' der Pumpkammer angedeutet. Die Membranbewegung bzw. die Membranverformung erfolgt erfindungsgemäß immer zwischen der begrenzenden Wand des Steuerraumes und der begrenzenden Wand der Pumpkammer, so dass die maximale Bewegung der Membran durch die Konturen der Kammern vorgegeben ist.

[0154] Des Weiteren ist zu erkennen, dass im ersten Belastungsfall die in den Platten eingespannte und pneumatisch betätigte Membran (Sehnenlänge 807) sich bis zur Kammerhöhe 804 verformen kann und dabei die Bogenlänge 803 annimmt.

[0155] Im zweiten Belastungsfall erfolgt die Dehnung der Membran bis zur Kammerhöhe 806 mit der Bogenlänge 805, so dass die Membran bezogen auf die Sehnenlänge deutlich mehr verformt wird als im ersten Belastungsfall. Größere Membranverformungen verursachen eine plastische Faltenbildung, so dass der einzelne Förderhub und dadurch das wichtige Verdrängungsvolumen durch sich bildende Falten verkleinert. Des Weiteren verhindert die Faltenbildung der Membran das dichte Schliessen der zuführenden und abführenden Kanäle in den Pump- und Absperrkammern.

[0156] Diese Erkenntnis führt dazu, das die Geometrie der Pump- und Absperrkammern und die damit verbundene Membrandehnung Einfluss auf die Dosiergenauigkeit haben. Bei optimal dimensionierter Pumpkammer (zweiter Belastungsfall) in der Flächenform eines Kreisabschnittes mit einem Durchmesser von ca. 255 mm und einer Höhe der Kammer von ca. 1,5 mm kommt es zu keiner bleibenden Membranverformung. Die errechnete Sehnenlänge und die zugehörige Bogenlänge beträgt ca. 39 mm. Daraus folgt, dass in diesem Beispiel keine bleibende Verformung der Membran auftritt.

[0157] In der Praxis wird der Dosierkopf mit einer beweglichen Scheibe (1001) in der Grundstellung so eingestellt, dass die Membran nicht verformt wird. Während des Pumpvorgangs kann dann der Membranweg im vorgegebenen Geometrie-Raum der Pumpkammer durch Verstellen der beweglichen Scheibe (1001) verkleinert werden. Die Auslegung hinsichtlich der Membranverformung bezieht sich primär auf die produktseitige Kammerkontur.

Patentansprüche

1. Mehrteiliger Pumpenkopf, wenigstens umfassend drei starre Platten (201, 203, 205) und einer mindestens zwei zwischen diesen Platten (201, 203, 205) angeordneten elastischen Membranen (204, 202), wobei die Planen (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, 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, 212) Steuerleitungen (119, 120, 121) aufweisen, die mit einer Steuereinheit (100, 115) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Plane (205) entsprechend ausgebildet ist um die bewegliche Scheibe aufzunehmen, wodurch der Steuerraum der Pumpkammer vergrößert ist und in diesen eine axial bewegliche Scheibe (1001) mit einseitig angesetzter verlängerter Stange (1002) eingesetzt ist, so dass die einseitig angesetzte Stange der beweglichen Scheibe bis außerhalb des Dosierkopfes verlängert

ist und außerhalb der Pumpe manuell verstellt werden kann (1003) und **dadurch** die im Steuerrum befindliche Scheibe (1003) axial bewegt wird und den maximal eingestellten Membranweg in der Pumpkammer reduziert oder vergrößert, so dass das dosierte Flüssigkeitsvolumen pro Förderhub variierbar ist und die Pumpe in einem Teilhubbetrieb arbeitet ohne dass das Totraumvolumen im Produktraum verändert wird, die Fläche der beweglichen Scheibe geringfügig kleiner ist als die Fläche der förderaktiven Membran und der Mittenabstand des jeweils benachbarten Einlasses und des Auslasses jeder Pump- und Absperrkammer das zweibis zehnfache des größten hydraulischen Durchmessers der jeweiligen Einlass- (240) oder Auslassöffnung (241) beträgt.

2. Membranpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich dabei um eine Doppelmembranpumpe handelt, die aus drei Platten besteht und worin alle Pump- und Absperrkammern in der mittleren Platte eingebracht worden sind.

3. Membranpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der mittleren Platte mindestens drei, vorzugsweise 4 Absperrkammern (1200, 1201, 1202, 1203) einer Membranpumpkammer (1205) zugeordnet sind.

4. Membranpumpe gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bewegliche Scheibe (1001) mit verlängerter Stange (1002) mit adaptiertem pneumatischen, elektrischen, hydraulischen oder piezo-Antrieb für eine automatisierte Ferneinstellung des Teilhubes durch Rotations- oder Hubbewegung versehen ist..

5. . Membranpumpe gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungs- bzw. Teilabschnitte der Einlass- und Auslasskanäle schräggestellt sind.

6. Membranpumpe gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Einlass- oder Auslasskanäle mit Absperrkammern einer Pumpkammer zugeordnet sind und in mindestens einem Auslasskanal eine Mischkammer zur Aufnahme einer Probenteilmenge vorgesehen ist, und der Mischkammer eine zweite Pumpkammer mit mehreren Einlass- und Auslasskanälen und Absperrkammern zugeordnet sind, um die in der Mischkammer aufgefangene Probenteilmenge um zu pumpen, so dass bei Zuführung eines separaten Verdünnungsmittels in die Mischkammer, die dort befindliche Probe verdünnt bzw. vermischt werden kann, um nach dem Vermischen die verdünnte Probe durch Abpumpen zu entnehmen und zu analysieren.

7. Membranpumpe nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese aus 3 Platten besteht und als Mehrwege-Verteilerventil genutzt werden kann.

8. Verwendung der Membranpumpe nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 als Fördervorrichtung oder als Probenahmesystem oder in Abfüllvorrichtungen und Abfüllanlagen.

