

(19)



(11)

EP 2 685 104 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.01.2014 Patentblatt 2014/03

(51) Int Cl.:
F04B 43/04 ^(2006.01) **F04B 43/12** ^(2006.01)
F04B 43/14 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13002743.6**

(22) Anmeldetag: **28.05.2013**

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

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum GmbH**
35614 Aßlar (DE)

(72) Erfinder: **Armin, Conrad**
35745 Herborn (DE)

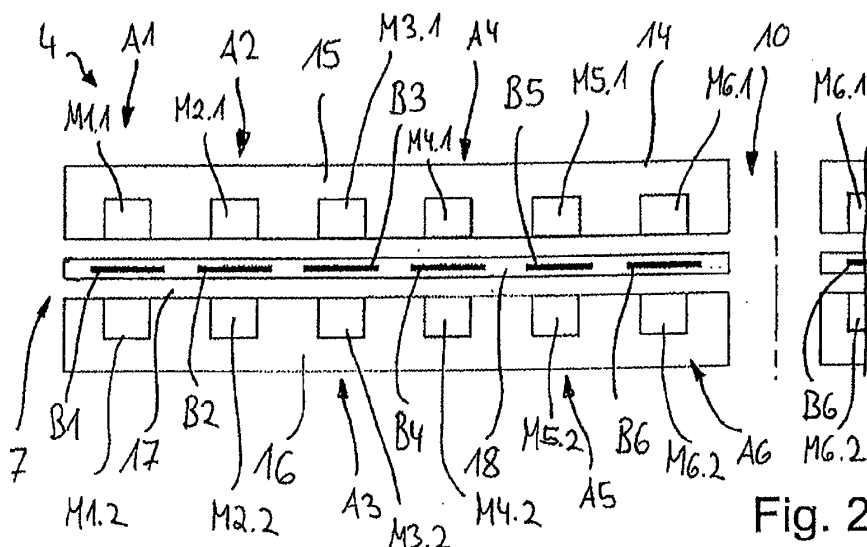
(74) Vertreter: **Carstensen, Lars et al**
CC Patentanwälte
Veenpark 20
40627 Düsseldorf (DE)

(30) Priorität: **11.07.2012 DE 102012013681**

(54) Pumpenmodul, sowie Verdrängerpumpe

(57) Die Erfindung betrifft ein Pumpenmodul (4, 5, 6; 4'; 4'') mit einem, mindestens einen Strömungskanal (17) begrenzenden Gehäuse (14), wobei der mindestens eine Strömungskanal (17) mindestens einen Einlass (7, 8, 9) mit zumindest einem Auslass (10, 11, 12) verbindet und in sich je eine in Strömungsrichtung orientiert liegende Pumpvorrichtung aufnimmt, die über einzeln ansteuerbare Aktoren abschnittsweise auslenkbar ist. Dabei ist ein zu förderndes Medium innerhalb mindestens eines Förderraumes (20, 21) einschließbar, welcher durch sequentielle Ansteuerung der Aktoren zwischen Abschnitten der Pumpvorrichtung und je zugeordneten Umfangsabschnitten des mindestens einen Strömungskanals (17) kapselbar und im Zuge einer Förderbewegung zwi-

schen dem mindestens einen Einlass (7, 8, 9) und dem zumindest einen Auslass (10, 11, 12) bewegbar ist. Um ein präzise förderndes Pumpenmodul mit einem gleichzeitig einfachem Aufbau bereitzustellen, sind die Aktoren vom Gehäuse (14) aufgenommen, wobei jeweils beidseitig des Strömungskanals einander gegenüberliegende Aktoren Aktorstufen (A1 bis A6) bilden, welche in Strömungsrichtung aufeinanderfolgend angeordnet sind. Des Weiteren ist die Pumpvorrichtung als elastische Membran (18; 21; 22) ausgeführt, welche durch Ansteuerung je eines Aktors der einzelnen Aktorstufen (A1 bis A6) mit je einem zugeordneten Abschnitt an je einen zugehörigen Umfangsabschnitt des mindestens einen Strömungskanals (17) anlegbar ist.

**Fig. 2****EP 2 685 104 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Pumpenmodul mit einem, mindestens einen Strömungskanal begrenzenden Gehäuse, wobei der mindestens eine Strömungskanal mindestens einen Einlass mit zumindest einem Auslass verbindet und je eine in Strömungsrichtung orientiert liegende Pumpvorrichtung aufnimmt, die über einzeln ansteuerbare Aktoren abschnittsweise auslenkbar ist, und wobei ein zu förderndes Medium innerhalb mindestens eines Förderraumes einschließbar ist, welcher durch sequentielle Ansteuerung der Aktoren zwischen Abschnitten der Pumpvorrichtung und je zugeordneten Umfangsabschnitten des mindestens einen Strömungskanals kapselbar und im Zuge einer Förderbewegung zwischen dem mindestens einen Einlass und dem zumindest einen Auslass bewegbar ist. Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Verdrängerpumpe zur Förderung eines Fluids, bei welcher mindestens ein vorgenanntes Pumpenmodul zur Anwendung kommt.

[0002] Bei Verdrängerpumpen wird üblicherweise ein, über einen Einlass in einen Innenraum der Pumpe eingeströmtes Medium in einem Förderraum gekapselt und anschließend in einen Auslass hinein verdrängt. Um bei diesem Verdrängen ein Zurückströmen des Mediums in den Einlass zu verhindern und ein Rücksaugen von bereits verdrängtem Medium zu unterbinden, ist zumeist eine Ein- und Auslasssteuerung über druckgesteuerte Ventile oder sonstige, konstruktive Maßnahmen vorgesehen. Hierdurch wird jedoch die erforderliche Anzahl an Bauteilen erhöht und zudem die Erzielung eines niedrigen Enddruckes erschwert, da die Ventile zumeist differenzdruckgesteuert sind und sich bei niedrigen Drücken keine ausreichend hohen Anpresskräfte im Bereich der Ventile ergeben. Je nach Art und Weise der Einleitung der jeweiligen Förderbewegung treten zudem Reibungsverluste und Vibrationen auf. Im Übrigen werden Verdrängerpumpen teilweise mit Pumpenmodulen ausgeführt, bei welchen die Bauteilanzahl verringert und eine Förderbewegung möglichst einfach darstellbar ist.

