



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.06.2018 Patentblatt 2018/25

(51) Int Cl.:
F04B 17/03^(2006.01) F04B 43/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17206873.6**

(22) Anmeldetag: **13.12.2017**

(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
 Benannte Validierungsstaaten:
MA MD TN

(71) Anmelder: **Drägerwerk AG & Co. KGaA**
23558 Lübeck (DE)

(72) Erfinder: **Hansmann, Hans-Ullrich**
23858 Barnitz (DE)

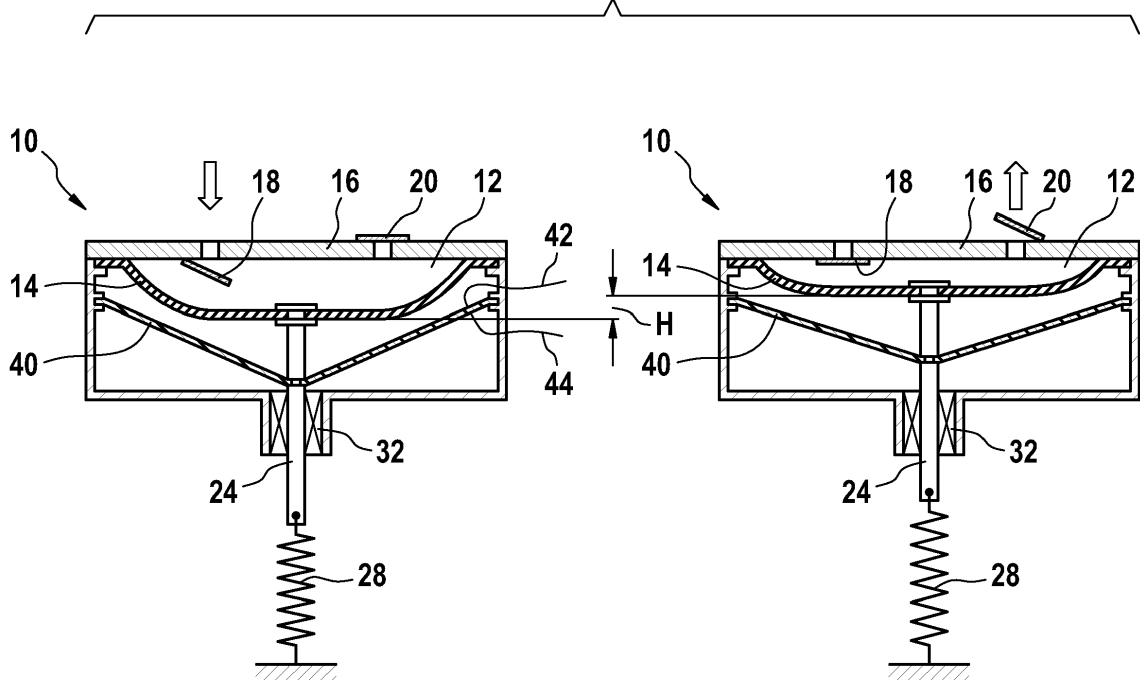
(30) Priorität: **14.12.2016 DE 102016014832**

(54) **KAMMERPUMPE UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER KAMMERPUMPE**

(57) Die Erfindung ist eine Kammerpumpe (10) und ein Verfahren zu deren Betrieb, wobei die Kammerpumpe (10), die eine Pumpenkammer (12), eine Kammermembran (14) oder einen Kolben (34) sowie eine zum Verändern des Volumens der Pumpenkammer (12) an der Kammermembran (14) oder dem Kolben (34) angreifende und axial bewegliche Treibstange (24) umfasst, sich dadurch auszeichnet, dass diese eine als Aktor zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange

(24) fungierende und einerseits an der Treibstange (24) sowie andererseits an einem Gehäuse der Pumpe (10) angreifende elektroaktive Membran (40, 40') umfasst und dass beim Betrieb der Kammerpumpe (10) die elektroaktive Membran (40, 40') zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange (24) und zum Erhalt eines Rückhubs oder eines Vorhubs der Kammerpumpe (10) mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird.