9. Verwendung der Membranpumpe nach Anspruch 8 als Mehrwege-Verteilerventil, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses aus einem zentralen Stoff-Einlasskanal (1308') mit einer Verteilerkammer (1310') und einer Vielzahl von Verbindungskanälen (1312') mit zugeordneten Absperrkammern (1314') und folgenden Auslasskanälen (1316') besteht.

10. Verwendung einer Membranpumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammern gleich große Vertiefungen haben und separat ansteuerbar sind, so dass für die Durchleitung eines Stoffes mindestens zwei Kammern gleichzeitig in gewünschter Durchflussrichtung geöffnet sein müssen, und alle Kammer von einer dezentralen Steuereinheit betätigt werden.

Claims

1. Multipart pump head, comprising at least three rigid plates (201, 203, 205) and at least two elastic diaphragms (204, 202) arranged between said plates (201, 203, 205), wherein the plates (201, 203, 205) form at least one pumping chamber (211) and at least two shut-off chambers (210, 212), in particular in the geometry of a spherical segment, a spherical zone, a cylinder or a truncated coned, each having an inlet orifice (240) and an outlet orifice (241) for the material to be conveyed, and the pumping chamber (211) and the shut-off chambers (210, 212) form a passage duct together with an inlet duct (207), the connecting ducts (208) and (209), and an outlet duct (206), wherein the pumping chamber (211) and the shut-off chambers (210, 212) each are divided by the diaphragms (204, 202) into a product space (230,231, 232) and a control space (220, 221, 222), and the control spaces (220, 221, 222) have

control lines (119, 120, 121) connected to a control unit (100,115), **characterized in that** the outer plate (205) is correspondingly configured to receive the movable disc, whereby the control space of the pumping chamber is enlarged, and an axially movable disc (1001) having a unilaterally fitted, extended rod (1002) is inserted into same, so that the unilaterally fitted rod of the movable disc is extended to the outside of the metering head and is able to be adjusted (1003) outside the pump, and thereby the disc (1001) situated inside the control space is axially moved and reduces or increases the diaphragm path adjusted to a maximum in the pumping chamber, so that the metered liquid volume may be varied per conveyance stroke, and the pump operates in a partial stroke operation without the dead space volume in the product space being changed, the surface of the movable disc is slightly smaller than the surface of the conveyance-active diaphragm, and the center-to-center distance of the respective adjacent inlet and the outlet of each pumping and shut-off chamber is twice to ten times the largest diameter of the respective inlet orifice (240) or outlet orifice (241).

2. Diaphragm pump according to claim 1, **characterized in that** it is a double-diaphragm pump consisting of three plates, and wherein all pumping and shut-off chambers have been incorporated in the middle plate.

3. Diaphragm pump according to claim 1 or 2, **characterized in that** at least three, preferably four shut-off chambers (1200, 1201, 1202, 1203) are assigned to one diaphragm pumping chamber (1205) in the middle plate.

4. Diaphragm pump according to one or more of claims 1 to 3, **characterized in that** the movable disc (1001) having an extended rod (1200) is provided with an adapted pneumatic drive, electric drive, hydraulic drive or piezo drive for an automated remote adjustment of the partial stroke by a rotational or stroke movement.

5. Diaphragm pump according to one or more of claims 1 to 4, **characterized in that** the connecting or partial sections of the inlet and outlet ducts are oblique.

6. Diaphragm pump according to one or more of claims 1 to 5, **characterized in that** a plurality of inlet or outlet ducts having shut-off chambers are assigned to one pumping chamber, and a mixing chamber is provided in at least one outlet duct for receiving a sample fraction, and a second pumping chamber having a plurality of inlet and outlet ducts and shut-off chambers is assigned to the mixing chamber for transfer-pumping the sample fraction collected in the mixing chamber so that, when a separate diluting agent is fed into the mixing chamber, the sample located therein can be diluted, respectively mixed, in order to take out and analyze the diluted sample after mixing by pumping out.

7. Diaphragm pump according to one or more of claims 1 to 6, **characterized in that** same consist of three plates and can be employed as a multi-way distribution valve.

8. Use of the diaphragm pump according to one or more of claims 1 to 7 as a conveying device or sampling system or in filling devices and filling installations.

9. Use of the diaphragm pump according to claim 8 as a multi-way distribution valve, **characterized in that** said diaphragm pump consists of a central substance-inlet duct (1308') having a distributing chamber (1310') and a plurality of connecting ducts (1312') having associated shut-off chambers (1314') and subsequent outlet ducts (1316').

10. Use of a diaphragm pump according to claim 9, **characterized in that** the chambers/spaces have depressions of equal size and can be driven separately, so that, for passing a substance, at least two chambers have to be opened simultaneously in the desired through-flow direction, and all chambers are actuated by a decentralized control unit.

Revendications

1. Tête de pompe en plusieurs parties, comportant au minimum trois plaques rigides (201, 203, 205) et au moins deux membranes élastiques (204, 202) disposées entre ces plaques (201, 203, 205), les plaques (201, 203, 205) formant au moins une chambre de pompage (211) et au moins deux chambres d'obturation (210, 212) présentant notamment la géométrie d'une section sphérique, d'une zone sphérique, d'un cylindre ou d'un cône tronqué et comportant chacune une ouverture d'entrée (240) et une ouverture de sortie (241) pour le produit à refouler, et la chambre de pompage (211) et les chambres d'obturation (210, 212) formant, avec un canal d'entrée (207), les canaux de connexion (208) et (209) ainsi qu'un canal de sortie (206), un canal de passage, la chambre de pompage (211) et les chambres d'obturation (210, 212) étant chacune divisées par les membranes (204, 202) en un compartiment