Stand der Technik

[0003] Aus der JP 03 081585 A geht ein Pumpenmodul hervor, welches ein einen quaderförmigen Strömungskanal begrenzendes Gehäuse aufweist. Der Strömungskanal verbindet dabei einen Einlass mit einem Auslass und nimmt in sich eine Pumpvorrichtung auf. Diese Pumpvorrichtung ist dabei in Strömungsrichtung orientiert und durch mehrere Piezoaktorenabschnitte gebildet, welche aneinandergereiht eine Art, innerhalb des Strömungskanals liegende Lamelle ergeben. Durch Ansteuerung der einzelnen Piezoaktorenabschnitte kann diese Lamelle abschnittsweise ausgelenkt werden, wobei sie hierbei mit den jeweiligen Abschnitten an dem umliegenden Gehäuse zur Anlage kommt und ein zu förderndes Medium innerhalb eines jeweiligen hierdurch gebildeten Förderraumes einschließt. Werden die Pie-

zoaktoren nun sequentiell angesteuert, so wird das in dem jeweiligen Förderraum eingeschlossene Medium im Zuge einer peristaltischen Förderbewegung vom Einlass zum Auslass bewegt. Ausgehend vom vorstehend beschriebenen Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Pumpenmodul zur Verfügung zu stellen, bei welcher eine Förderbewegung auf präzise Art und Weise bei gleichzeitig einfachem Aufbau einleitbar ist.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Diese Aufgabe wird ausgehend vom Oberbegriff des Anspruchs 1 in Verbindung mit dessen kennzeichnenden Merkmalen gelöst. Die hierauf folgenden, abhängigen Ansprüche geben jeweils vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung wieder. Eine Verdrängerpumpe, bei welcher mindestens ein erfindungsgemäßes Pumpenmodul zur Anwendung kommt, geht aus den weiteren Ansprüchen 8 bis 10 hervor.

[0005] Gemäß der Erfindung weist ein Pumpenmodul ein, mindestens einen Strömungskanal begrenzendes Gehäuse auf, wobei der mindestens eine Strömungskanal mindestens einen Einlass mit zumindest einem Auslass verbindet und in sich je eine in Strömungsrichtung orientiert liegende Pumpvorrichtung aufnimmt. Diese Pumpvorrichtung ist über einzeln ansteuerbare Aktoren abschnittsweise auslenkbar, wobei ein zu förderndes Medium innerhalb mindestens eines Förderraumes eingeschlossen werden kann, welcher durch sequentielle Ansteuerung der Aktoren zwischen Abschnitten der Pumpvorrichtung und je zugeordneten Umfangsabschnitten des mindestens einen Strömungskanals kapselbar ist und im Zuge einer Förderbewegung zwischen dem mindestens einen Einlass und dem zumindest einen Auslass bewegt werden kann.

[0006] Die Pumpvorrichtung ist im Sinne der Erfindung insbesondere als scheibenförmiges, plattenförmiges oder ähnlich aufgebautes Bauteil ausgestaltet und kann abschnittsweise ausgelenkt werden, indem einzelne Segmente unter Einfluss der Aktoren orthogonal zur Längserstreckung der Pumpvorrichtung verschoben werden. Hierbei werden je nach Anzahl der ausgelenkten Abschnitte der Pumpvorrichtung ein oder mehrere Förderräume mit einem oder mehreren Umfangsabschnitten des Strömungskanals eingeschlossen, wobei in einem Förderraum jeweils ein zu förderndes Medium eingeschlossen ist. Im Sinne der Erfindung handelt es sich bei diesem Medium insbesondere um ein Fluid, also ein Gas bzw. Gasgemisch oder eine Flüssigkeit bzw. ein Flüssigkeitsgemisch. Mittels einer sequentiellen Ansteuerung der Aktoren wird dann der somit begrenzte, mindestens eine Förderraum zwischen dem mindestens einen Einlass und dem zumindest einen Auslass des Pumpenmoduls bewegt, so dass auch das eingeschlossene, zu fördernde Medium zwischen Ein- und Auslass gefördert wird. Diese Förderbewegung ähnelt dabei bei entsprechender Ansteuerung der Aktoren insbesondere einer

peristaltischen Bewegung der Pumpvorrichtung.

[0007] Die Erfindung umfasst nun die technische Lehre, dass die Aktoren vom Gehäuse aufgenommen sind und dabei jeweils beidseitig des Strömungskanals einander gegenüberliegende Aktoren Aktorstufen bilden, welche in Strömungsrichtung aufeinanderfolgend angeordnet sind. Des Weiteren ist die Pumpvorrichtung als elastische Membran ausgeführt, welche durch Ansteuerung je eines Aktors der einzelnen Aktorstufen mit je einem zugeordneten Abschnitt an je einen zugehörigen Umfangsabschnitt des Strömungskanals angelegt wird. Mit anderen Worten sind also die Aktoren, über welche die im Strömungskanal liegende Pumpvorrichtung abschnittsweise ausgelenkt werden kann, in dem umliegenden Gehäuse platziert, wobei die Aktoren hierbei paarweise zu Aktorenstufen zusammengefasst sind, bei welchen jeweils die je zugehörigen Aktoren beidseitig des Strömungskanals liegen, also der eine Aktor einer Aktorstufe oberhalb des Strömungskanals und der andere Aktor dieser Aktorstufe unterhalb des Strömungskanals positioniert sind. Insgesamt sind die Aktorstufen dabei in Strömungsrichtung aufeinanderfolgend angeordnet, so dass bei einem Entlangwandern in Strömungsrichtung also die einzelnen Aktorstufen nacheinander passiert werden. Die als elastische Membran ausgestaltete Pumpvorrichtung kann dann abschnittsweise ausgelenkt werden, indem je ein Aktor der einzelnen Aktorstufen angesteuert und hierbei ein, zwischen den Aktoren dieser Aktorstufe liegender Abschnitt der Membran ausgelenkt und an den dortigen Umfangsabschnitt des Strömungskanals angelegt wird.

[0008] Ein erfindungsgemäßes Pumpenmodul zeichnet sich dabei durch einen einfachen Aufbau bei gleichzeitig zuverlässiger Funktionsweise aus. Denn durch Platzierung der Aktoren im an sich stillstehenden Gehäuse können diese auf einfache Art und Weise über, im Gehäuse verlaufende Leitungen angesteuert werden, wobei diese Leitungen dabei räumlich vom Strömungskanal und dem hierin geförderten Medium getrennt sind. Aufgrund der Art der Förderbewegung kann des Weiteren auf einlassseitige und auslassseitige Ventile verzichtet werden, da das zu fördernde Medium durch die abschnittsweise Auslenkung der elastischen Membran zwischen derselben und dem Umfang des Strömungskanals gekapselt wird. Die Membran stellt dabei das einzige bewegte Bauteil dar, so dass durch entsprechende Optimierung eine hohe Lebensdauer des erfindungsgemäßen Pumpenmoduls erreicht werden kann. Zudem kann die Membran als elastisches Bauteil präzise ausgelenkt und an den Umfang des Strömungskanals angelegt werden, wodurch der jeweilige Förderraum genau definiert und auch abgedichtet werden kann. Des Weiteren kann eine Pumpfrequenz des Pumpenmoduls, sowie eine Pumpsequenz, d. h. die Definition einer Größe des mindestens einen Förderraumes, frei über die Aktoren eingestellt werden, so dass das erfindungsgemäße Pumpenmodul universell für unterschiedliche Einsatzfälle geeignet ist, indem dann je nach Art der gewünschten För-

derung lediglich eine Ansteuerung der Aktoren zu variieren ist. Insgesamt zeichnet sich das erfindungsgemäße Pumpenmodul durch einen einfachen Aufbau bei niedrigem herstellungstechnischen Aufwand und einer geringen Geräuschentwicklung aus.