Fig. 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine im Folgenden kurz als Pumpe bezeichnete Gas- oder Flüssigkeitskammerpumpe. Als Kammerpumpe wird dabei eine Kolben- oder Membranpumpe bezeichnet, bei der sich in an sich bekannter Art und Weise beim Betrieb aufgrund einer Bewegung eines Kolbens bzw. einer Membran ein zumindest teilweise mittels des Kolbens bzw. der Membran begrenztes Volumen einer Pumpenkammer periodisch ändert und aufgrund der periodischen Volumenänderung der Pumpenkammer eine Förderung eines jeweiligen Mediums und/oder eine Druckänderung stromaufwärts oder stromabwärts der Pumpe resultiert. Die Erfindung betrifft eine für eine Verwendung in einem Medizingerät oder in einem sicherheitstechnischen System bestimmte derartige Kammerpumpe.

[0002] In einem Medizingerät wird eine derartige Pumpe zum Beispiel verwendet, um Atemgas anzutreiben, um Messgas - insbesondere ein Patientengas - von einem Probenahmeort zu einem Messort zu transportieren oder um weitere Aktuatoren zu steuern oder anzutreiben. In Bezug auf eine Verwendung einer derartigen Pumpe im Zusammenhang mit einer Analyse eines Patientengases kann auf das absaugende Patientengasmonitoring in der Anästhesie und ein sogenanntes Remotesystem in der mobilen persönlichen Gasmesstechnik verwiesen werden. In einem sicherheitstechnischen System wird eine derartige Pumpe zum Beispiel für eine mobile oder stationäre Analyse von Schadgasen in der Luft verwendet. Auch dabei erfolgt mittels der Pumpe zum Beispiel ein Transport von Messgas von einem Probenahmeort zu einem Messort. Darüber hinaus kommen derartige Pumpen in einem Medizingerät oder in einem sicherheitstechnischen System auch zur Erzeugung von Hilfsdrücken in Betracht. Grundsätzlich kommt die hier vorgeschlagene Erfindung auch für Anwendungsfälle über Medizingeräte und sicherheitstechnische Systeme hinaus in Betracht, zum Beispiel für Mess- und Analysegeräte. Dies ist im Folgenden auch ohne speziellen Hinweis stets mitzulesen.

[0003] Pumpen der eingangs genannten Art sind in verschiedenen Ausführungsformen erhältlich, zum Beispiel mit einem Kurbeltrieb oder einem Linearantrieb. Des Weiteren sind Pumpen bekannt, bei denen der Antrieb piezoelektrisch realisiert ist. Der jeweilige Antrieb wirkt auf eine Membran oder einen Kolben in einem jeweiligen Pumpenkopf. Bei beiden Bauformen (Membran oder Kolben) wird mittels des Antriebs periodisch das in der Pumpenkammer (Verdichtungsraum) im Pumpenkopf befindliche Volumen verändert. Dies führt zu einem Volumentransport sowie zu einer Druckerzeugung. Das Verhältnis zwischen dem Volumentransport und dem Druck ergibt sich durch die Geometrie der Pumpenkammer, des Hubvolumens, der Betriebsfrequenz, des Schaltverhaltens der benötigten Ventile und der äußeren pneumatischen Last.

[0004] Derzeit am Markt verfügbare Pumpen für Gase

und Flüssigkeiten in einem Leistungsbereich von 0 mbar bis 110 mbar bzw. 200 ml/min bis 1100 ml/min oder 0 mbar bis 300 mbar bei 200 ml/min können in ihrem Arbeitspunkt durch Veränderung der Hubfrequenz - bei einem Antrieb mittels eines Elektromotors durch Veränderung von dessen Drehzahl - angepasst werden. Eine weitere Anpassung muss durch eine externe pneumatische Beschaltung in der jeweiligen Anwendung erfolgen. In besonderen Fällen müssen unterschiedliche Pumpenköpfe montiert werden.

[0005] Eine Änderung der Hubfrequenz wirkt sich auf die Pulsationsfrequenz und den Wechselanteil in der Druckkurve aus. Dies ist mit den folgenden Nachteilen verbunden: Zum einen verlieren klassische Maßnahmen zur Unterdrückung der Pulsation, wie zum Beispiel ein Tiefpass, ihre Wirkung. Zum anderen kann eine Vermeidung bestimmter sensor-kritischer Frequenzen nicht sichergestellt werden. Schließlich ist die Abstimmung eines pneumatischen Systems mit der Pumpe insgesamt erschwert.