de produit (230, 231, 232) et un compartiment de commande (220, 221, 222), et les compartiments de commande (220, 221, 222) présentant des conduites de commande (119, 120, 121) connectées à une unité de commande (100, 115), **caractérisée en ce que** la plaque extérieure (205) est configurée de manière à recevoir le disque mobile, suite à quoi le compartiment de commande de la chambre de pompage est agrandi et un disque axialement mobile (1001) pourvu d'une tige allongée apposée d'un côté (1002) est inséré dans celui-ci, de sorte que la tige apposée d'un côté du disque mobile est allongée jusqu'à l'extérieur de la tête de dosage et peut être réglée manuellement (1003) à l'extérieur de la pompe et que de ce fait le disque (1001) se trouvant dans le compartiment de commande est mu axialement et réduit ou agrandit la course de membrane maximale réglée dans la chambre de pompage, de sorte que le volume de liquide dosé est variable par course de refoulement et la pompe fonctionne dans un mode de course partielle sans que le volume de compartiment mort dans le compartiment de produit soit modifié, la surface du disque mobile est légèrement plus petite que la surface de la membrane active pour le refoulement et l'écartement moyen de l'entrée respectivement contiguë et de la sortie de chaque chambre de pompage et d'obturation soit de deux à dix fois égale au plus grand diamètre hydraulique de l'ouverture d'entrée (240) ou de sortie (241) respective.

2. Pompe à membrane selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**il s'agit d'une pompe à double membrane qui est constituée de trois plaques et où toutes les chambres de pompage et d'obturation ont été logées dans la plaque médiane.

3. Pompe à membrane selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que**, dans la plaque médiane, au moins trois, de préférence quatre chambres d'obturation (1200, 1201, 1202, 1203) sont attribuées à une chambre de pompage à membrane (1205).

4. Pompe à membrane selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le disque mobile (1001) à tige allongée (1002) est pourvu d'un entraînement pneumatique, électrique, hydraulique ou piézo adapté, pour un réglage à distance automatisé de la course partielle par mouvement de rotation ou de montée-descente.

5. Pompe à membrane selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** les sections de connexion ou de séparation des canaux d'entrée et de sortie sont inclinés.

6. Pompe à membrane selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** plusieurs canaux d'entrée ou de sortie à chambres d'obturation sont attribués à une chambre de pompage, et une chambre de mélange destinée à recevoir une quantité partielle d'échantillon est prévue dans au moins un canal de sortie, et une deuxième chambre de pompage comportant plusieurs canaux d'entrée et de sortie et compartiments d'obturation est attribuée à la chambre de mélange pour repomper la quantité partielle d'échantillon recueillie dans la chambre de mélange, de telle façon qu'en cas d'amenée d'un diluant séparé dans la chambre de mélange, l'échantillon qui s'y trouve peut être dilué ou mélangé, afin de prélever par pompage et d'analyser l'échantillon dilué après le mélange.

7. Pompe à membrane selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** ladite pompe est constituée de trois plaques et peut être utilisée comme vanne de distribution à plusieurs voies.

8. Utilisation de la pompe à membrane selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 7 comme dispositif de refoulement ou comme système de prélèvement d'échantillon ou dans des dispositifs de remplissage et installations de remplissage.

9. Utilisation de la pompe à membrane selon la revendication 8 comme vanne de distribution à plusieurs voies, **caractérisée en ce que** celle-ci est constituée d'un canal d'entrée de matière (1308') comportant une chambre de distribution (1310') et d'une multitude de canaux de connexion (1312') comportant des chambres d'obturation attribuées (1314') et de canaux de sortie (1316') consécutifs.

10. Utilisation d'une pompe à membrane selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** les chambres présentent des évidements de même taille et sont pilotables séparément de sorte que, pour le passage d'une matière, au moins deux chambres doivent être ouvertes en même temps dans le sens d'écoulement souhaité, et toutes les chambres sont actionnées depuis une unité de commande décentralisée.

