



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 45 694 A1** 2005.04.21

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 45 694.5**

(22) Anmeldetag: **01.10.2003**

(43) Offenlegungstag: **21.04.2005**

(51) Int Cl.7: **F04B 43/12**

(71) Anmelder:

**Korfmacher, Georg, 81929 München, DE**

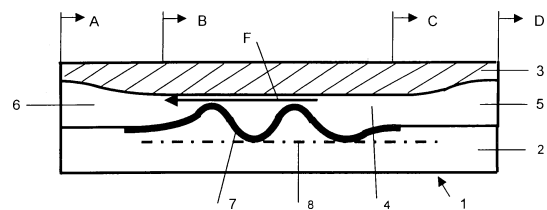
(72) Erfinder:

**Antrag auf Nichtnennung**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Fördern von Medien**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Fördern von Medien, bei dem das zu fördernde Medium durch einen Förderraum mit mindestens einem als flexibel verformbare Membran ausgebildeten Wandelement geführt wird, wobei man in der Membran eine stetig in eine Richtung fortgesetzte vorzugsweise harmonische Wellenbewegung erzeugt, die im Medium eine Strömung in Richtung der fortgesetzten Wellenbewegung erzwingt, sowie Vorrichtung zu seiner Durchführung.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Fördern von Medien, umfassend einen Förderraum mit Ein- und Ausgang, ein den Förderraum mindestens teilweise begrenzendes Wandelement aus einem elastisch verformbaren Material, das fortgesetzt wellenförmige Bewegungen ausführen kann, und einem Antrieb für die Erzeugung der wellenförmigen Bewegungen des elastisch verformbaren Wandelementes.

### Stand der Technik

**[0002]** Pumpen dieser Art sind vielfältig bekannt, wobei insbesondere Membranpumpen, sog. Pendelkolben-Membranpumpen, Fingerpumpen und Schlauchpumpen zur erwähnen sind.

**[0003]** In der DE 637586 C ist eine Vorrichtung zum Fördern von Medien der eingangs genannten Art beschrieben, bei der ein auf das elastisch nachgiebige Wandteil einwirkende Antrieb eine Exzenterwelle mit einer Vielzahl von rahmenförmigen Druckkörpern aufweist. Diese liegen permanent an Membranen an, die mit einem rohrförmigen Gehäuse Pumpräume bilden. In diesen wird das Medium durch die wellenförmige Bewegung der Membranen vom Eingang zum Ausgang gepresst, also unter hohem Druck gefördert. Dies ist nur möglich, weil die Membranen mit den ihnen gegenüberliegenden Gehäusewänden Druckberührung haben. Durch die Anordnung und Abfolge der Bewegungen der Druckkörper ergibt sich in den Membranen eine mehr oder weniger gestufter Oberflächenverlauf, der nur durch die Biegefestigkeit der relativ starken Gummimembran ausgeglichen werden kann. Die Vielzahl der Druckkörper bedeutet ferner eine hohe oszillierende Masse und einen sehr flachen Wellenverlauf in den Membranen. Es ist daher bei dieser Pumpenform nicht möglich, Wellen mit kurzen Perioden und grösseren Amplituden zu erzielen.

**[0004]** Eine besondere Art von Membranpumpe ist in der DE 10146190 mit einem Exzenterantrieb beschrieben, in der ähnlich wie in DE 637586 ein Medium durch eine wellenförmige Bewegung einer elastisch verformbaren Wand gefördert wird. Das besondere Merkmal dieser elastisch verformbaren Wand ist ihre Biegefestigkeit, die deutlich stärker ist als die von heute auf dem Markt angebotenen Membranmaterial z.B. aus einem Verbundkörper aus PTFE (Polytetrafluorethylen) und Gummi sowie der aus der DE 637586 bekannten schweren Gummimembran. Diese Biegefestigkeit macht aber ebenfalls die Ausbildung kurzer und steiler Wellen in der elastisch verformbaren Wand unmöglich. Es sind im wesentlichen nur lange flache Wellenformen möglich, die im Gegensatz zu der gestuften Verformung der Membran nach DE 637586 eine ebenmässige Verformung der

Membran ermöglichen, weil die Membran wegen ihrer Biegefestigkeit zwischen den verschiedenen Anregungspunkten nicht einbrechen kann. Daher bedarf es zur wirkungsvollen Förderung einer druckvollen Berührung zwischen der biegefesten Membran und der entsprechenden Gegenfläche des Förderraumes. Es wird zwar ohne weitere Erklärung beschrieben, dass diese bekannte Pumpe auch ohne Berührung der Gegenfläche arbeiten kann, jedoch ist dann ein drastischer Abfall der Förderleistung aufgrund der flachen Wellenbewegung nicht zu vermeiden. Insbesondere bei empfindlichen Flüssigkeiten ist es ferner wegen der biegefesten Membran, bei entsprechend kleiner Wellenamplitude und erhöhter Frequenz möglich, dass in der Flüssigkeit schwebende Teilchen verwirbelt, gedehnt und/oder zerrissen werden. Ferner besteht auch bei dieser Pumpe ähnlich der DE 637586 das Problem der oszillierenden Massen, weil auch hier die Membranen z.B. durch rahmenförmige Druckkörper bewegt werden.

**[0005]** Bei diesen beiden Membranpumpen besteht das Fördern also im wesentlichen darin, dass während des Fördervorganges ein abgegrenztes Wellental der Membran vom Einlass zum Auslass hin gepresst wird. Beide Vorveröffentlichungen lehren entweder das Durchpressen (DE 637586) oder Durchpeitschen (DE 10146190) von „Wellentaschen“.