[0006] Besonders hohe Hubfrequenzen (> 100 Hz) bedeuten extreme Belastungen für die Komponenten der Pumpe. Die Verluste durch nicht mehr trägheitsarm reagierende Ventile steigen enorm an. Die Phase des Schließwinkels der Ventile verkürzt oder verlängert sich und verschiebt sich in Relation zu der Hubbewegung des Kolbens oder der Membran. Der Anteil der Walkarbeit in der Dichtung (Kolben) oder der Membran nimmt drastisch zu. Schließlich ist mit einer hohen Hubfrequenz auch eine deutlich erhöhte Geräuschentwicklung der jeweiligen Pumpe verbunden.

[0007] Bei niedrigen Hubfrequenzen (< 10 Hz) ist ein kontinuierlicher Druckverlauf nicht mehr sichergestellt. Jeder Pumpenhub ist als stärker werdender Druckpuls und auch als Flowpuls zu erkennen. Eine Dämpfung oder Pufferung durch ein Puffervolumen erfordert ein sehr großes Puffervolumen. Ein großes Volumen verzerrt die Gasfronten bei wechselnden Gasgemischen. Bei einem Antrieb mittels eines Elektromotors befindet sich dieser bei niedrigen Hubfrequenzen in einem kritischen Arbeitsbereich. Diskontinuierliche Winkelgeschwindigkeiten mit hoher Abnutzung der Bürsten im Kollektor (bei Bürstenmotoren) sind nur ein negativer Aspekt. Zudem ist die Drehzahl oftmals zu gering für den Aufbau eines Schmierfilms in den Lagern. Des Weiteren werden diejenigen Spulen, die kurz vor der Lastspitze am Totpunkt der Pumpe in Benutzung sind, stärker belastet, so dass es zu Temperaturspitzen in diesen Spulen kommt. Schließlich reicht das Trägheitsmoment des Rotors nicht aus, um eine Pufferung des Lastmoments zu gewährleisten.

[0008] Alternativ zu elektromotorisch angetriebenen Pumpen verwendbare Linearpumpen sind zwar gut regelbar, aber aufgrund ihrer größeren Luftspalte deutlich ineffizienter und benötigen eine höhere Leistung. Darüber hinaus ist deren Betrieb mit einer höheren Temperaturentwicklung verbunden. Solche Linearpumpen sind auch deutlich teurer und aufwändiger in der Herstellung

und Wartung, denn für die Regelung der Linearbewegung wird eine zusätzliche und vor allem schnelle Sensorik zur Erfassung der Position und/oder Geschwindigkeit des Antriebs benötigt. Darüber hinaus erfordert der für einen vibrationsarmen Lauf notwendige Ausgleich der linear bewegten Massen komplizierte Konstruktionen.

[0009] Piezoelektrisch angetriebene Pumpen sind energetisch nur für Miniaturanwendungen geeignet.

[0010] Ausgehend von den oben skizzierten Feststellungen zum Stand der Technik besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine gut einstellbare linear angetriebene Kammerpumpe und ein Verfahren zu deren Betrieb anzugeben, die bzw. das zumindest einzelne der vorstehend skizzierten Nachteile vermeidet oder deren Auswirkungen reduziert.

[0011] Diese Aufgabe wird mittels einer Kammerpumpe (Pumpe) mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich eines Verfahrens zum Betrieb einer solchen Pumpe mittels eines Verfahrens mit den Merkmalen des parallelen unabhängigen Verfahrensanspruchs gelöst. Dabei ist bei einer Kammerpumpe der eingangs genannten Art, die eine Pumpenkammer, eine Kammermembran oder einen Kolben als Mittel zum zyklischen Verändern des Volumens der Pumpenkammer beim Pumpbetrieb sowie eine zum zyklischen Verändern des Volumens der Pumpenkammer an der Kammermembran oder dem Kolben angreifende und axial bewegliche Treibstange umfasst, zumindest eine zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange bestimmte und einerseits an der Treibstange sowie andererseits an einem Gehäuse der Pumpe angreifende elektroaktive Membran vorgesehen. Die oder jede elektroaktive Membran fungiert bezüglich der axialen Bewegung der Treibstange als Aktor und tritt zumindest zum Teil an die Stelle eines bisherigen Antriebs der Kammerpumpe.