[0009] Im Unterschied hierzu ist bei dem Pumpenmodul der JP 03 081585 A eine Ansteuerung der, im Strömungskanal liegenden Pumpvorrichtung erschwert, da zur abschnittswise Auslenkung die auf dem lamellenartigen Bauteil vorgesehenen Piezoabschnitte entsprechend bestromt werden müssen. Zu diesem Zweck müssen entsprechende Kontakte vorgesehen werden oder Leitungen an die auslenkbare Pumpvorrichtung herangeführt werden, was den Aufbau des Pumpenmoduls entsprechend verkompliziert und in Folge dessen den herstellungstechnischen Aufwand erhöht. Des Weiteren ist die mit Piezoelementen versehene Lamelle weniger flexibel als eine Membran, zumal eine Definition von Förderräumen entsprechend einer Anordnung und Größe der Piezoabschnitte fest vorgegeben ist. Dementsprechend kann eine Pumpsequenz nicht individuell auf einzelne Einsatzfälle abgestimmt werden. Auch ein Anschmiegen der Lamelle an den Umfang des Strömungskanals gestaltet sich ungenauer als bei einer elastischen Membran.

[0010] Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Aktoren durch Magnetspulen gebildet. Diese sind hierbei insbesondere jeweils mit einem Material hoher Permeabilität, wie beispielsweise Eisen, umgeben und erzeugen bei Bestromung ein entsprechendes Magnetfeld, über welches die elastische Membran mit ihren je zugeordneten Abschnitten ausgelenkt wird. Um die abschnittsweise Auslenkung der Membran im Magnetfeld zu erreichen besteht die Membran gemäß einer Weiterbildung der Erfindung entweder aus einem magnetorheologischen Elastomermaterial oder ist aus einem Elastomermaterial gebildet, in welches in den, den Aktorstufen zugeordneten Abschnitten der Membran jeweils ein ferromagnetisches Material eingebracht ist. Bei einem magnetorheologischen Elastomer handelt es sich um ein Kompositmaterial aus einer weichen Elastomermatrix mit darin vorgesehenen, magnetisch polarisierbaren Partikeln, auf welche über das Magnetfeld eingewirkt werden kann. Im Falle der Ausgestaltung der Membran aus einem Elastomermaterial mit darin eingebrachtem ferromagnetischen Material sind im Sinne der Erfindung insbesondere Blechsegmente mit Elastomermaterial umgossen, so dass ein Verbundsystem ausgestaltet wird.

[0011] Gemäß einer hierzu alternativen Ausgestaltung der Erfindung sind die Aktoren durch Elektroden gebildet. Bei entsprechender Bestromung dieser Elektroden wird dabei jeweils je ein elektrisches Feld erzeugt, über das die elastische Membran wiederum abschnittsweise ausgelenkt werden kann. Zu diesem Zweck besteht die elastische Membran dann insbesondere aus einem elektorheologischen Elastomermaterial, welches aus einem Elastomer mit darin eingebrachten Partikeln gebildet ist,

die im elektrischen Feld in Richtung der jeweiligen be-
stromten Elektrode gezogen werden und dementspre-
chend eine abschnittsweise Auslenkung der elastische
Membran bewirken.

[0012] Entsprechend einer weiteren Ausführungsform
der Erfindung besteht das Gehäuse aus zumindest zwei
Gehäuseteilen, wobei die Gehäuseteile und die zwi-
schenliegende Membran als kreisförmige Scheiben aus-
gestaltet sind. Ferner ist der mindestens eine Einlass ra-
dial außen vorgesehen und steht über den Strömungs-
kanal mit dem zumindest einen Auslass in Verbindung,
welcher in radialer Richtung zentrisch platziert ist. In die-
sem Fall weist das Pumpenmodul also einen kreisförmigen
Aufbau auf, wobei das zu fördernde Medium von
radial außen nach radial innen zum Auslass gefördert
wird. Im Sinne der Erfindung kann jedoch ebenso gut
auch der Einlass zentrisch platziert sein und der zumin-
dest eine Auslass radial außen liegen. Durch den kreis-
förmigen Aufbau des Pumpenmoduls können problem-
los mehrere Pumpenmodule hintereinandergeschaltet
sein, indem die einzelnen kreisförmigen Pumpenmodule
axial übereinandergestapelt werden und je nach ge-
wünschter Schaltung eine parallele Versorgung der ein-
zelnen Zuläufe dargestellt oder aber der zumindest eine
Auslass eines Moduls mit dem mindestens einen Einlass
des nachfolgenden Moduls nach Art einer Serienschal-
tung gekoppelt wird. Bei einem kreisförmigen Aufbau des
Pumpenmoduls aus kreisförmigen Scheiben sind dann
die Aktoren entsprechend ringförmig zu gestalten, also
beispielsweise als ringförmige Spulen oder ringförmige
Elektroden. Alternativ zu dem kreisförmigen Aufbau ist
jedoch prinzipiell auch ein rechteckförmiger Aufbau ei-
nes Pumpenmoduls denkbar.

[0013] In Weiterbildung der Erfindung sind die Aktor-
stufen in Strömungsrichtung äquidistant oder mit un-
terschiedlichen Abständen zueinander platziert. Je nach
Gestalt des Pumpenmoduls und der Art des zu fördern-
den Mediums kann der mindestens eine Förderraum
hierbei bei seiner Bewegung zwischen dem mindestens
einen Einlass und dem zumindest einen Auslass im Vo-
lumen konstant gehalten oder aber verändert werden.
So kann ein Medium in Form eines Gases oder eines
Gasgemisches bei Förderung vom mindestens einen
Einlass zum zumindest einen Auslass verdichtet werden,
indem bei einem ringförmigen Aufbau des Pumpenmo-
duls die Abstände zwischen den Aktorstufen äquidistant
in Strömungsrichtung gewählt sind, so dass sich der min-
destens eine Förderraum bei Bewegung von einem radial
außenliegenden Einlass zum zentrisch liegenden Aus-
lass aufgrund der kleiner werdenden Ringflächen zwi-
schen den Aktorstufen stetig verringert und somit eine
Kompression des Gases vorgenommen wird. Ähnlich
kann bei einem rechteckigen Aufbau durch unterschied-
liche Abstände zwischen den Aktorstufen eine stetige
Verringerung des mindestens einen Förderraumes defi-
niert werden.

[0014] Handelt es sich bei dem zu fördernden Medium
hingegen um eine Flüssigkeit, so ist aufgrund des inkom-

pressiblen Verhaltens der Flüssigkeit üblicherweise eine
Verringerung eines Volumens des mindestens einen
Förderraumes nicht gewünscht. Dieses Volumen kann
bei Bewegung zwischen dem mindestens einen Einlass
und dem zumindest einen Auslass entweder dadurch
konstant gehalten werden, dass bei einem kreisförmigen
Pumpenmodul die einzelnen Aktorstufen zur Darstellung
gleichmäßiger Ringflächen mit unterschiedlichen Ab-
ständen in Strömungsrichtung zueinander platziert wer-
den oder bei einem rechteckförmigen Aufbau des Pum-
penmoduls gleichbleibende Abstände zwischen den Ak-
torstufen gewählt sind. Letztendlich ist auch eine Förde-
rung einer Flüssigkeit bei einem kreisförmigen Aufbau
des Pumpenmoduls und äquidistant zueinander platzier-
ten Aktorstufen möglich, wenn der mindestens eine Ein-
lass in Strömungsrichtung zentrisch und der zumindest
eine Auslass radial außenliegend vorgesehen ist, so
dass sich ein Volumen des mindestens einen Förderraum-
es bei Bewegung zwischen Einlass und Auslass ver-
größert.