**[0006]** Membranpumpen sind auch als sog. Pleuelpumpen z.B. aus der DE 19919908 bekannt. Hier wird durch einen Pleuelantrieb in einer im allgemeinen tellerförmigen Membran ein wellenartiges Bewegungsmuster erzeugt. Die Membran ist dabei in ihrem zentralen Teil sehr biegefest, während sie entlang ihres Umfanges verformt werden kann. Das in der Membran durch den Pleuelantrieb mit einer Kombination von vertikaler Hub- und exzenterbedingter Kippbewegung erzeugte Bewegungsmuster ist dabei eine sehr komplexe, erzwungene Wellenform mit darüber hinaus sehr heterogenen Druck- und Strömungsverläufen in dem zwischen der Membran und dem Gehäusedeckel gebildeten Förderraum. Es ist insbesondere nicht möglich, in der Membran gleichmässige Wellen zu erzeugen.

**[0007]** Bei dieser bekannten Pumpe, wie auch bei der Mehrzahl der bekannten Membranpumpen, besteht ferner ein grosser Nachteil insbesondere für empfindliche Medien darin, dass die Membran asymptotisch in dem Pumpengehäuse eingespannt ist. Dadurch können sich in dem Medium in Schwebung befindliche Teilchen an den asymptotischen Einspannstellen verfangen, verklumpen und/oder zerquetscht werden, während sich die eher biegesteife Membran zur Förderung des Mediums wellenförmig bewegt.

**[0008]** Bei Schlauchpumpen (Roller Pumpen) wird das Pumpen dadurch bewirkt, dass der Querschnitt

eines in einer Formrinne geführten, elastisch verformbaren Schlauches durch Andruckrollen stark verringert bis gequetscht wird, wobei die Quetschstelle über eine gewisse Strecke der Schlauchlänge durch ein Wandern der Andruckrollen läuft. Durch den Andruck der Rollen kommt es dabei zu einer ausgeprägten froschmaulartigen Verformung des runden Schlauchquerschnittes mit damit einhergehenden Quetschbelastungen des Mediums und der darin in Schwebung befindlichen Teilchen. Auch hier kommt es zu einem Widerspruch zwischen Pumpleistung und Schonung des Mediums. Bei guter bis hoher Pumpleistung ist die unerwünschte Quetschung des Mediums sehr hoch, bei schonender Pumpleistung mit nicht ganz gequetschtem Froschmaul ist die Förderleistung der Pumpe mangelhaft bei entsprechend hohen Energieverlusten.

**[0009]** Ähnlich den Schlauchpumpen wird bei sog. Fingerpumpen ebenfalls ein elastisch verformbarer Schlauch in Längsrichtung durch nacheinander auf den Schlauch einwirkende Stössel (Finger) beaufschlagt, so dass es zu einander nachlaufenden froschmaulartigen Querschnittsveränderungen im gesamten Schlauch kommt.

**[0010]** Bei Fingerpumpen nach dem Stand der Technik, wird im Gegensatz zur Erfindung stets der gesamte Förderraumquerschnitt verändert. Dadurch kommt es im gesamten Schlauchkörper zu erheblichen Walkbewegungen mit entsprechenden Materialermüdungen und nicht immer kontrollierbaren Verformungen. Ferner kommt es an den Stellen, an denen die Rolle bzw. die Finger auf den Schlauch auftreffen zu schlagartigen Querschnittsveränderungen mit zwangsweisen Quetschungen des Mediums, die bis zur Zerstörung der typischen Konsistenz des Mediums führen können. Bei diesen Pumpen spricht man allgemein von sog. Peristaltik-Pumpen. Dieser Begriff ist jedoch insofern irreführend, als es sich nicht um eine wandernde, ringförmige Einschnürung eines Schlauches handelt, sondern vielmehr um eine Quetschung ähnlich dem Ausstreifen eines Darmes.

**[0011]** Bei Pumpen mit biegesteifen Membranen, seien es nun Pleuel-Pendelpumpen oder durch Exzenterwellen angetriebene Membranpumpen, verhindert die Biegesteifigkeit die Ausbildung einer harmonischen Schwingung mit möglichst kurzer Periode und mit dem für die Erzeugung einer wirkungsvollen Strömung notwendigen Bewegungsmuster. Hinzu kommt, dass auch diese Pumpen ihren besten Wirkungsgrad nur bei Berührung der Wellenberge mit der gegenüberliegenden Kammerwand aufweisen. Dadurch kommt es ebenfalls zu unerwünschten Quetschungen des Mediums an den Berührungsstellen von Wellenbergen und Kammerwand.

## Aufgabenstellung

**[0012]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Pumpe zu dessen Durchführung vorzuschlagen, bei der die Förderung des Mediums durch die Erzeugung einer im wesentlichen gleichmässigen, laminaren Rohrströmung bewirkt wird, so dass ein medienspezifisches, im wesentlichen verwirbelungsfreies und somit schonendes Pumpen ermöglicht wird, wobei Verklumpungen und/oder Zerstörung der im Medium in Schwebung befindlichen Teilchen weitgehend vermieden werden. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, in der Membran Wellenbewegungen mit möglichst kurzer Wellenlänge und gleichzeitig hoher Amplitude zu erzeugen.

**[0013]** Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung bei Pumpen der eingangs genannten Art vor, dass man in der mindestens einen Teil der Förderraumwand bildenden Membran eine stetig in Förderrichtung fortschreitende und im wesentlichen harmonische Wellenbewegung erzeugt, die im Medium eine Strömung in Richtung der fortschreitenden Wellenbewegung in der Membran erzwingt. Vorzugsweise handelt es sich dabei um fortschreitende Wellen, die sich über nahezu die gesamte Breite des Förderraumes erstrecken.

**[0014]** In besonders vorteilhafter Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Strömungsquerschnitt in Förderrichtung an jedem Punkt des Förderweges innerhalb der erfindungsgemässen Vorrichtung im wesentlichen gleich gross ist, aber abschnittsweise übergangslos veränderbar ist. Dadurch wird eine Verwirbelung bzw. abrupte Umlenkung des Mediums beim Durchgang durch den Förderraum vermieden.

**[0015]** Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die elastisch verformbare Membran einen Wellenformen zulassenden Stützkörper auf. Dabei ist der Stützkörper vorzugsweise ein dauerelastisch verformbarer Schaumkörper, so dass in der Membran übergangslose Formveränderungen während der Wellenbewegung möglich sind.