Fig. 1

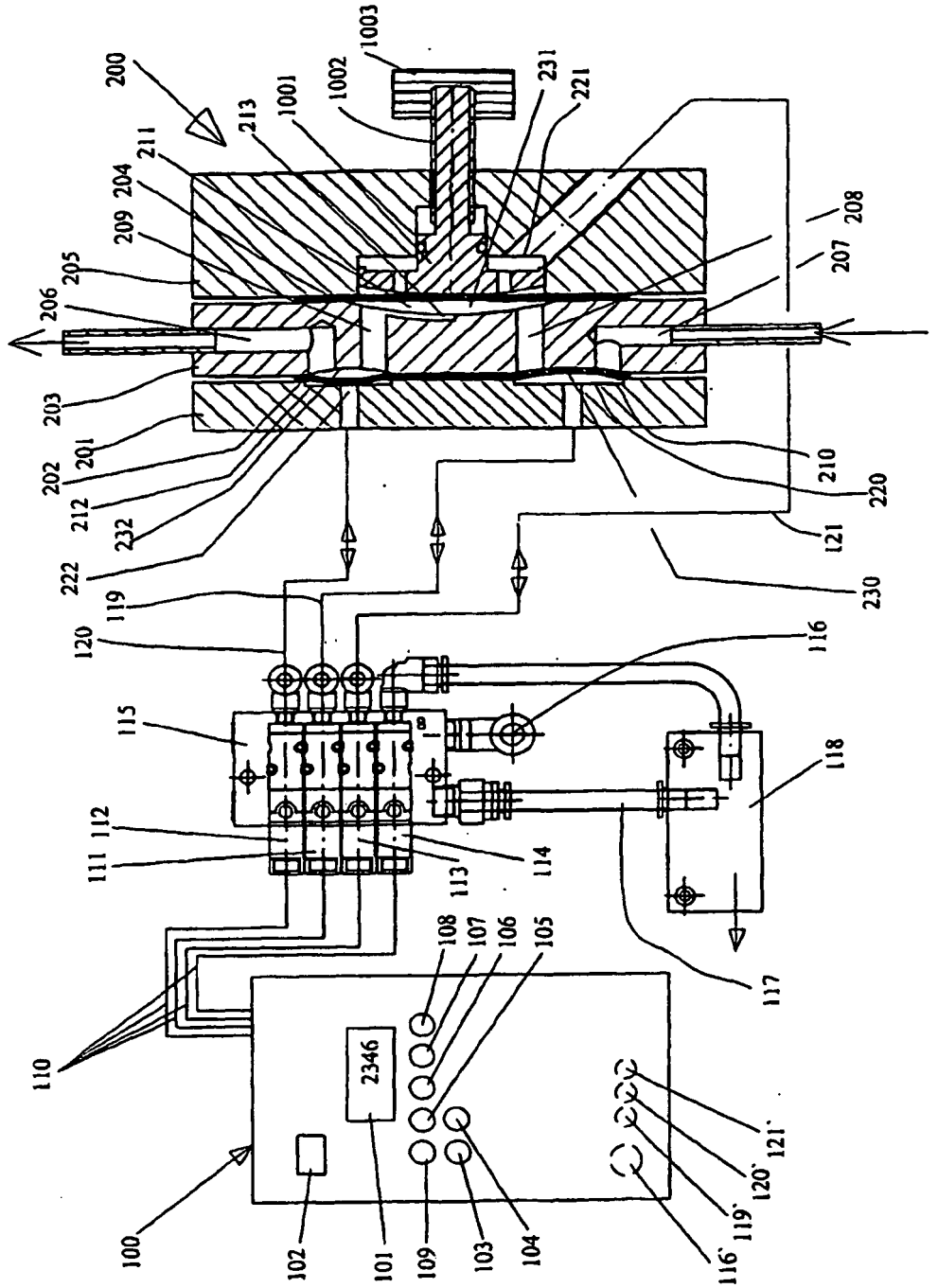

1003
200
1002
231
213
1001
221
211
204
208
209
207
205
206
203
201
210
202
220
212
232
121
222
230
119
120
116
115
118
112
111
113
114
108
107
106
105
110
117
2346
121'
120'
119'
116'
100
102
101
109
103
104