[0015] Veränderliche oder gleichbleibende Volumina
eines Förderraumes können aber auch durch eine ent-
sprechende Einstellung der Pumpsequenz definiert wer-
den. Da eine Kapselung und eine Bewegung des jewei-
ligen Förderraumes durch Ansteuerung der entspre-
chenden Aktorstufen gesteuert wird, kann durch Ab-
wandlung der Betätigung der Aktorstufen eine Größe und
Änderung des Förderraumes nahezu frei eingestellt wer-
den. So kann eine Verdichtung des Mediums, welche
ansonsten aufgrund des Abstands der Aktorstufen zu-
einander und durch den Aufbau des Pumpenmoduls bei
Bewegung des Förderraumes stattfindet, hierdurch ent-
weder verstärkt oder abgemindert werden, so dass aus-
lassseitig ein jeweils angestrebtes Druckniveau des Me-
diums erzielbar ist.

[0016] Erfindungsgemäß umfasst eine Verdränger-
pumpe mindesten ein Pumpenmodul, welches gemäß
einer der vorgenannten Varianten gestaltet ist. Die Ver-
drängerpumpe ist dabei insbesondere als Vakuumpum-
pe ausgeführt und dient der Förderung eines Fluids. Be-
vorzugt sind des Weiteren in einem Pumpengehäuse
mehrere Pumpenmodule in einer Serien- und/oder Par-
allelschaltung angeordnet, so dass über die einzelnen
Pumpenmodule parallel oder abfolgend aufeinander in
einen gemeinsamen Auslass gefördert wird.

[0017] Entsprechend einer weiteren, vorteilhaften
Ausführungsform der Erfindung sind die Aktoren des
mindestens einen Pumpenmoduls über eine Leistungs-
elektronik steuerbar. Über eine derartige Leistungselek-
tronik können dabei problemlos unterschiedliche Pumpf-
requenzen und auch Pumpsequenzen durch entspre-
chende Ansteuerung der Aktoren dargestellt werden,
wobei hierbei auch eine aufeinander abgestimmte An-
steuerung mehrerer Pumpenmodule erfolgen kann. Ab-
gesehen von einer dem oder den Pumpenmodulen zu-
geordneten Leistungselektronik kann es sich dabei auch
um eine entsprechende Elektronik einer anderen Pum-
pe, wie beispielsweise einer Turbomolekularpumpe,

oder eines anderen Systems handeln.

[0018] Eine nach einer der vorhergehend beschriebenen Varianten ausgeführte Verdrängerpumpe kommt erfindungsgemäß insbesondere bei der Erzeugung eines Grob- oder Feinvakuums in einem Rezipienten als Vakuumpumpe zur Anwendung. Zudem kann eine erfindungsgemäße, als Vakuumpumpe ausgeführte Verdrängerpumpe auch als Vorpumpe einer Hoch- und/oder Ultrahochvakuumpumpe, insbesondere einer Turbomolekularpumpe Verwendung finden.

[0019] Die Erfindung ist nicht auf die angegebene Kombination der nebengeordneten Ansprüche oder der abhängigen Ansprüche beschränkt. Es ergeben sich darüber hinaus Möglichkeiten, einzelne Merkmale, auch soweit sie aus den Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung oder aus den Figuren hervorgehen, miteinander zu kombinieren. Die Bezugnahme der Ansprüche auf die Zeichnungen durch Verwendung von Bezugszeichen soll den Schutzzumfang der Ansprüche nicht beschränken

[0020] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Verdrängerpumpe gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Pumpenmoduls der Verdrängerpumpe aus Fig. 1, gemäß einer ersten Ausgestaltungsmöglichkeit;

Fig. 3 eine Darstellung einzelner Schaltsequenzen des Pumpenmoduls aus Fig. 2;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Pumpenmoduls der Verdrängerpumpe aus Fig. 1, entsprechend einer alternativen Ausgestaltungsmöglichkeit;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Pumpenmoduls der Verdrängerpumpe aus Fig. 1, gemäß einer weiteren alternativen Ausgestaltungsmöglichkeit der Erfindung; und

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Verdrängerpumpe gemäß einer zweiten Ausgestaltungsmöglichkeit der Erfindung.

[0021] Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0022] Aus Fig. 1 geht eine schematische Ansicht einer Verdrängerpumpe entsprechend einer ersten Ausführungsform der Erfindung hervor, wobei es sich bei dieser Verdrängerpumpe insbesondere um eine Vakuumpumpe und hierbei weiter bevorzugt um eine Vorpumpe einer Turbomolekularpumpe handelt. Die Verdrängerpumpe verfügt dabei über ein Pumpengehäuse 1, in welchem zwischen einer seitlich am Pumpengehäuse 1 vorgese-

henen Einlassseite 2 und einer stirnseitigen Auslassseite 3 mehrere gleich aufgebauten Pumpenmodule 4, 5 und 6 vorgesehen sind. Die Pumpenmodule 4 bis 6 sind hierbei jeweils als kreisförmige, rotationssymmetrische Module ausgeführt, welche über je einen ringartig gestalteten Einlass 7 bzw. 8 bzw. 9 jeweils mit der Einlassseite 2 in Verbindung stehen und über je einen, zentrisch liegenden Auslass 10 bzw. 11 bzw. 12 gemeinsam zur Auslassseite 3 fördern. Die Pumpenmodule 4 bis 6 sind in der Folge also in einer Parallelschaltung in dem Pumpengehäuse 1 aufgenommen und fördern hierbei ein Fluid, insbesondere in Form eines Luftgemisches, von der Einlassseite 2 zur Auslassseite 3. Des Weiteren ist in dem Pumpengehäuse 1 noch eine Leistungselektronik 13 aufgenommen, über welche die einzelnen Pumpenmodule 4, 5 und 6 gesteuert werden können.

[0023] Aus Fig. 2 geht nun des Weiteren eine schematische Einzelansicht des Pumpenmoduls 4 hervor, welches im Aufbau jedoch den Pumpenmodulen 5 und 6 entspricht. Wie zu erkennen ist, verfügt das Pumpenmodul 4 über ein Gehäuse 14, welches sich aus zwei Gehäuseteilen 15 und 16 zusammensetzt, die jeweils als Scheiben mit einem kreisförmigen Querschnitt ausgeführt sind und einen zwischenliegenden Strömungskanal 17 begrenzen, indem die Gehäuseteile unter einem Abstand zueinander angeordnet sind. Der Strömungskanal 17 verbindet dabei den ringförmigen Einlass 7, welcher vorliegend nur angedeutet ist, mit dem zentrisch liegenden Auslass 10, wobei in Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit in radialer Richtung nur eine Hälfte des Pumpenmoduls 4 dargestellt ist. Über den Strömungskanal 17 kann also Fluid, ausgehend von dem Einlass 7, das Gehäuse 14 radial durchströmen und über den Auslass 10 axial zu der gemeinsamen, in Fig. 1 zu sehenden Auslassseite 3 gelangen.