## Ausführungsbeispiel

**[0016]** Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen. In diesen Zeichnungen ist:

**[0017]** Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Wellenbildung in einer Pumpe gemäss der Erfindung;

**[0018]** Fig. 2 eine schematische Längsschnittansicht einer Pumpe gemäss der Erfindung;

**[0019]** Fig. 3 schematische Querschnittsansichten

möglicher Ausführungsformen einer Pumpe gemäss der Erfindung;

**[0020]** Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Pumpe gemäss der Erfindung in einer anderen Ausführungsform;

**[0021]** Fig. 5 schematisch eine Längsschnittansicht einer Pumpe gemäss der Erfindung in Boxer-Ausführung;

**[0022]** Fig. 6 einen Querschnitt durch eine Membran gemäss der Erfindung bei einer Ausführung der Pumpe nach Fig. 5.

**[0023]** Fig. 7 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemässe Pumpe mit drei prismatisch angeordneten Förderräumen und einem zentralen, gemeinsamen Antrieb für alle Membranen.

**[0024]** Fig. 8 mögliche Wellenmuster gemäss der Erfindung, insbesondere in Verbindung mit Ausführungsformen nach Fig. 3 (3b und 3c)

**[0025]** Wie in Fig. 1 schematisch dargestellt, wird in mindestens einem Teil des die Förderraumwandung bildenden Wandabschnittes eines Förderraumes eine sich fortsetzende natürliche bzw. im wesentlichen harmonische Wellenform gebildet, die durch einen entsprechenden Antrieb stetig oder pulsierend in eine Richtung wandert. Durch diese stetig sich fortsetzenden Wellenbewegungen wird das Medium in Richtung der Wellenbewegung mitgeführt, so dass sich eine Strömung zwischen dem Eingang und Ausgang der Vorrichtung bildet. Die gewünschte Wellenform wird bestimmt durch die Anzahl und Anordnung der Anreger, die für den dargestellten Fall z.B. fünf Exzenter 1., 2., 3., 4. und 1'. für eine vollständige Welle sind. Anzahl und An der Anregungen sind beliebig. Exzenterwellen sind ebenso möglich wie Anregung durch Magnete, Piezofasern, Riesen-Magnet-Widerstand u.ä. Entscheidend ist, dass die oszillierende Masse der Anregungsvorrichtung möglichst klein gehalten wird.

**[0026]** Fig. 2 zeigt schematisch im Teil-Längsschnitt eine erfindungsgemässe Vorrichtung. In der Vorrichtung 1 ist zwischen einem Bodenteil 2 und einem Deckel 3 ein Förderraum 4 mit einem Eingang 5 und einem Ausgang 6 ausgebildet. Mindestens ein Abschnitt der den Förderraum begrenzenden Wandung ist als elastisch verformbares Wandteil ausgebildet. Erfindungsgemäss ist im Bodenteil 2 als elastisch verformbares Wandteil eine Membran 7 angeordnet, in der durch einen hier nur schematisch angedeuteten Exzenterwellenantrieb 8 eine fortgesetzt fortschreitende Wellenbewegung in Richtung des Pfeiles F erzeugt wird. Die Membran 7 ist in diesem Ausführungsbeispiel in der Ebene der x-Achse (Fig. 1) in der Wandung angeordnet und wird von auf der Welle 8

angeordneten Exzentern zur Ausformung der sich stetig in Richtung des Pfeiles F fortsetzenden Welle beaufschlagt. Die Wirkverbindung zwischen den Exzentern und der Membran kann einen an der Membran vorteilhaft gelenkig angeordneten Pleuelring oder -greifer aufweisen, der den zugeordneten Exzenter gleitend umfasst. Dabei ist zwischen dem Pleuelring und dem Exzenter vorzugsweise ein Gleitlager (Kugel-, Nadel- oder Wälzlager) vorgesehen, so dass eine Reibung zwischen Antrieb und Membran weitgehend vermieden wird. Zur Erzeugung der Wellen, die sich im wesentlichen über die gesamte Breite des Förderraumes ausdehnen, sind an der Antriebseite der Membran 7 in an sich bekannter Weise Rippen oder Metalleinsätze vorgesehen, welche die Membran in Richtung quer zur Wellenbewegung linienförmig stützen.

**[0027]** Für eine gleichmässige Strömung kann es insbesondere bei empfindlichen Flüssigkeiten (Obstsaft, Blut, Milch etc.) vorteilhaft sein, wenn der Förderraum 4 von seinem Eingang 5 bis zu seinem Ausgang 6 einen im wesentlichen gleich bleibenden Querschnitt aufweist. So kann der Querschnitt im Bereich der Schnittebenen A und D (Fig. 2) z.B. kreisförmig sein, während er im aktiven Bereich des Förderraumes 4 zwischen den Schnittebenen B und C elliptisch oder rennbahnförmig (mit zwei Geraden und zwei Kurven) ausgebildet ist. Dabei gehen die verschiedenen Querschnittsformen übergangslos ineinander über. Auf diese Weise und in Verbindung mit einer entsprechenden Wellenform werden turbulente Strömungen im Förderraum vermieden. Es ist erfindungsgemäss ebenfalls möglich, dass die Membran 7 auch im Deckel 3 der Vorrichtung 1 angeordnet ist, während die glatte Wand des Förderraumes 4 unten liegt.

**[0028]** Für schonendes Pumpen wird das am Eingang 5 angelieferte Medium zunächst in einem Wellental angesaugt, wobei der vorlaufende Wellenberg den Strömungsquerschnitt verengt. Mit der in Richtung des Pfeiles F fortschreitenden Welle wird das Medium dann mitgenommen, während oberhalb der Membran eine im wesentlichen laminare Rohrströmung erzwungen wird. Dabei ist es vorteilhaft, wenn mehrere Wellen hintereinander laufen.