[0012] Bei einem korrespondierenden Verfahren zum Betrieb einer solchen Kammerpumpe oder einer Kammerpumpe mit einzelnen oder mehreren nachfolgend beschriebenen weiteren Merkmalen wird zumindest eine einerseits an der Treibstange sowie andererseits an einem Gehäuse der Pumpe oder dergleichen angreifende elektroaktive Membran zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange und zum Erhalt eines Rückhubs oder eines Vorhubs der Kammerpumpe, nämlich eines Rückhubs oder eines Vorhubs der Kammermembran oder des Kolbens, mit einem elektrischen Potential beaufschlagt.

[0013] Eine Kammerpumpe ist eine zyklisch arbeitende Maschine zum Fördern von Flüssigkeiten oder Gasen. Diese werden im Folgenden zusammenfassend als Medium bezeichnet. Ein Pumpenzyklus umfasst bekanntlich einen Rückhub und einen Vorhub (oder einen Vorhub und einen Rückhub) und in anschließenden Pumpenzyklen setzt sich dies fort. Die erwähnte zumindest eine elektroaktive Membran ist entweder zum Erhalt oder zur Unterstützung eines Rückhubs oder eines Vorhubs bestimmt. Weiter unten wird eine spezielle Ausführungsform der hier vorgeschlagenen Kammerpumpe erläutert,

bei der jeweils zumindest eine elektroaktive Membran zum Erhalt oder zur Unterstützung eines Rückhubs (Rückhubmembran) sowie eines Vorhubs bestimmt ist (Vorhubmembran). Solange es nicht darauf ankommt, ob die zumindest eine Membran zum Erhalt oder zur Unterstützung eines Rückhubs oder eines Vorhubs bestimmt ist, wird von einem Teilhub gesprochen, wobei ein vollständiger Pumpenzyklus einen ersten Teilhub und einen zweiten Teilhub umfasst, zum Beispiel den Rückhub und den Vorhub. Entsprechend zeichnet sich das Verfahren zum Betrieb einer Kammerpumpe der bisher skizzierten Art dadurch aus, dass zumindest eine einerseits an der Treibstange sowie andererseits an einem Gehäuse der Pumpe oder dergleichen angreifende elektroaktive Membran zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange und zum Erhalt eines Teilhubs der Kammerpumpe, nämlich eines Teilhubs der Kammermembran oder des Kolbens, mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird.

[0014] Die Beaufschlagung der zumindest einen Membran mit einem elektrischen Potential bewirkt in grundsätzlich an sich bekannter Art und Weise eine Veränderung des sogenannten Aspektverhältnisses (Verhältnis von Dicke zu Fläche) der elektroaktiven Membran. Kurz gefasst erhöht sich durch die Beaufschlagung mit einem elektrischen Potential eine wirksame Länge der zumindest einen Membran zwischen deren Fixpunkten einerseits an der Treibstange und andererseits an einem Gehäuse der Pumpe oder dergleichen. Wenn das elektrische Potential verschwindet, stellt sich das ursprüngliche Aspektverhältnis wieder ein und entsprechend reduziert sich die wirksame Länge der zumindest einen Membran. Die elektroaktive Membran ist bevorzugt vorgespannt. Dies führt zu definierten Verhältnissen. Ohne ein anliegendes elektrisches Potential ergibt sich eine wirksame Länge entsprechend der Vorspannung. Bei Anliegen eines elektrischen Potentials ist die wirksame Länge der elektroaktiven Membran durch das jeweilige Potential bestimmt (die wirksame Länge nimmt mit dem anliegenden elektrischen Potential zu).

[0015] Eine aufgrund einer alternierenden Beaufschlagung der zumindest einen elektroaktiven Membran mit einem elektrischen Potential resultierende periodische Änderung der wirksamen Länge der zumindest einen elektroaktiven Membran lässt sich reibungs- und geräuschfrei sowie verschleißfrei zum Antrieb einer Kammerpumpe einsetzen, nämlich zum Antrieb einer davon umfassten Kammermembran oder eines davon umfassten Kolbens. Darüber hinaus sind vorteilhaft auch sehr hohe Hubfrequenzen möglich.

[0016] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass sich eine solche elektroaktive Membran sehr kostengünstig herstellen und automatisch verarbeiten und applizieren lässt. Weiterhin besitzt eine solche elektroaktive Membran im Verhältnis zu herkömmlichen Antrieben eine sehr geringe Masse. Dies gilt sowohl für den Anteil der bewegten Massen wie auch für die Masse insgesamt. Die bewegte Masse ist ein wichtiger Grund, wes-

halb herkömmliche Linearantriebe für viele Anwendungen, vor allem für Anwendungen mit hohen Hubfrequenzen, nicht zum Einsatz kommen können. Im Gegensatz zu den rotierenden Massen eines Motors, die oftmals einfach ausgewuchtet werden können, bewegt sich bei einem sogenannten Schwingankertrieb die Masse des Ankers in linearer Richtung und verschiebt somit periodisch den Massenschwerpunkt. Dies führt zu Vibrationen und Geräuschentwicklung, die bei einem Antrieb der hier vorgeschlagenen Art nicht gegeben sind.