[0024] Von dem Strömungskanal 17 ist des Weiteren eine Membran 18 aufgenommen, welche sich in der, in Fig. 2 dargestellten Ruhelage mittig zwischen den beiden Gehäuseteilen 15 und 16 befindet. Zu diesem Zweck ist die Membran 18 beispielsweise im Bereich des ringförmigen Einlasses 7 auf geeignete Weise zwischen den Gehäuseteilen 15 und 16 eingespannt. Vorliegend ist die Membran 18 dabei ebenfalls als Scheibe mit kreisförmigem Querschnitt ausgestaltet und besteht aus einem Elastomermaterial, in welches mehrere, konzentrisch um den Auslass 10 liegende Blechringe B1 bis B6 integriert sind. Wie des Weiteren aus Fig. 2 ersichtlich ist, sind in radialer Richtung jeweils auf Höhe der einzelnen Blechringe B1 bis B6 ferner mehrere Aktorstufen A1 bis A6 vorgesehen, welche in Strömungsrichtung vom Einlass 7 zum Auslass 10 aufeinanderfolgend angeordnet sind. Jede der Aktorstufen A1 bis A6 setzt sich dabei aus zwei Aktoren zusammen, welche beidseitig des Strömungskanals 17 und auch je beidseitig eines der Blechringe B1 bis B6 angeordnet sind. Die Aktoren der Aktorstufen A1 bis A6 sind dabei durch einander gegenüberliegende Magnetspulen M1.1 bis M6.2 gebildet, welche jeweils mit Eisen umgeben sind und, paarweise zusammengefasst,

die Aktorstufen A1 bis A6 ergeben. Von jeder der Aktorstufen A1 bis A6 ist dabei über die Leistungselektronik 13 je eine der paarweise zusammengefassten Magnetspulen M1.1 oder M1.2 bzw. M2.1 oder M2.2 bzw. M3.1 oder M3.2 bzw. M4.1 oder M4.2 bzw. M5.1 oder M5.2 bzw. M6.1 oder M6.2 bestrombar, so dass durch die jeweilige Magnetspule ein Magnetfeld erzeugt und der jeweils zwischenliegende Blechring B1 bzw. B2 bzw. B3 bzw. B4 bzw. B5 bzw. B6 an die jeweilige Spule gezogen und damit die Membran 18 abschnittsweise ausgelenkt wird. Dabei legt sich die Membran 18 mit dem jeweiligen Abschnitt an den jeweiligen Gehäuseteil 15 bzw. 16 und damit an einen Umfangsabschnitt des Strömungskanals 17 an, wobei durch entsprechende Ansteuerung der einzelnen Spulen M1.1 bis M6.2 zwischen Membran 18 und den Gehäuseteilen 15 und 16 Förderräume definierbar sind.

[0025] In Fig. 3 ist eine komplette, beispielhafte Schaltsequenz für das Pumpenmodul 4 aus Fig. 2 dargestellt. Wie hierbei zu erkennen ist, kann in fünf Einzelsequenzen I bis V eine Förderbewegung vom Einlass 7 zum Auslass 10 dargestellt werden, wobei die Einzelsequenz V dann wiederum der Einzelsequenz I entspricht. Von den einzelnen Aktorstufen A1 bis A6 wird dabei jeweils eine der Spulen M1.1 bis M6.2 angesteuert, so dass die zwischenliegende Membran 18 mit je zugehörigen Abschnitten jeweils in Richtung eines der Gehäuseteile 15 oder 16 ausgelenkt wird und schließlich an diesem anliegt. Über die insgesamt sechs Aktorstufen A1 bis A6 lassen sich dabei zum Einen zwischen der Membran 18 und dem Gehäuseteil 15 Förderräume 19 und 19' und zum Anderen zwischen der Membran 18 und dem Gehäuseteil 16 Förderräume 20 und 20' definieren, welche jeweils im Laufe der Pumpsequenz vom Einlass 7 zum Auslass 10 bewegt werden.

[0026] Diese Förderbewegung, welche einer peristaltischen Bewegung ähnelt, sei nun beispielhaft anhand des Förderraumes 19 über die jeweiligen Einzelsequenzen I bis V unter Zusammenschau der Fig. 2 und 3 beschrieben: Zunächst wird in der ersten Einzelsequenz I der Förderraum 19 durch Bestromen der Magnetspulen M1.1, M2.2, M3.2 und M4.1 gekapselt und eine entsprechende Fluidmenge zwischen Membran 18 und Gehäuseteil 15 eingeschlossen. Der Förderraum 19 wird dann in der Einzelsequenz II weiter in Richtung Auslass 10 bewegt, indem bei der Aktorstufe A2 anstelle der Magnetspule M2.2 die Magnetspule M2.1 und bei der Aktorstufe A4 anstelle der Magnetspule M4.1 die Magnetspule M4.2, sowie bei der Aktorstufe A5 die Magnetspule M5.1 bestromt wird. Zum Übergang in die weitere Einzelsequenz III wird dann im Vergleich zur Einzelsequenz II in der Aktorstufe A3 anstelle der Magnetspule M3.2 die Magnetspule M3.1 und bei der Aktorstufe A5 anstelle der Magnetspule M5.1 die Magnetspule M5.2 angesteuert. Zudem ist in der Aktorstufe A6 die Magnetspule M6.1 zu bestromen. Schließlich wird in der Einzelsequenz IV das im Förderraum 19 befindliche Fluid in den Auslass 10 gefördert, indem im Vergleich zur Einzelsequenz III bei

der Aktorstufe A4 anstelle der Magnetspule M4.2 die Magnetspule M4.1 und bei der Aktorstufe A6 anstelle der Magnetspule M6.1 die Magnetspule M6.2 betätigt wird. In der Einzelsequenz V beginnt ein neuer Zyklus unter Einkapselung des Förderraumes 19'.

[0027] Aus Fig. 2 ist hierbei ersichtlich, dass die Aktorstufen A1 bis A6 äquidistant zueinander platziert sind. In Kombination mit dem kreisförmigen Aufbau der Gehäuseteile 15 und 16 und auch der Membran 18 verringern sich die Förderräume 19, 19', 20 und 20' bei der radialen Förderbewegung kontinuierlich in ihrem Volumen, da die zwischen den Aktorstufen A1 bis A6 definierten Ringvolumina zum Auslass 10 hin kontinuierlich kleiner werden. Dies hat zur Folge, dass das in dem jeweiligen Förderraum 19 bzw. 19' bzw. 20 bzw. 20' befindliche Fluid bei Förderung vom Einlass 7 zum Auslass 10 verdichtet wird.