**[0029]** Zur Erhöhung der Förderkapazität kann die erfindungsgemässe Vorrichtung auch als Doppelkammer-Pumpe ausgebildet sein, wie schematisch im Querschnitt in 3a in Fig. 3 dargestellt. Diese Ausführungsform der Erfindung hat den Vorteil, dass sie eine minimale Anzahl von Bauteilen aufweist und somit besonders zur Miniaturisierung geeignet ist. Hier ist das Pumpengehäuse aus zwei Halbschalen 9 und 10 gebildet, zwischen denen die Membran 7 eingespannt ist. Die so gebildeten Förderräume 11 und 12 haben dabei einen gemeinsamen Eingang und Ausgang. Die Membran ist hier wie ein Segel aufge-

spannt. Für die Anregung ihrer Wellenbewegung weist die Membran bei dieser Ausführungsform vorzugsweise eingelagerte Magnete oder Piezofasern auf, die in an sich bekannter Weise angeregt werden, um in der Membran Verformungen zur Ausbildung einer Wellenbewegungen zu erzeugen. Die beiden aktiven Förderräume **11** und **12** mit ihrem gemeinsamen Eingang und Ausgang haben dabei einen Gesamtquerschnitt der im wesentlichen gleichbleibend gross ist, wie in Verbindung mit **Fig. 2** beschrieben.

**[0030]** Wie in 3b in **Fig. 3** schematisch dargestellt, können in einem Förderraum auch zwei sich gegenüberliegende Wandabschnitte je eine Membran aufweisen. Die in den Membranen durch geeignete Antriebe **13** erzeugten fortschreitenden Wellen können dabei in Phase oder phasenversetzt laufen, je nach der An der Strömung, die man im Förderraum erzeugen will. Dabei kann die Pumpe liegend und stehend arbeiten. Bei besonders breiter Förderkammer können auch mehrere Antrieber vorgesehen sein. Bei einer solchen Ausführungsform mit zwei oder auch mit einer Membran kann die erfindungsgemässe Vorrichtung auch zum Abschöpfen teilchenbelasteter Oberflächenschichten von Flüssigkeiten eingesetzt werden.

**[0031]** Wie in 3c gezeigt, können Membranen auch im Dreieck angeordnet sein und einen prismatischen Förderraum bilden. Ebenso sind rechteckige oder polygonale Förderraumquerschnitte möglich, entsprechend jeweils der Anzahl der in der Förderraumwand vorgesehenen Membranen. Solche polygonal angeordneten Membranen erlauben das Pumpen grossen Flüssigkeitsmengen sowie von Flüssigkeiten mit starken Verunreinigungen, wobei im Förderraumzentrum stets eine kontinuierliche Strömung aufrechterhalten wird.

**[0032]** In der Membran **7, 14** bzw. den Membranen **15, 16, 17, 18, 19** werden erfindungsgemäss durch den Exzenterantrieb **8** bzw. **13** oder durch Magnet- bzw. Piezoelemente mindestens eine vollständige, vorzugsweise harmonische Schwingung mit möglichst kurzer Periode erzeugt. Die Wellenkämme werden dabei vorzugsweise bis zu ihrem Grenzwert ausgeformt. Beim Pumpen empfindlicher Medien berühren sie nicht oder kommen nur in die Nähe der der Membran gegenüberliegende Förderkammerwand oder Membran, sondern belassen vielmehr einen Spalt, der ein freies Durchtreten der zu fördernden Flüssigkeit erlaubt. Beim Fördern unempfindlicher Medien kann die Membran auch zu solchen Bewegungsmustern ausgeformt werden, dass die Wellenberge Kontakt mit der jeweils gegenüberliegenden Förderraumwandung oder Welle haben.

**[0033]** So ist es z.B. bei der in 3b in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsform gemäss der Erfindung möglich, dass die Bewegungsmuster in den sich gegenüber-

liegenden Membranen derart in Phase laufen, dass die Wellenberge sich berühren und mit sich aneinander abwälzendem Kontakt in Förderrichtung laufen. Ein solches Wellenbild ergibt sich aus der Spiegelung der in **Fig. 1** dargestellten Welle an der durch die Punkte **4**. aufgespannten Achse. Bei einem Bewegungsmuster der Membran mit Kontakt der Wellenberge können auch kräftige Strömungen im Förderraum erzeugt werden, ohne das Medium wesentlich zu verwirbeln oder unter Druck zu setzen.

**[0034]** Durch das Bewegungsmuster der vorzugsweise harmonischen Welle in der Membran **7, 14, 15, 16, 17, 18, 19** wird in dem Förderraum **4, 11, 12, 20, 21** eine Strömung erzeugt, welche die zu fördernde Flüssigkeit in Richtung der sich fortsetzenden Welle mitnimmt, also eine gerichtete Strömung erzeugt. Die Phasen der harmonischen Schwingungen und deren Bewegungsmuster sind so abzustimmen, dass im Förderraum vorzugsweise eine gleichmässige Strömung erzeugt wird. Wie beispielhaft später in Verbindung mit **Fig. 8** näher erläutert.

**[0035]** In **Fig. 4** ist schematisch im Querschnitt eine erfindungsgemässe Pumpe gezeigt. Zwischen dem Boden **22** und dem Deckel **23** eines Gehäuses ist eine Förderraum **24** mit der schon oben beschriebenen Querschnittsform ausgestaltet. Dieser wird durch eine zwischen Boden **22** und Deckel **23** eingespannte Membran **25** begrenzt. Zur Anregung des Wellenmusters in der Membran **25** ist im Boden **22** eine Welle **26** mit Exzentern **27** drehbar gelagert. Die Exzenter **27** verformen die Membran **25** in der strichpunktierter Weise, so dass eine Mehrzahl von z.B. jeweils um 90° versetzten Exzentern bei einer Drehung der Welle **26** das in **Fig. 1** dargestellte, fortschreitende Wellenmuster erzeugen.

**[0036]** Beim Pumpen von empfindlichen Medien ist gemäss der Erfindung vorgesehen, dass der Übergang zwischen der Membran und dem Gehäuse an der Einspannstelle der Membran nahezu übergangslos mit einem solchen Winkel verläuft, dass an der Einspannstelle keine Quetschung oder Verfangen des Mediums möglich ist.