[0017] Die nachfolgende Beschreibung wird im Sinne einer sprachlichen Vereinfachung und im Interesse besserer Lesbarkeit anhand einer optionalen Ausführungsform fortgesetzt, bei der anstelle zumindest einer elektroaktiven Membran, die einerseits an der Treibstange und andererseits zum Beispiel am Gehäuse der Pumpe angreift, genau eine elektroaktive Membran mit diesen Fixpunkten vorgesehen ist. Eine solche einzelne elektroaktive Membran in Form einer Kegelfolie / -membran greift zum Beispiel in ihrem Zentrum an der Treibstange an und ist an ihren Seiten zum Beispiel am Pumpengehäuse fixiert, insbesondere verklemt oder verklebt. Bezüglich des Angreifens an der Treibstange weist eine solche einzelne elektroaktive Membran zum Beispiel in ihrem Zentrum ein Loch auf, durch das die Treibstange oder ein Bereich der Treibstange mit geringerem Durchmesser geführt ist, wobei die Ränder des Lochs an der Treibstange fixiert sind, zum Beispiel durch Verkleben, Verkleben oder dergleichen. Alternativ zu einer solchen Ausführungsform kommt eine Ausführungsform in Betracht, bei der anstelle einer einzelnen elektroaktiven Membran mehrere Membranen verwendet werden, die jeweils an der Treibstange fixiert sind, von der Treibstange radial nach außen verlaufen und am gegenüberliegenden Ende zum Beispiel am Pumpengehäuse fixiert sind. Die Richtung der Kraftwirkung ist durch den Ort des Angriffs an der Treibstange sowie den Ort des Angriffs zum Beispiel am Pumpengehäuse bestimmt. Daher sind genau eine Membran und eine Mehrzahl einzelner Membranen gleichwirkend, sofern ein gleicher Ort des Angriffs an der Treibstange und ein gleicher Ort des Angriffs zum Beispiel am Pumpengehäuse gegeben sind. Dies sei hier vorausgesetzt. Bei jeder Erwähnung der genau einen elektroaktiven Membran ist demgemäß die alternative Ausführungsform mit einer Mehrzahl in gleicher Richtung wie die einzelne elektroaktive Membran wirkender Membranen stets mitzulesen.

[0018] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Dabei verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin und sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmalskombinationen der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen. Des Weiteren ist im Hinblick auf eine Auslegung der Ansprüche sowie der Beschreibung bei einer näheren Konkretisierung eines Merkmals in einem nachge-

ordneten Anspruch davon auszugehen, dass eine derartige Beschränkung in den jeweils vorangehenden Ansprüchen sowie einer allgemeineren Ausführungsform der gegenständlichen Pumpe oder des Verfahrens zu deren Betrieb nicht vorhanden ist. Jede Bezugnahme in der Beschreibung auf Aspekte nachgeordneter Ansprüche ist demnach auch ohne speziellen Hinweis ausdrücklich als Beschreibung optionaler Merkmale zu lesen. Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass die Kammerpumpe auch entsprechend der abhängigen Verfahrensansprüche weitergebildet sein kann, zum Beispiel indem die Kammerpumpe Mittel zur Ausführung des entsprechenden Verfahrensschritts oder der entsprechenden Verfahrensschritte umfasst, und umgekehrt, so dass bezüglich der Offenbarung zu einzelnen Vorrichtungs- und Verfahrensaspekten der Erfindung stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