Fig. 2

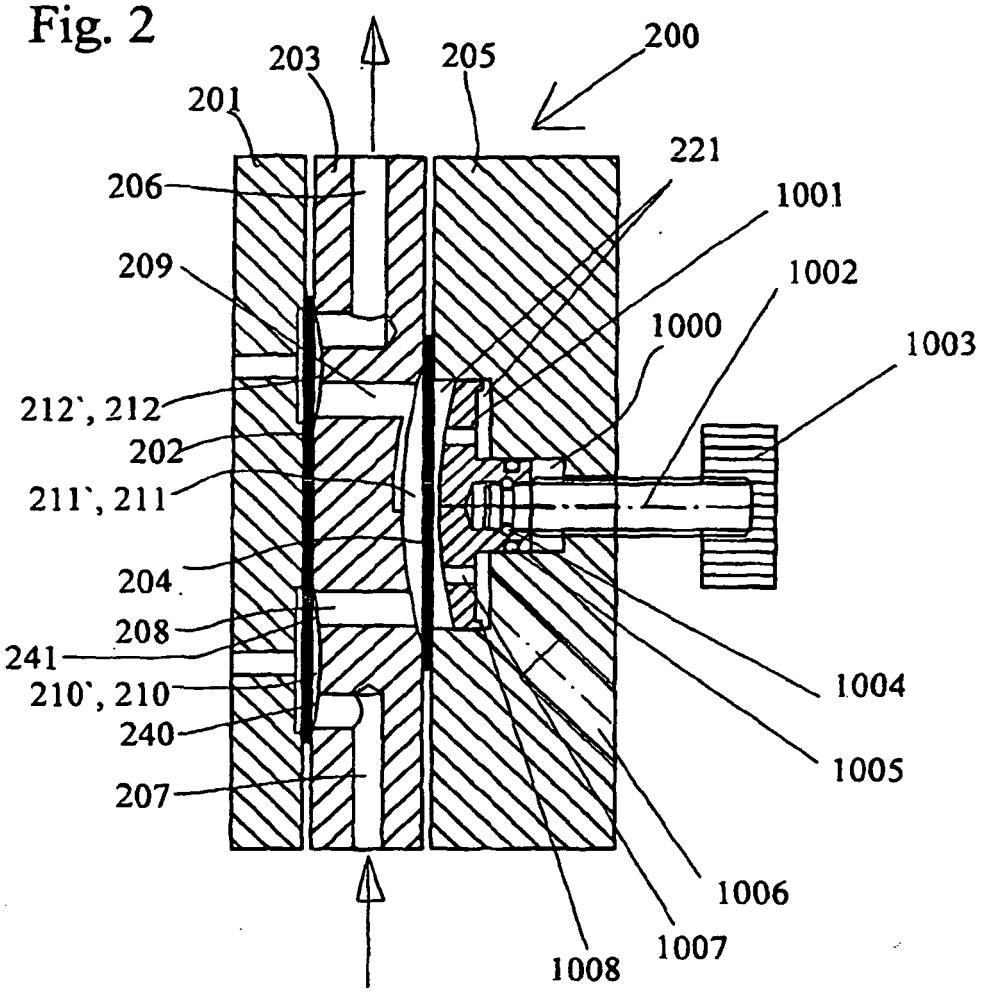


Fig. 2a

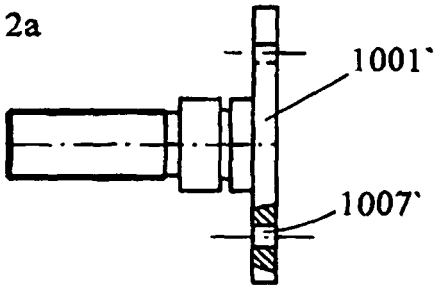


Fig. 2b

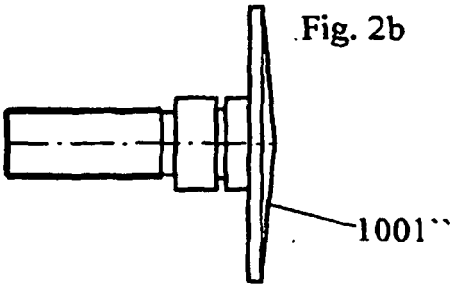


Fig. 2a

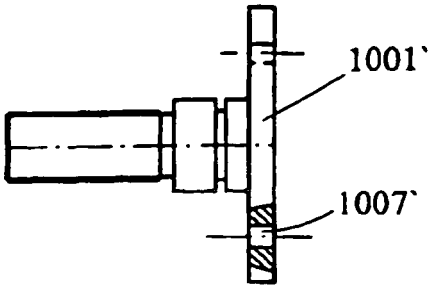


Fig. 2b

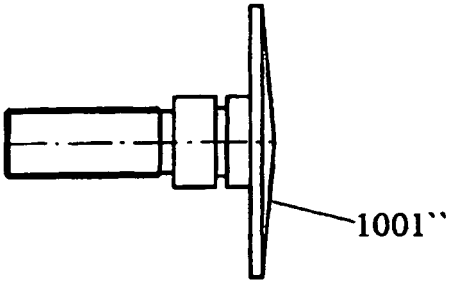