**[0037]** In **Fig. 5** ist eine mögliche Ausführungsform der Erfindung in einer Boxeranordnung dargestellt, und zwar mit dem Vorteil, dass ein Antrieb über zwei Membranen **28** und **29** auf zwei Förderräume **30, 31** von im wesentlichen ähnlicher Ausgestaltung wie oben beschriebener einwirkt. In diesem Fall wird die vorzugsweise harmonische Welle durch einen Exzenterantrieb erzeugt, dessen Welle **32** eine Vielzahl von Exzentern **33** trägt. Bei einer Drehung der Welle **32** entsteht dann in den Membranen das gewünschte, wellenförmige Bewegungsmuster. Die beiden einzelnen Membranen **28, 29** stehen dabei mit den Exzentern **33** in oben beschriebener Weise in Wirkverbindung.

**[0038]** In **Fig. 6** ist eine besondere Ausführungsform einer Membran **34** gemäss der Erfindung schematisch im Querschnitt insbesondere für einen Boxerantrieb dargestellt. Die Membran **34** weist hier eine obere Membranhaut **35** und eine untere Membranhaut **36** aus elastischem Material auf. Zwischen den Membranhäuten **35** und **36** ist eine im wesentlichen zylindrische Lagerkammer **37** zur Aufnahme der Exzenterwelle **32, 33** ausgebildet sowie ein die Lagerkammer **37** mindestens teilweise umgebende Kammer **38**, die mit einem dauerelastischen Schaummaterial wie Latex oder Neopren ausgefüllt ist. Zur Einspannung im Gehäuse weist die Membran **34** entlang ihrem Umfang Verlängerungen **39** auf, in denen in an sich bekannter Weise ein Wellenprofil **40** ausgebildet ist. Dieses Profil verhindert Walkverluste bei einer Bewegung der Membran. Bei einer einfachen Membran ist es auch möglich, dass die im Sinne der **Fig. 6** unteren Verlängerungen **39** in Wegfall kommen und die Kammer **38** eine andere, geeignete Querschnittsform aufweist.

**[0039]** Bei dieser erfindungsgemässen Ausgestaltung der Membran **34** entsteht ein in sich flexibel verformbarer Membrankörper. Wird in diesen Membrankörper die Exzenterwelle **32, 33** eingeschoben, verformt sich der Membrankörper entsprechend dem Muster der Exzenterwelle um diese herum. Dabei ist durch die Membranhäute **35, 36** und den Schaumkörper dafür gesorgt, dass sich eine glatte Wellenform ohne Unstetigkeitsstellen ausbildet. Dadurch ist es z.B. möglich, bei gleichem Membrankörper durch Auswechseln der Exzenterwelle verschiedene Wellenformen zu erzeugen.

**[0040]** Eine solche Ausführungsform als Boxer kann gemäss der Erfindung auch zu einer prismatischen oder polygonalen Anordnung der Membranen erweitert werden, um die Förderkapazität der Pumpe zu erhöhen und gleichzeitig Antriebsenergie einzusparen. Eine prismatische Ausgestaltung ist schematisch in **Fig. 7** dargestellt. Hier sind um einen zentralen Antrieb **41** drei Membranen **42, 43, 44** prismatisch angeordnet. Diese Membranen bilden jeweils den Boden von Förderräumen **45, 46, 47**, die in einem z.B. dreiteiligen Gehäuse ausgebildet sind.

**[0041]** Allen Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, dass in jedem einzelnen Förderraum durch die im wesentlichen harmonische Schwingung mit dem durch den Antrieb erzeugten Bewegungsmuster eine Strömung erzeugt wird, die ein gleichmässiges, d.h. im wesentlichen wirbelfreies Fördern des Mediums erlaubt. Ausserdem ist die Pumpleistung durch Anpassung der Wellenamplitude, der Wellenfrequenz und/oder der Wellenlänge genau auf das Medium bzw., wie z.B. beim Pumpen von Blut, auf die vom Patienten individuell vorgegebene Leistung einstellbar.

**[0042]** Ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen ist es bei allen Ausführungsformen möglich, in den Förderraum einen im wesentlichen biegeschlaffen Schlauch einzulegen, der nach dem Gebrauch der Pumpe vernichtet wird. Dies sei anhand von **Fig. 2** näher erläutert. Legt man in den Förderraum **4** von seinem Eingang **5** bis zu seinem Ausgang **6** einen im wesentlichen biegeschlaffen Schlauch ein, der einen Querschnitt gleich dem Förderraum **4, 5** und **6** aufweist, erzeugt die Membran **7** durch ihre Wellenbewegung in diesem Schlauch eine Strömung. In besonderen Fällen mit hohen hygienischen Ansprüchen, kann der Schlauch dann nach Gebrauch entsorgt und ersetzt werden. In diesem Zusammenhang ist es möglich, dass im Einlauf und/oder im Auslauf der Pumpe ein Sperr- oder Rückschlagventil eingebaut ist, das einen Rückstau verhindert und/oder bei Störungen den Pumpvorgang unterbricht, und zwar mit möglicherweise gleichzeitiger Abschaltung des Antriebes.

**[0043]** In diesem Sinn kann eine Vorrichtung gemäss der Erfindung auch als aufklappbare Pumpe gestaltet werden. Dabei ist der Deckel **3** abklappbar am Bodenteil **2** angelenkt. So kann die Pumpe sehr einfach gereinigt bzw. gewartet werden. Die Membran **7** ist leicht zugänglich und biegeschlaffe Einmal-Schläuche können leicht eingelegt bzw. herausgenommen werden, während die Membran dauerhaft in der Vorrichtung verbleiben kann.