[0028] Über die Leistungselektronik 13 müssen dabei innerhalb jeder der Aktorstufen A1 bis A6 und auch zwischen den Aktorstufen A1 bis A6 schnelle Wechsel vollziehbar sein, um Druckschwankungen in den Förderräumen 19, 19', 20 und 20 bei Bewegung zum Auslass 10 möglichst gering zu halten.

[0029] Aus Fig. 4 geht eine alternative Ausgestaltungsmöglichkeit eines Pumpmoduls 4' hervor, welches anstelle der Pumpmodule 4 bis 6 bei der Verdrängerpumpe in Fig. 1 Anwendung finden kann. Im Unterschied zu dem Pumpenmodul 4 aus Fig. 2 ist eine Membran 21 dabei durch ein magnetorheologisches Elastomermaterial gebildet, wobei dieses magnetorheologische Elastomermaterial aus einem Elastomer mit darin eingebrachten nanoskaligen Partikeln besteht. In einem Magnetfeld wirkt auf diese Partikel dabei eine Kraft, wodurch wiederum die gewünschte, abschnittsweise Auslenkung der Membran 21 zur Darstellung einer, analog zu der in Fig. 3 beschriebenen Förderbewegung, darstellbar ist. Ansonsten entspricht das in Fig. 4 dargestellte Pumpenmodul 4' dem Pumpenmodul 4 aus Fig. 2.

[0030] Des Weiteren geht aus der Fig. 5 eine weitere, alternative Ausgestaltungsmöglichkeit eines Pumpenmoduls 4'' hervor, welches ebenfalls anstelle der Pumpmodule 4 bis 6 bei der Verdrängerpumpe aus Fig. 1 Anwendung finden kann. Im Unterschied zu der Ausgestaltung nach Fig. 2 sind die Aktorstufen A1 bis A6 hierbei durch paarweise zusammengefasste und sich gegenüberliegende Elektroden E1.1 bis E6.2 gebildet. Diese Elektroden E1.1 bis E6.2 können wiederum einzeln über die Leistungselektronik 13 angesteuert werden, um eine peristaltische Förderbewegung darzustellen. Um bei einem, durch die einzelnen Elektroden E1.1 bis E6.2 hervorgerufenen elektrischen Feld eine abschnittsweise Auslenkung einer Membran 22 hervorzurufen, ist diese vorliegend aus einem elektrorheologischen Elastomermaterial gebildet, welches aus einem Elastomer mit darin eingebrachten, nanoskaligen Partikeln besteht. Unter Einwirkung eines elektrischen Feldes wirkt dabei auf diese Partikel eine Kraft, wodurch wiederum die abschnittsweise Auslenkung der Membran 22 hervorgerufen wer-

den kann. Ansonsten entspricht die Ausgestaltung des Pumpenmoduls 4" in Fig. 5 wiederum der Variante eines Pumpenmoduls 4 aus Fig. 2.

[0031] Schließlich ist noch in Fig. 6 eine schematische Ansicht einer Verdrängerpumpe gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Im Unterschied zu der Variante aus Fig. 1 sind die Pumpenmodule 4 bis 6 hierbei nicht in einer Parallelschaltung angeordnet, sondern nach Art einer Serienschaltung in Flussrichtung hintereinanderliegend platziert. Zu diesem Zweck ist der Einlass 7 des Pumpenmoduls 4 mit der Einlassseite 2 der Verdrängerpumpe verbunden, während dessen Auslass 10 mit dem Einlass 8 des Pumpenmoduls 5 gekoppelt ist. Der Auslass 11 des Pumpenmoduls 5 wiederum steht mit dem Einlass 9 des Pumpenmoduls 6 in Verbindung, dessen Auslass 12 mit der Auslassseite 3 der Verdrängerpumpe gekoppelt ist. Hierbei ist der jeweilige Auslass 10 bzw. 11 bzw. 12 nur an einer Oberseite des jeweiligen Pumpenmoduls 4 bzw. 5 bzw. 6 vorzusehen, d.h. nur der jeweils oberliegende Gehäuseteil 15 zentrisch mit einer axial verlaufenden Durchgangsbohrung zu durchsetzen. Im Übrigen entspricht die Ausgestaltung der Verdrängerpumpe aus Fig. 6 aber der Variante nach Fig. 1.

[0032] Mittels der einzelnen Ausgestaltungen von Pumpenmodulen 4 bis 6 bzw. 4' bzw. 4" ist eine Förderung eines Mediums bei einfachem Aufbau und gleichzeitig zuverlässiger Funktionsweise möglich. Dabei lassen sich diese Pumpenmodule in beliebiger Weise zur Ausgestaltung einer Verdrängerpumpe zusammenschalten. Hierbei kommt insbesondere eine Anwendung im Bereich einer Vorpumpe oder Vorpumpenstufe einer Turbomolekularpumpe in Betracht.

Bezugszeichenliste

[0033]

1	Pumpengehäuse
2	Einlassseite
3	Auslassseite
4, 4', 4"	Pumpenmodul
5	Pumpenmodul
6	Pumpenmodul
7	Einlass
8	Einlass
9	Einlass
10	Auslass

11	Auslass
12	Auslass
13	Leistungselektronik
14	Gehäuse
15	Gehäuseteil
16	Gehäuseteil
17	Strömungskanal
18	Membran
19, 19'	Förderraum
20, 20'	Förderraum
21	Membran
22	Membran
A1 bis A6	Aktorstufen
B1 bis B6	Blechringe
M1.1 bis M6.2	Magnetspulen
E1.1 bis E6.2	Elektroden

Patentansprüche

1. Pumpenmodul (4, 5, 6; 4'; 4") mit einem, mindestens einen Strömungskanal (17) begrenzenden Gehäuse (14), wobei der mindestens eine Strömungskanal (17) mindestens einen Einlass (7, 8, 9) mit zumindest einem Auslass (10, 11, 12) verbindet und je eine in Strömungsrichtung orientiert liegende Pumpvorrichtung aufnimmt, die über einzeln ansteuerbare Aktoren abschnittsweise auslenkbar ist, und wobei ein zu förderndes Medium innerhalb mindestens eines Förderraumes (20, 21) einschließbar ist, welcher durch sequentielle Ansteuerung der Aktoren zwischen Abschnitten der Pumpvorrichtung und je zugeordneten Umfangsabschnitten des mindestens einen Strömungskanals (17) kapselbar und im Zuge einer Förderbewegung zwischen dem mindestens einen Einlass (7, 8, 9) und dem zumindest einen Auslass (10, 11, 12) bewegbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoren vom Gehäuse (14) aufgenommen sind und dass dabei jeweils beidseitig des Strömungskanals einander gegenüberliegende Aktoren Aktorstufen (A1 bis A6) bilden, welche in Strömungsrichtung aufeinanderfolgend angeordnet sind, wobei die Pumpvorrichtung als elastische