Fig. 2c

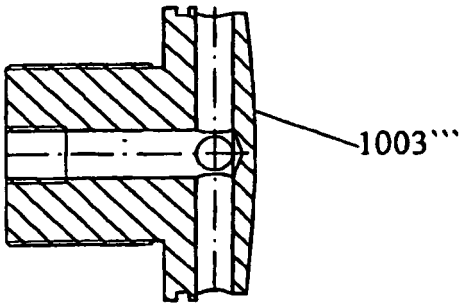


Fig. 3

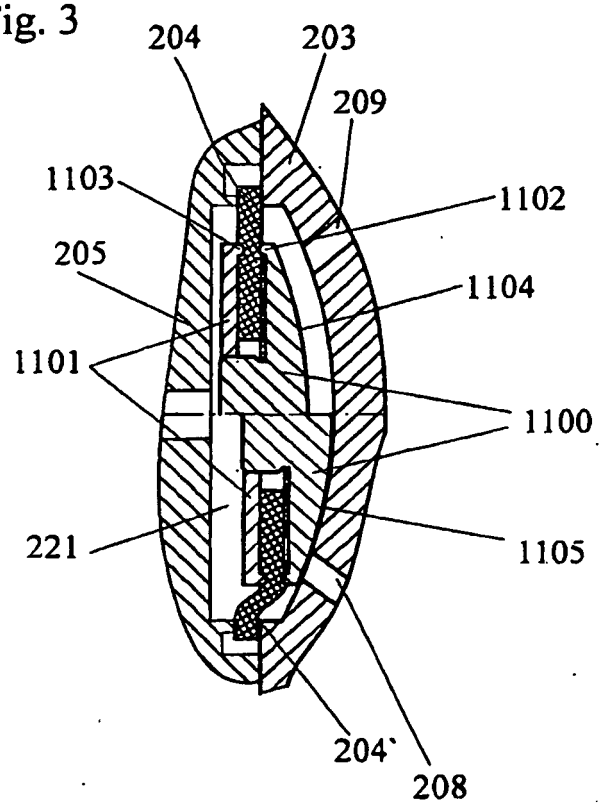

204
203
209
1103
1102
205
1104
1101
1100
221
1105
204'
208

Fig. 3b

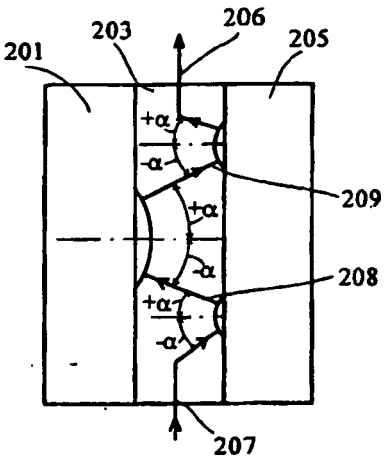
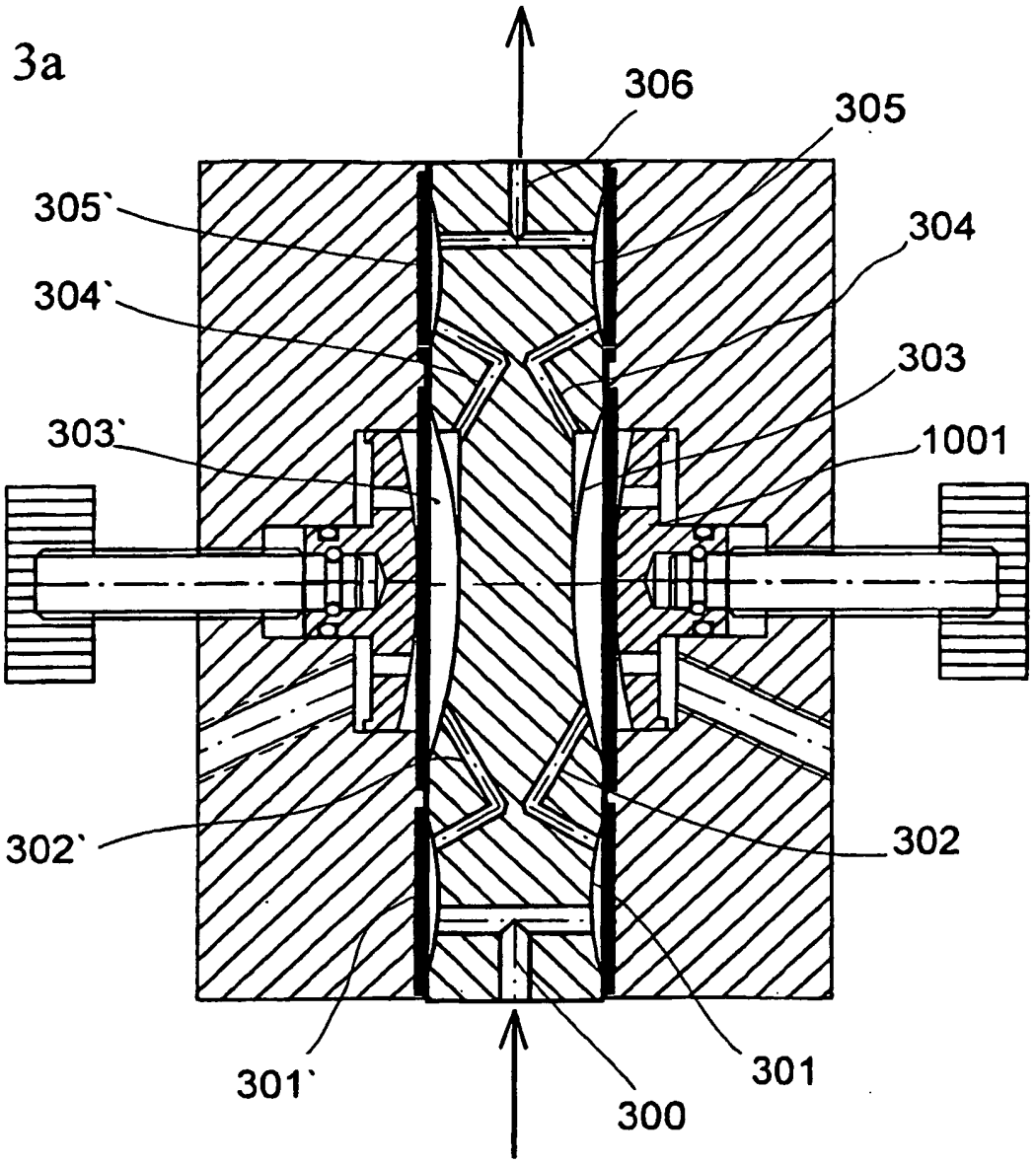