**[0044]** In **Fig. 8** ist schematisch das Zusammenwirken von in den Membranen ausgebildeten, sich fortsetzenden Wellen nach **Fig. 3b** und **3c** dargestellt. In **8a** in **Fig. 8** werden die beiden Membranen **15, 16** derart zu fortgesetzten und vorzugsweise harmonischen Wellen angeregt, dass die Wellenberge sich genau gegenüberstehen oder gar berühren. Sie haben also gleiche Amplitude und Wellenlänge und laufen in Phase. So wird zwischen der oberen Membran **15** und der unteren Membran **16** in deren Wellentälern ein Volumen **V** eingeschlossen, das in Richtung des Pfeiles gefördert wird. Dabei wälzen sich die Wellenkämme der sich gegenüberliegenden Membranen aneinander ab.

**[0045]** Bei entsprechendem Anpressdruck an den Berührungskämmen kann das Medium auch verdichtet werden, wenn der Querschnitt des Förderraumes (**4** in **Fig. 2**) sich verjüngend ausgestaltet wird. Es ist aber zum Verdichten ebenso möglich, bei gleichbleibendem Querschnitt des Förderraumes die Wellenlänge  $\lambda$  von z.B. drei aufeinander folgenden Wellen (**8c** in **Fig. 8**) von Welle zu Welle zu verkürzen ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ ). In diesem Zusammenhang ist es ebenfalls gemäss der Erfindung möglich, dass die erste Welle mit der Gegenfläche Berührung hat, während eine nachfolgende Welle mit Abstand zur Gegenfläche läuft.

## Patentansprüche

**[0046]** Es wurde schon früher dargelegt, dass erfindungsgemäss zwischen der Membran und der gegenüberliegenden Wand des Förderraumes ein Spalt verbleiben kann, um das Medium weitgehend schonend zu pumpen. Nach 8b in **Fig. 8** kann diese bei einer Ausführungsform nach 3b in **Fig. 3** zur Erhöhung des Wirkungsgrades aber auch dadurch geschehen, dass die obere Membran **15** gegenüber der unteren Membran **16** – bei gleicher Amplitude und Wellenlänge – leicht phasenversetzt zu fortschreitenden Wellen angeregt wird. Dadurch entstehen im Bereich der sich gegenüberstehenden Wellenkämme ein mehr oder weniger grosser Durchtritt, um jedes Quetschen von im Medium in Schwebung befindlichen Teilchen zu vermeiden. In 8d sind schematisch drei mögliche Varianten gemäss der Erfindung dargestellt, und zwar die Wellenbewegung einer Membran mit Abstand gegenüber einer glatten Gegenfläche, zwei Membranen mit Abstand zueinander und sich gegenüberliegenden Wellenbergen sowie zwei Membranen mit Abstand zueinander, wobei ein Wellenberg einem Wellental gegenüber liegt.

**[0047]** Zum schonenden Pumpen weist der Förderraum **20** (**Fig. 3, 3b**) in seinen Randbereichen einen ausreichend grossen Durchtritt auf, in dem im Medium in Schwebung befindliche Teilchen nicht gequetscht, beschleunigt und/oder wesentlich verwirbelt werden. Durch die Ausbildung von fortgesetzten Wellen über die gesamte Förderraumbreite wird das Mitnehmen des Mediums sowohl in diesen Randbereichen als auch in dem möglichen Spalt zwischen dem Wellenberg der Membran und der Gegenfläche begünstigt. Die in **Fig. 8** dargestellten fortgesetzten Wellen sind auch bei einer Ausführungsform nach **Fig. 3, 3c** vorstellbar, wobei insbesondere das Pumpen grossen Mengen und mit Partikeln durchsetzter Flüssigkeiten möglich ist. (Abwasser, Pulpe, Granulat)

**[0048]** So ist es erfindungsgemäss auch möglich, dass Amplitude und Periode der fortgesetzten Wellen in der oberen und unteren Membran unterschiedlich sind. Dadurch kann im Medium ein gewünschte Verwirbelung erzwungen werden. Ebenso kann die Erzeugung der fortschreitenden Wellen pulsierend oder ununterbrochen geschehen. Das ist insbesondere bei einer Anregung der Membrane(n) durch einen magnetischen oder piezo-elektrischen Antrieb möglich, der genau auf das gewünschte Pumpen oder Verdichten abgestimmt werden kann. Beim Verdichten wird man dabei auf eine an sich bekannte asymptotische Einspannung der Membran zurückgreifen.

**[0049]** Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Sie umfasst vielmehr auch andere Ausführungsformen mit gleichem Ergebnis sowie alle möglichen Kombinationen aus den gegebenen Ausführungsbeispielen.

1. Verfahren zum Fördern von Medien, insbesondere von flüssigen Medien, bei dem das zu fördernde Medium durch einen Förderraum mit mindestens einem als flexibel verformbare Membran ausgebildeten Wandelement geführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass man in der Membran (**7; 14; 15, 16; 17, 18, 19; 25; 28, 29; 34; 42, 43, 44**) eine stetig in eine Richtung fortgesetzte Wellenbewegung erzeugt, die im Medium eine Strömung (F) in Richtung der fortgesetzten Wellenbewegung der Membran erzwingt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man in der Membran (**7; 14; 15, 16; 17, 18, 19; 25; 28, 29; 34; 42, 43, 44**) sich stetig in eine Richtung fortsetzende, im wesentlichen harmonische Wellen erzeugt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass man die Wellen im wesentlichen über die gesamte Breite des Förderraumes (**4; 11,12; 20; 21; 24; 30, 31; 45, 46, 47**) erzeugt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man in der Membran (**7; 14; 15, 16; 17, 18, 19; 25; 28, 29; 34; 42, 43, 44**) eine pulsierend in eine Richtung wandernde Wellen erzeugt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man in der Membran (**7; 14; 15, 16; 17, 18, 19; 25; 28, 29; 34; 42, 43, 44**) stetig in eine Richtung wandernde Wellen mit kurzer Periode erzeugt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man in der Membran (**7; 14; 15, 16; 17, 18, 19; 25; 28, 29; 34; 42, 43, 44**) stetig in eine Richtung wandernde Wellen mit hoher Amplitude erzeugt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass man in der Membran (**7; 14; 15, 16; 17, 18, 19; 25; 28, 29; 34; 42, 43, 44**) stetig in eine Richtung wandernde Wellen mit Wellenbergen bis zum kritischen Scheitelwert erzeugt.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend einen Förderraum für das Medium mit mindestens einem Wandabschnitt, der elastisch verformbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Wandabschnitt eine Membran (**7; 14; 15, 16; 17, 18, 19; 25; 28, 29; 34; 42, 43, 44**) aus einem elastisch verformbares Material aufweist, mit dem in der Membran stetige Wellenformen insbesondere harmonischer Art erzeugbar sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Förderraum (**4; 11, 12; 20; 21; 24; 30, 31**) von seinem Eingang (**5**) bis zu seinem