- Membran (18; 21; 22) ausgeführt ist, welche durch Ansteuerung je eines Aktors der einzelnen Aktorstufen (A1 bis A6) mit je einem zugeordneten Abschnitt an je einen zugehörigen Umfangsabschnitt des mindestens einen Strömungskanals (17) anlegbar ist. 5
2. Pumpenmodul (4, 5, 6; 4') nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoren durch Magnetspulen (M1.1 bis M6.2) gebildet sind. 10
3. Pumpenmodul (4, 5, 6; 4') nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membran (18; 21) aus einem magnetorheologischen Elastomermaterial besteht oder aus einem Elastomermaterial gebildet ist, in welches in den, den Aktorstufen (A1 bis A6) zugeordneten Abschnitten jeweils ein ferromagnetisches Material eingebracht ist. 15
4. Pumpenmodul (4'') nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoren durch Elektroden (E1.1 bis E6.2) gebildet sind. 20
5. Pumpenmodul (4'') nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membran (22) aus einem elektrorheologischen Elastomermaterial (23) besteht. 25
6. Pumpenmodul (4, 5, 6; 4'; 4'') nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (14) aus zumindest zwei Gehäuseteilen (15, 16) besteht, dass die Gehäuseteile (15, 16) und die zwischenliegende Membran (18; 21; 22) als Scheiben mit kreisförmigen Querschnitt ausgestaltet sind, und dass der mindestens eine Einlass (7, 8, 9) radial außen vorgesehen ist und über den Strömungskanal (17) mit dem zumindest einen Auslass (10, 11, 12) in Verbindung steht, welcher in radialer Richtung zentrisch platziert ist. 30 35
7. Pumpenmodul (4, 5, 6; 4'; 4'') nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktorstufen (A1 bis A6) in Strömungsrichtung äquidistant oder mit unterschiedlichen Abständen zueinander platziert sind. 40 45
8. Verdrängerpumpe zur Förderung eines Fluids, insbesondere Vakuumpumpe, umfassend mindestens ein Pumpenmodul (4, 5, 6; 4'; 4'') nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 50
9. Verdrängerpumpe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Pumpengehäuse (1) mehrere Pumpenmodule (4, 5, 6) in einer Serien- und/oder Parallelschaltung angeordnet sind. 55
10. Verdrängerpumpe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoren des mindestens einen Pumpenmoduls (4, 5, 6; 4'; 4'') über eine Leitungselektronik (13) steuerbar sind.
11. Verfahren zur Erzeugung eines Grob- oder Feinvakuums in einem Rezipienten, wobei zur Erzeugung des Grob- oder Feinvakuums eine als Vakuumpumpe ausgeführte Verdrängerpumpe nach einem der Ansprüche 8 bis 10 eingesetzt wird.
12. Verwendung einer Verdrängerpumpe nach Anspruch 8 als Vakuumpumpe und hierbei als Vorpumpe einer Hoch- und/oder Ultrahochvakuumpumpe, insbesondere einer Turbomolekularpumpe.