[0019] Bei einer Ausführungsform der Kammerpumpe umfasst diese ein Rückstellelement. Mittels der als Aktor fungierenden elektroaktiven Membran ist eine Kraft zur Auslenkung der Treibstange in eine erste Richtung aufbringbar und wird beim Betrieb der Kammerpumpe aufgebracht. Mittels des Rückstellelements ist eine Kraft zur Auslenkung der Treibstange in eine der ersten Richtung entgegengesetzte zweite Richtung aufbringbar und wird beim Betrieb der Kammerpumpe aufgebracht. Einer der beiden Teilhube (Rückhub oder Vorhub) eines vollständigen Pumpenzyklus ist mittels der elektroaktiven Membran auslösbar und wird beim Betrieb der Kammerpumpe mittels der elektroaktiven Membran ausgelöst (Bewegung der Treibstange in die erste Richtung). Der komplementäre Teilhub (Vorhub bzw. Rückhub) ist mittels des Rückstellelements auslösbar und wird beim Betrieb der Kammerpumpe mittels des Rückstellelements ausgelöst (Bewegung der Treibstange in die der ersten Richtung entgegengesetzte zweite Richtung). Als Rückstellelement kommt zum Beispiel eine Feder (Druckfeder oder Zugfeder) in Betracht, deren Krafrichtung entgegengesetzt zu einer aufgrund der elektroaktiven Membran resultierenden Krafrichtung orientiert ist. Eine zyklische Beaufschlagung der elektroaktiven Membran mit einem elektrischen Potential führt zu einem ersten Teilhub und der komplementäre zweite Teilhub wird mittels des Rückstellelements ausgelöst. Die resultierende alternierende Auslösung erster und zweiter Teilhube führt zu einer Pumpwirkung. Die Pumpe umfasst dafür zum Beispiel eine Steuerungseinheit mit zumindest einem Eingang, über den der Teilhub aufgrund der elektroaktiven Membran ausgelöst werden kann, zum Beispiel indem der Steuerungseinheit und damit der Pumpe an dem jeweiligen Eingang das elektrische Potential zugeführt wird, mit dem die elektroaktive Membran beaufschlagt werden soll.

[0020] Bei einer besonderen Ausführungsform der Kammerpumpe fungiert als Rückstellelement genau eine oder zumindest eine weitere (zweite) elektroaktive Membran. Die oben eingeführte Vereinfachung gilt auch hier, so dass auch hier im Folgenden im Interesse einer bes-

seren Lesbarkeit - aber ohne Verzicht auf eine weitergehende Allgemeingültigkeit - von einer zweiten elektroaktiven Membran gesprochen wird. Diese greift ebenfalls einerseits an der Treibstange und andererseits zum Beispiel an einem Gehäuse der Pumpe an, insbesondere in einer Form wie dies oben für die zuerst erwähnte elektroaktive Membran erläutert wurde. Bei einer Kammerpumpe mit einer (genau einer oder zumindest einer) ersten als Aktor fungierenden elektroaktiven Membran und einer (genau einer oder zumindest einer) zweiten als Aktor fungierenden elektroaktiven Membran greifen diese jeweils einerseits an der Treibstange und andererseits am Gehäuse der Kammerpumpe oder dergleichen an und sind dafür bestimmt, jeweils in axialer Richtung der Treibstange eine Kraft auf die Treibstange auszuüben. Die mittels der zweiten elektroaktiven Membran auf die Treibstange ausübende und im Betrieb ausgeübte Kraft ist antiparallel zu der mittels der ersten elektroaktiven Membran auf die Treibstange ausübenden und im Betrieb ausgeübten Kraft gerichtet. Bei einer solchen Kammerpumpe und bei einem Verfahren zum Betrieb einer solchen Kammerpumpe ist einer der beiden Teilhube (Rückhub oder Vorhub) eines vollständigen Pumpenzyklus mittels der ersten elektroaktiven Membran auslösbar und wird beim Betrieb der Kammerpumpe mittels der ersten elektroaktiven Membran ausgelöst (Bewegung der Treibstange in die erste Richtung). Der komplementäre Teilhub (Vorhub bzw. Rückhub) ist mittels der zweiten elektroaktiven Membran auslösbar und wird beim Betrieb der Kammerpumpe mittels der zweiten elektroaktiven Membran ausgelöst (Bewegung der Treibstange in die der ersten Richtung entgegengesetzte zweite Richtung). Die zweite elektroaktive Membran fungiert als Rückstellelement für den mittels der ersten elektroaktiven Membran ausgelösten Teilhub. Genauso fungiert aber auch die erste elektroaktive Membran als Rückstellelement für den mittels der zweiten elektroaktiven Membran ausgelösten Teilhub. Eine alternierende oder zumindest phasenverschobene Beaufschlagung der ersten elektroaktiven Membran sowie der zweiten elektroaktiven Membran mit einem elektrischen Potential führt zu einer alternierenden Auslösung erster und zweiter Teilhube und damit zu einer Pumpwirkung. Die Pumpe umfasst dafür zum Beispiel eine Steuerungseinheit mit Eingängen, über die der erste und der zweite Teilhub ausgelöst werden können, zum Beispiel indem der Steuerungseinheit und damit der Pumpe an dem jeweiligen Eingang das elektrische Potential zugeführt wird, mit dem die erste bzw. die zweite elektroaktive Membran beaufschlagt werden soll.