Ausgang (6) einen im wesentlichen gleichbleibenden Querschnitt aufweist, wobei die Querschnittsform abschnittsweise übergangslos veränderbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruche 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Förderraum (4; 11, 12; 20; 21; 24: 30, 31) von seinem Eingang (5) bis zu seinem Ausgang (6) einen sich verjüngenden Querschnitt aufweist, wobei die Querschnittsform abschnittsweise übergangslos veränderbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (14) mittig zwischen zwei Förderräumen (11, 12) eingespannt ist und dass beide Förderräume (11, 12) je einen gemeinsamen Eingang und Ausgang haben. (Fig. 3, 3a)

12. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in der den Förderraum (20) bildenden Wandung zwei sich gegenüberliegende Membranen (15, 16) angeordnet sind. (Fig. 3, 3b)

13. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Förderraum (21) durch polygonal angeordnete Membranen (17, 18, 19) gebildet ist. (Fig. 3, 3c)

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranen (15, 16; 17, 18, 19) durch Antriebe (13) auf der dem Förderraum (20; 21) abgewandten Seite der Membranen beaufschlagbar sind. (Fig. 3, 3b und 3c)

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (34) ein in sich verformbarer Körper ist, der eine Aufnahme (37) für eine Exzenterwelle (32, 33) aufweist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Gehäuse drei in einem Dreieck angeordnete Förderräume (45, 46, 47) ausgebildet sind, deren jeweils einander zugekehrte Bodenseite je eine Membran (42, 43, 44) aufweist und dass für diese so prismatisch angeordneten Membranen (42, 43, 44) ein gemeinsamer Antrieb (41) vorgesehen ist (Fig. 7). (Fig. 7)