201
203
206
205
+α
-α
209
+α
-α
208
+α
-α
207

Fig. 3a



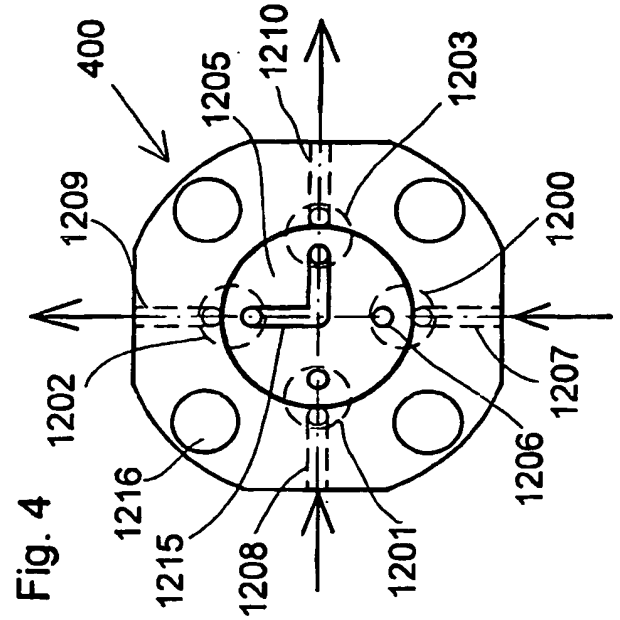


Fig. 4

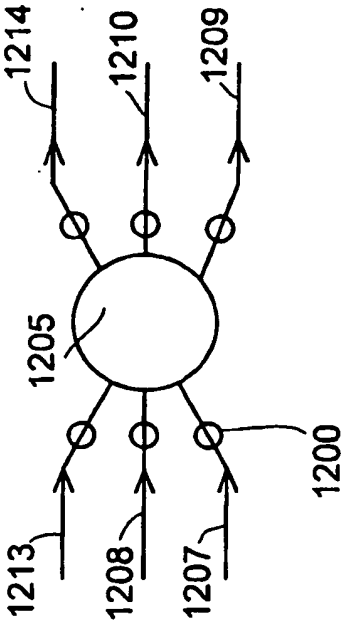


Fig. 4b

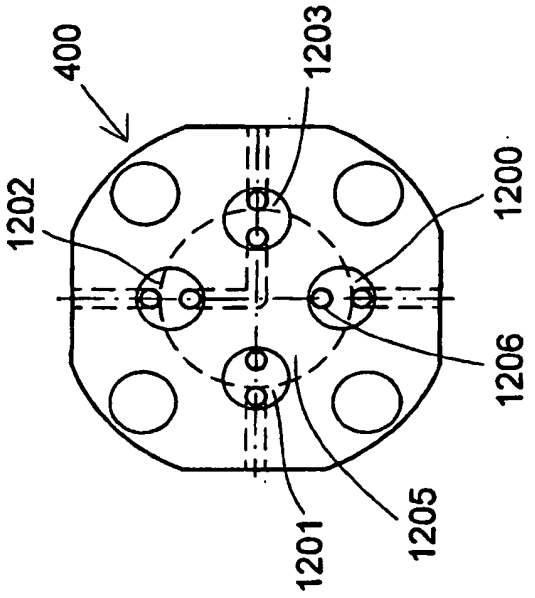


Fig. 4a

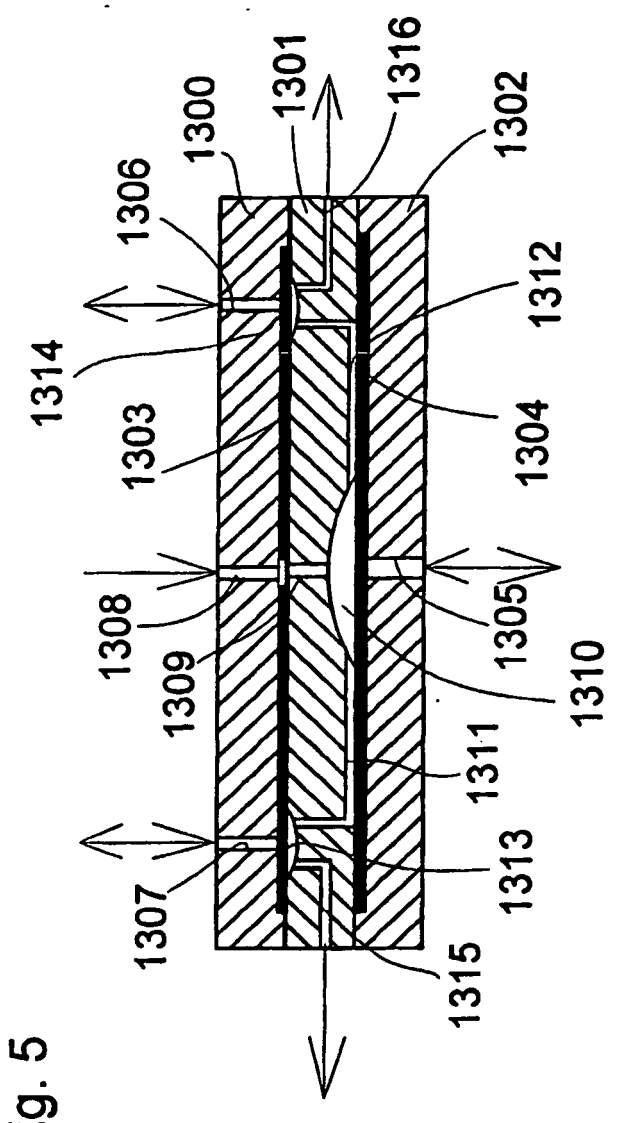

1301
1316
1300
1302
1306
1312
1314
1303
1304
1308
1305
1309
1310
1311
1313
1307
1315