[0021] Alternativ kommt auch eine Ausführungsform einer Steuerungseinheit in Betracht, bei der die Steuerungseinheit der Pumpe zum Beispiel einen Anschluss für ein elektrisches Potential und zumindest einen Eingang umfasst, wobei der Pumpe mittels des Eingangs ein Sollwert für eine gewünschte Pumpenposition vorgegeben wird, zum Beispiel in Form eines Sollwerts, der ein Maß für eine gewünschte axiale Position der Treib-

stange kodiert. Die Steuerungseinheit der Pumpe bestimmt daraufhin automatisch anhand des Sollwerts ein elektrisches Potential, mit dem die elektroaktive Membran zu beaufschlagt ist (oder mit dem die erste oder die zweite elektroaktive Membran zu beaufschlagt ist oder mit dem die erste und die zweite elektroaktive Membran zu beaufschlagt sind), um eine dem Sollwert entsprechende oder zumindest im Wesentlichen entsprechende Pumpenposition zu erhalten. Das jeweils ermittelte elektrische Potential wird automatisch mittels der Pumpensteuerung aus dem extern anliegenden elektrischen Potential erzeugt. Dies erfolgt zum Beispiel mittels eines mit einem pulswellenmodulierten Signal ansteuerbaren elektronischen Schalters, zum Beispiel eines Transistors, der so in einen Stromkreis mit der elektroaktiven Membran (oder den elektroaktiven Membranen) geschaltet ist, dass bei geschlossenem Schalter das extern anliegende Potential an der elektroaktiven Membran anliegt. Im zeitlichen Mittel ergibt sich aufgrund des zur Ansteuerung des Schalters verwendeten pulswellenmodulierten Signals ein Potential über der elektroaktiven Membran (oder der jeweiligen elektroaktiven Membran), welches zu der gewünschten Auslenkung der Treibstange führt. Die Grundfrequenz des pulswellenmodulierten Signals wird dabei ausreichend hoch gewählt, zum Beispiel nicht unter 1 kHz, so dass sichergestellt ist, dass einzelne Pulse des pulswellenmodulierten Signals keine Aspektänderung der elektroaktiven Membran bewirken. **[0022]** Mittels einer solchen Steuerungseinheit oder dergleichen wird bei einer besonderen Ausführungsform des Verfahrens die erste elektroaktive Membran entsprechend einem vorgegebenen oder vorgebbaren ersten Spannungsprofil mit einem elektrischen Potential beaufschlagt und die zweite elektroaktive Membran entsprechend einem vorgegebenen oder vorgebbaren zweiten Spannungsprofil mit einem elektrischen Potential beaufschlagt. Durch die Vorgabe des ersten und/oder zweiten Spannungsprofils kann zum Beispiel die Dauer des ersten Teilhubs und/oder zweiten Teilhubs und damit insgesamt die Hubfrequenz, die Amplitude des ersten Teilhubs und/oder zweiten Teilhubs und damit insgesamt das Hubvolumen und/oder die zeitliche Änderung des Volumens der Pumpenkammer vorgegeben werden. Auf diese Weise sind die wesentlichen Parameter eines Pumpvorgangs einzeln oder in Kombination einstellbar. **[0023]** Bei einer speziellen Ausführungsform der Kammerpumpe greift die erste elektroaktive Membran vor der zweiten elektroaktiven Membran an der Treibstange an, nämlich ausgehend vom an der Kammermembran oder am Kolben angreifenden Ende der Treibstange vor der zweiten elektroaktiven Membran. Durch die Betrachtung der Angriffspunkte der beiden elektroaktiven Membranen ausgehend von dem genannten Ende der Treibstange wird eine Richtung definiert. Entlang dieser Richtung greift bei dieser speziellen Ausführungsform die erste elektroaktive Membran vor ihrem Angriffspunkt an der Treibstange an dem Pumpengehäuse oder dergleichen an und die zweite elektroaktive Membran greift in dersel-

ben Richtung hinter ihrem Angriffspunkt an der Treibstange an dem Pumpengehäuse oder dergleichen an. Dies ermöglicht eine kompakte Bauweise der Kammerpumpe.