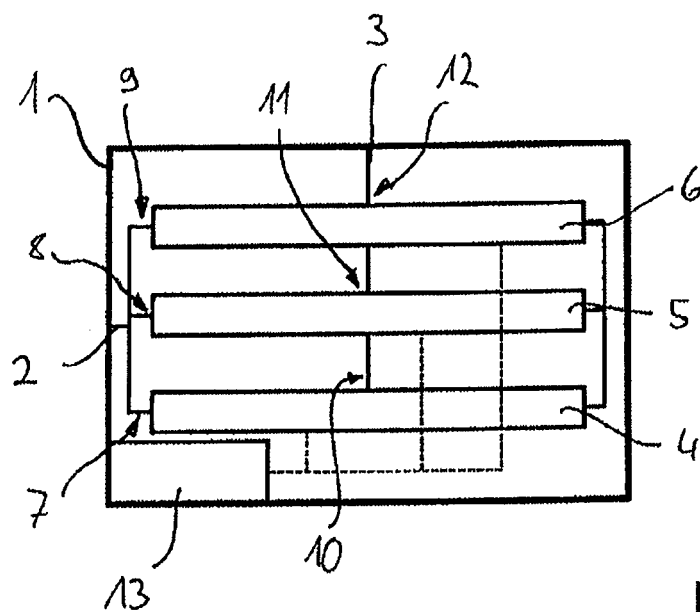


Fig. 1

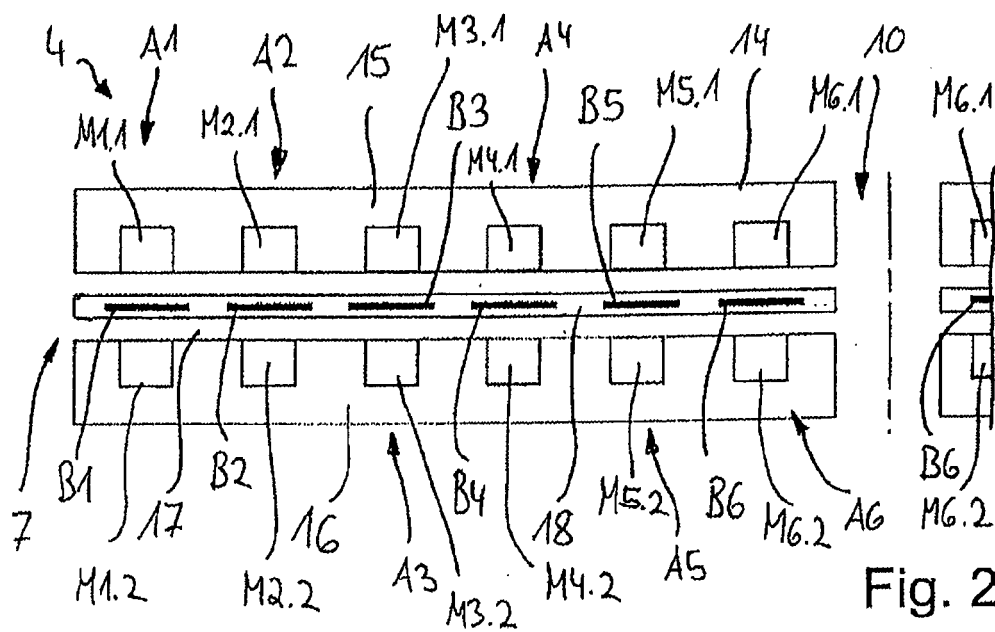


Fig. 2

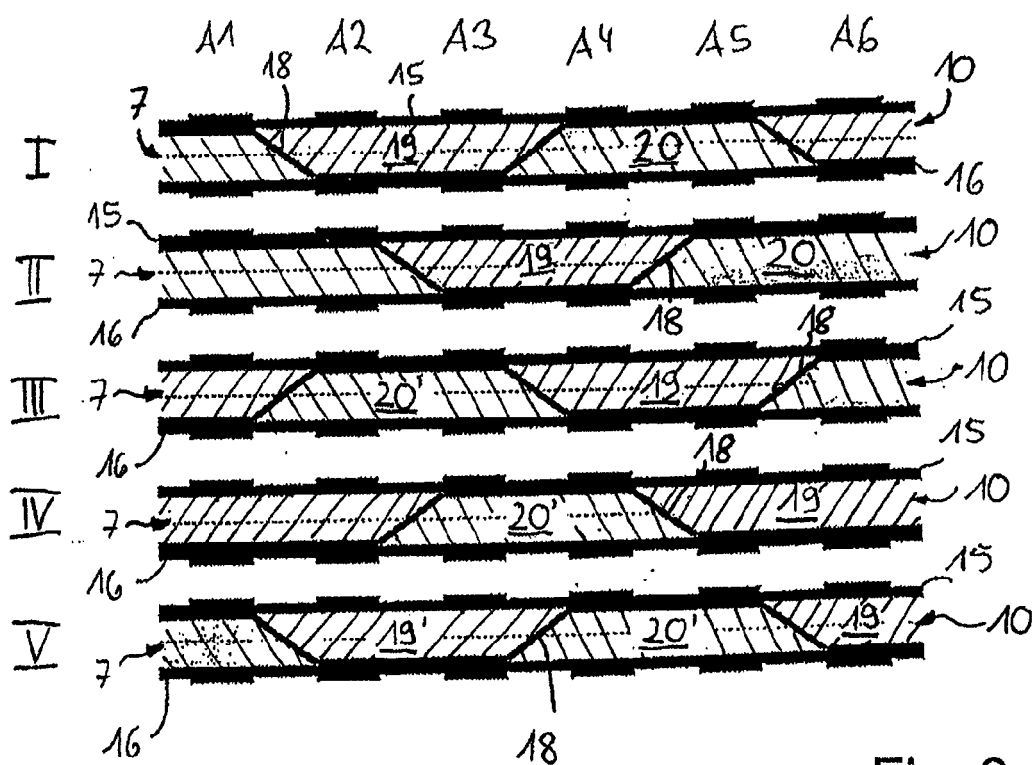


Fig. 3

4'

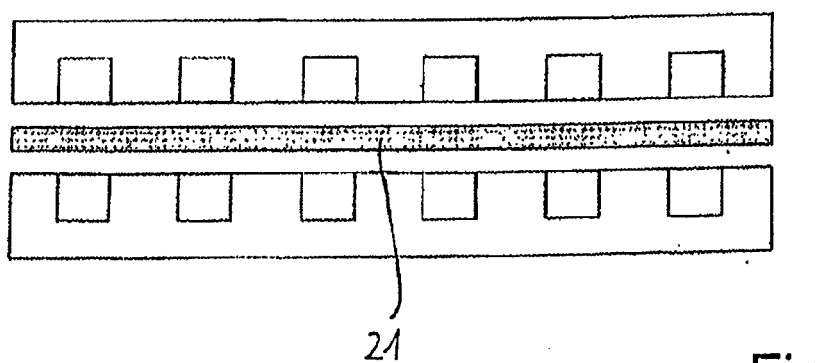


Fig. 4

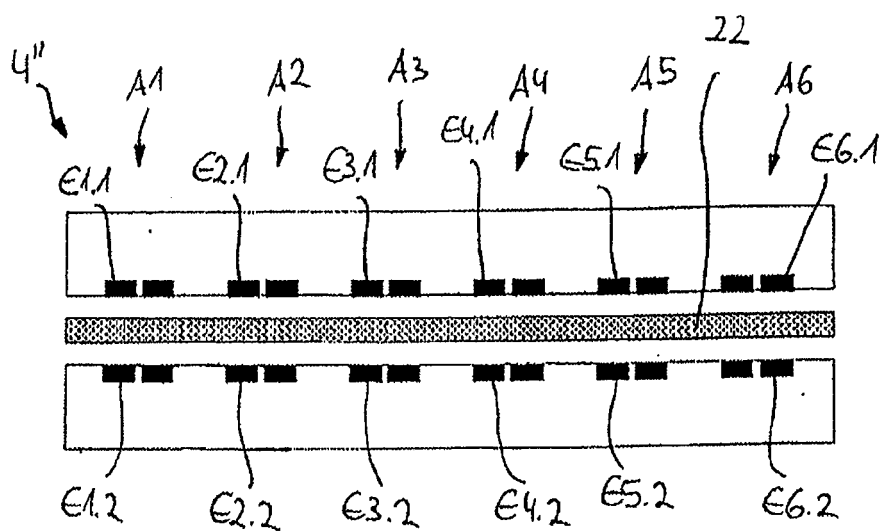


Fig. 5

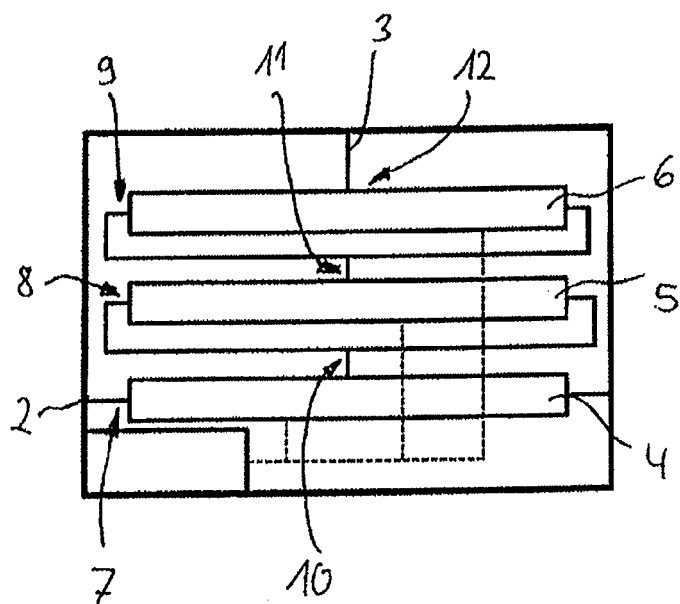


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 00 2743

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 6 007 309 A (HARTLEY FRANK T [US]) 28. Dezember 1999 (1999-12-28)	1,4,7-9, 11,12	INV. F04B43/04
Y	* Spalte 3, Zeile 1 - Spalte 7, Zeile 57 * -----	5-7,10	F04B43/12 F04B43/14
X	JP S60 13994 A (HOSHI KAETSU) 24. Januar 1985 (1985-01-24) * Zusammenfassung *	1-3	
Y	DE 197 25 685 A1 (SCHENCK AG CARL [DE]; BAYER AG [DE] FLUDICON GMBH [DE]) 24. Dezember 1998 (1998-12-24) * Zusammenfassung *	5	
Y	DE 199 22 612 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 7. Dezember 2000 (2000-12-07) * Zusammenfassung *	6,7	
Y	EP 1 258 637 A1 (RESCH LUDWIG [DE]) 20. November 2002 (2002-11-20) * Zusammenfassung *	10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 24. September 2013	Prüfer Fistas, Nikolaos
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 00 2743

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-09-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6007309	A	28-12-1999	EP 0779436 A2	18-06-1997
			US 5705018 A	06-01-1998
			US 6007309 A	28-12-1999

JP S6013994	A	24-01-1985	KEINE	

DE 19725685	A1	24-12-1998	KEINE	

DE 19922612	A1	07-12-2000	KEINE	

EP 1258637	A1	20-11-2002	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- JP 3081585 A [0003] [0009]