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

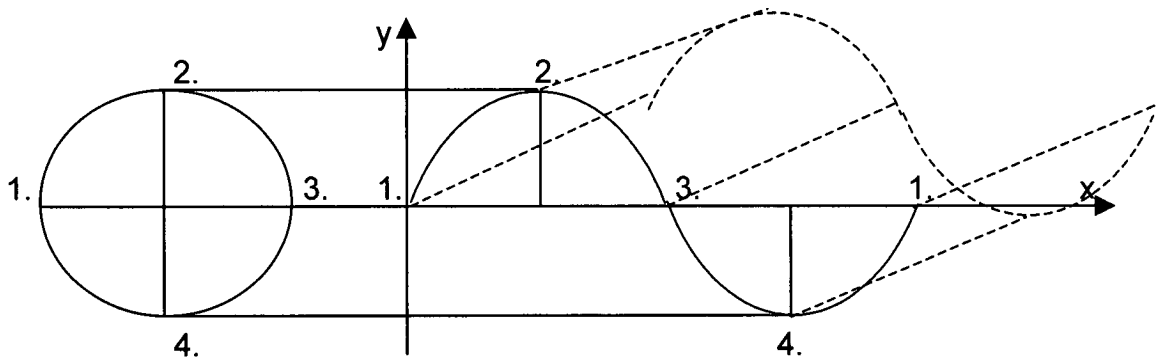


Fig. 1

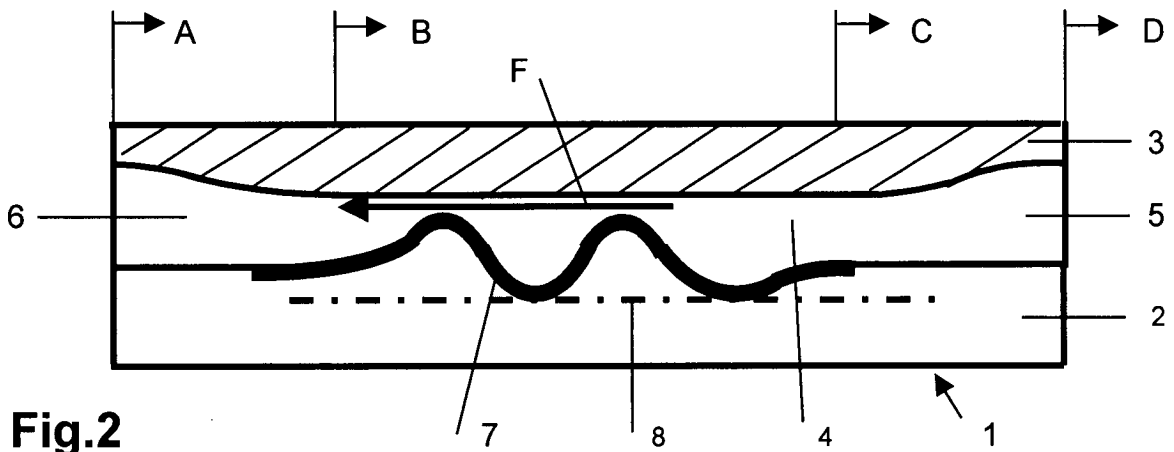


Fig. 2

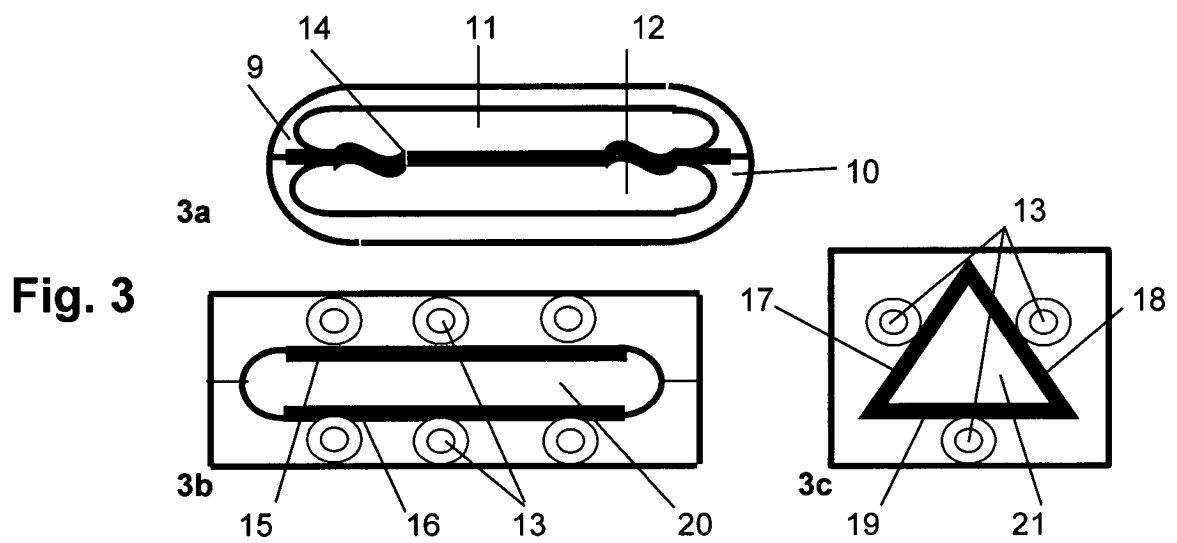
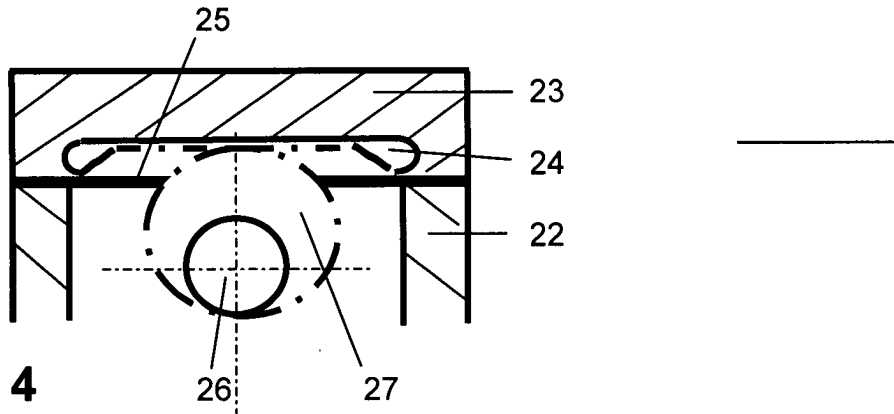
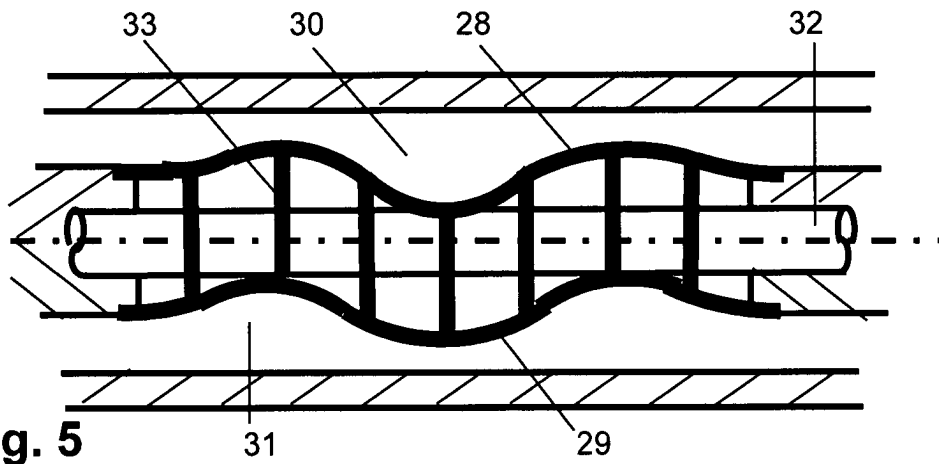


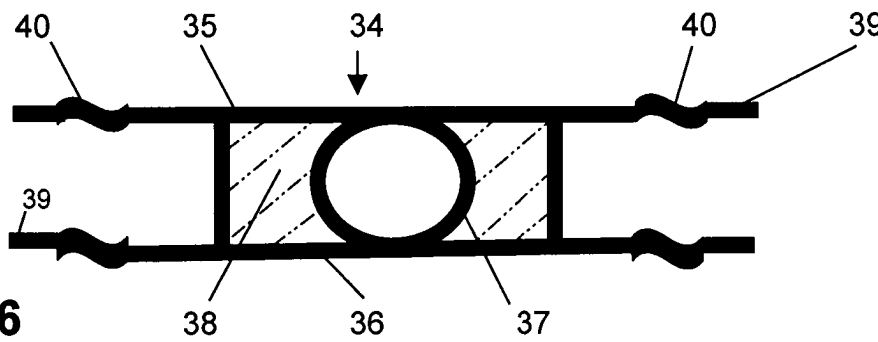
Fig. 3



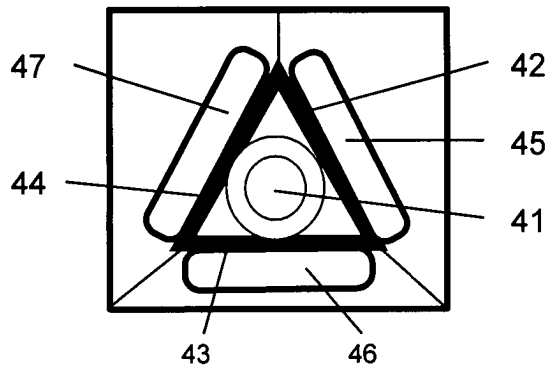
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**