Fig. 5

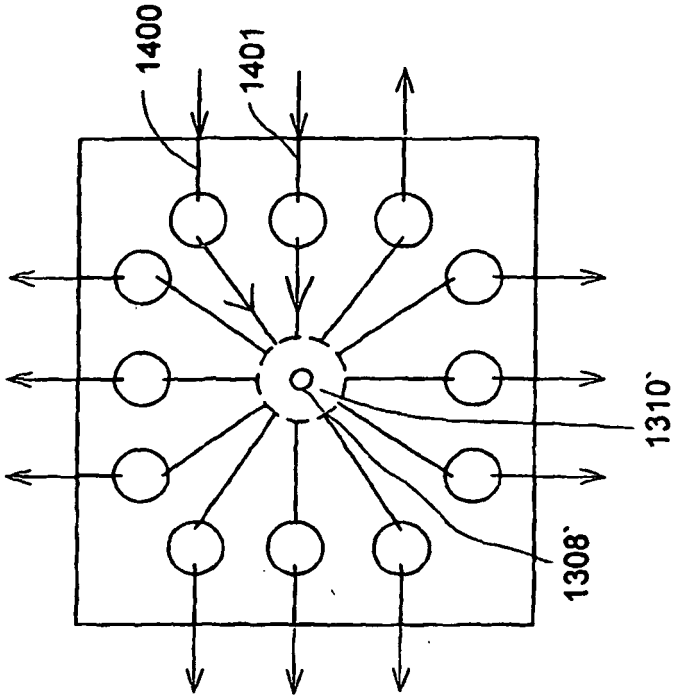


Fig. 6a

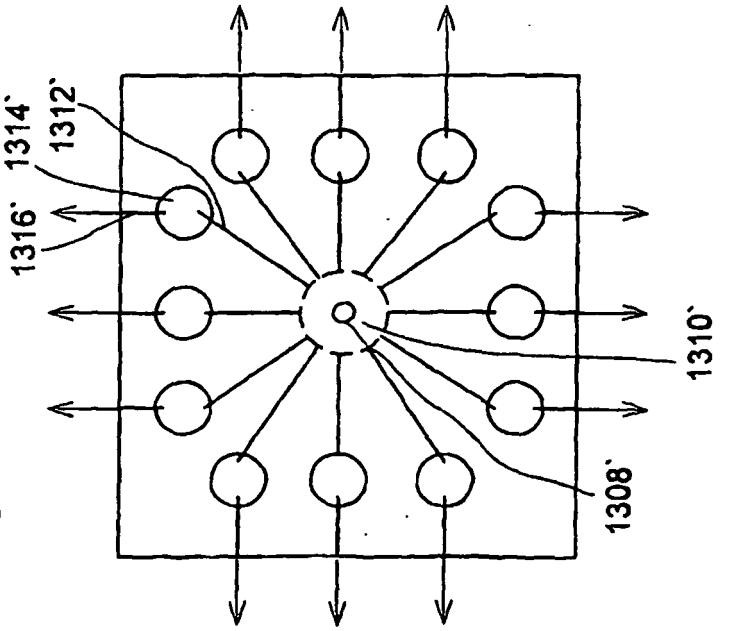


Fig. 6

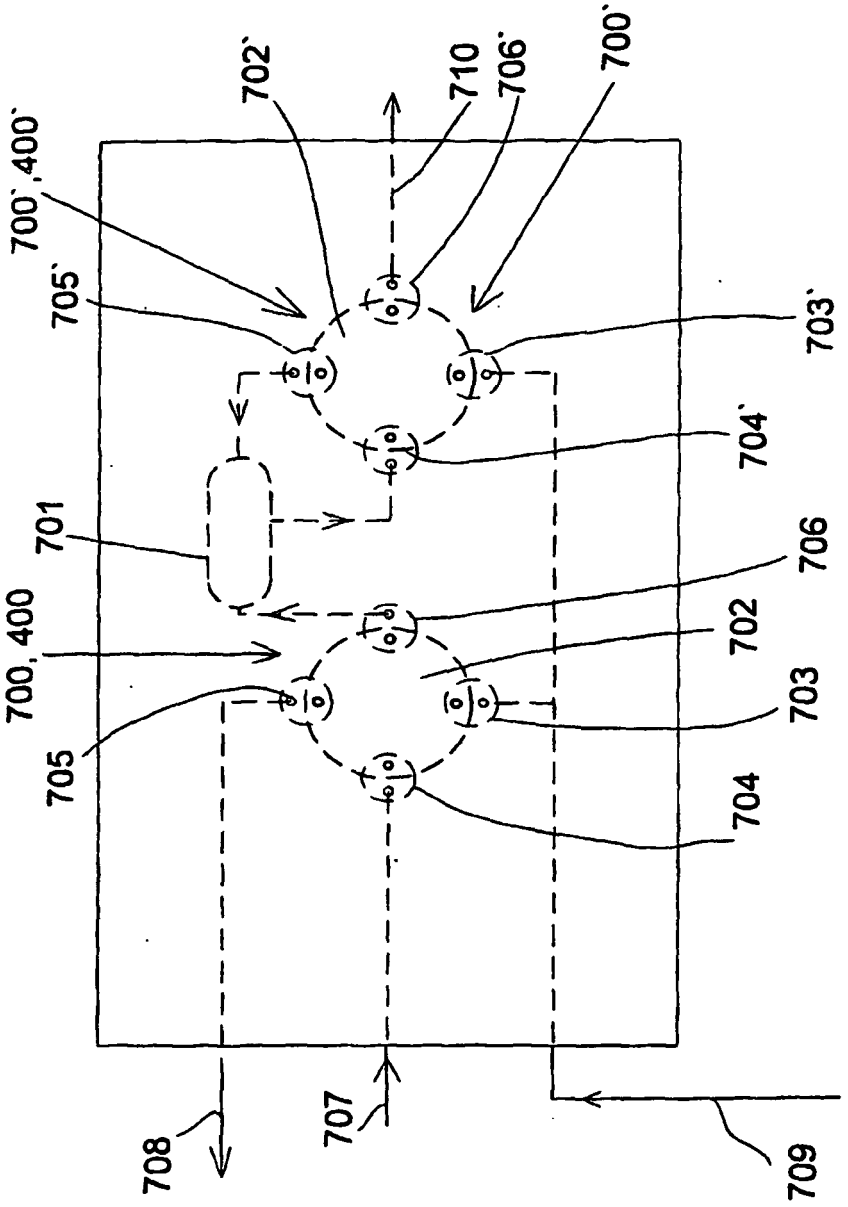
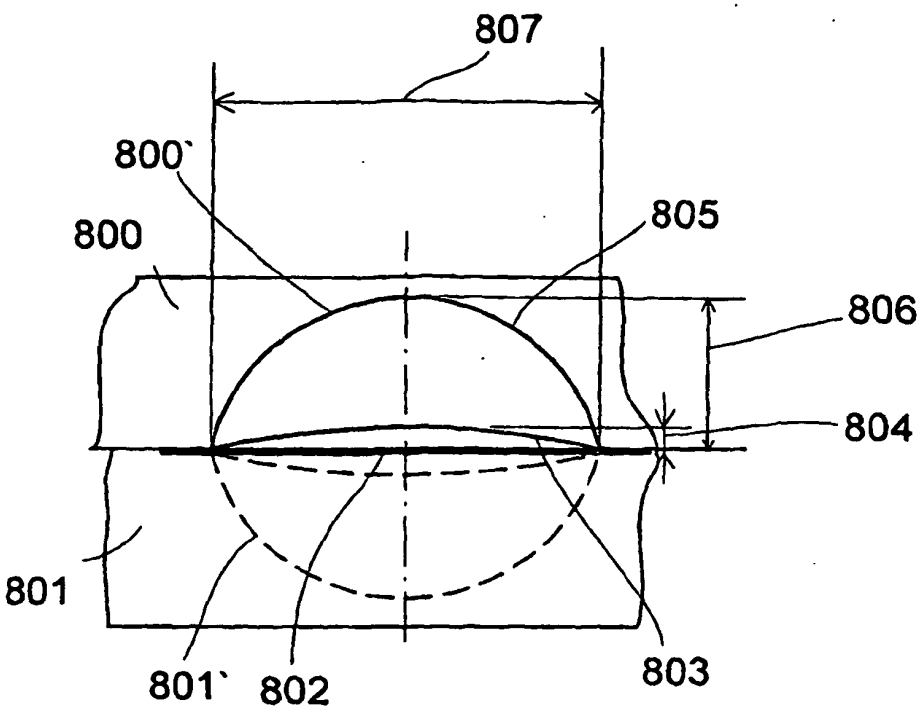

700`,400`
702`
710
706`
700`
705`
703`
704`
701
706
700, 400
702
703
705
704
708
707
709

Fig. 7

Fig. 8



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10216146 A **[0001] [0003] [0004] [0005] [0025] [0030] [0052] [0057] [0059]**
- US 3741687 A **[0002]**