[0024] Bei einer weiteren und besonders bevorzugten Ausführungsform einer Kammerpumpe der hier und im Folgenden beschriebenen Art fungiert die elektroaktive Membran - oder bei einer Ausführungsform mit einer ersten und einer zweiten elektroaktiven Membran eine der beiden Membranen oder beide Membranen - als Sensor zum Erhalt einer Positionsinformation bezüglich einer Position der Kammermembran oder des Kolbens. Genauso wie eine elektroaktive Membran beim Anlegen eines elektrischen Potentials ihr Aspektverhältnis und insbesondere ihre Dicke ändert, ändert sich mit der Dickenänderung auch die zwischen zwei auf der Oberfläche der elektroaktiven Membran platzierten Elektroden messbare elektrische Kapazität. Ein solches Signal ist proportional zu einer jeweiligen Dicke der Membran und damit ebenfalls proportional zu einer jeweiligen wirksamen Länge der Membran. Die wirksame Länge der Membran ist wiederum proportional zur axialen Position der mittels der Membran beweglichen Treibstange, so dass die gemessene Kapazität ein Maß für die Lage der Treibstange und damit ein Maß für die Position der Kammermembran oder des Kolbens ist. Demgemäß liefert ein mittels einer Kapazitätsmessung erhältliches Signal eine Positionsinformation bezüglich der allgemein als Pumpenposition bezeichneten Position der Kammermembran oder des Kolbens. Eine solche Positionsinformation kann einerseits als Istwert für eine Position der Pumpe verwendet und zum Beispiel einem übergeordneten System zur Verfügung gestellt werden. Dieses verfügt damit über eine stets aktuelle Information bezüglich der Pumpenposition und diese kann zum Beispiel angezeigt werden. Die Positionsinformation kann aber auch mit einer erwarteten Pumpenposition verglichen werden und das Ergebnis des Vergleichs als Zustandsinformation ausgegeben werden oder ggf. eine Fehlermeldung erzeugt werden. Die Pumpenposition kann zusätzlich oder alternativ auch für eine Steuerung oder Regelung der Pumpe verwendet werden. Die Steuerung oder Regelung ist dann zum Beispiel in einer Steuerungseinheit der Pumpe oder einer Steuerungseinheit eines übergeordneten Systems implementiert. Bei einer solchen Steuerungseinheit vergleicht diese kontinuierlich einen jeweiligen Sollwert für die Position der Pumpe mit der die aktuelle Position der Pumpe repräsentierenden Positionsinformation (Istwert) und erzeugt in Abhängigkeit von einer eventuellen Abweichung zwischen Soll- und Istwert in grundsätzlich an sich bekannter Art und Weise eine Stellgröße zur Auslöschung der Regelabweichung oder zumindest zur Minimierung der Regelabweichung, nämlich eine Stellgröße, mittels derer das an der elektroaktiven Membran (oder einer elektroaktiven Membran oder beiden elektroaktiven Membranen) anliegende elektrische Potential angepasst wird.

[0025] Bei einer besonderen Ausführungsform einer

Kammerpumpe, die einerseits sowohl eine erste elektroaktive Membran für einen ersten Teilhub und eine zweite elektroaktive Membran für einen zweiten Teilhub umfasst und bei der andererseits mittels einer Messung an einer elektroaktiven Membran ein eine Positionsinformation kodierender Messwert erhältlich ist, ist vorgesehen, dass die erste elektroaktive Membran und die zweite elektroaktive Membran alternierend als Aktor und als Sensor fungieren. Dann wird zyklisch alternierend die erste und die zweite elektroaktive Membran mit einem elektrischen Potential beaufschlagt, um den ersten bzw. zweiten Teilhub zu erhalten. Wenn zum Beispiel die erste elektroaktive Membran mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird und dies zu einer Änderung (Zunahme) von deren wirksamer Länge führt, beeinflusst dies, insbesondere bei vorgespannten Membranen, auch das Aspektverhältnis der zweiten elektroaktiven Membran. Diese Änderung ist - wie oben beschrieben - messbar und zum Beispiel eine Kapazitätsmessung liefert eine Positionsinformation. Gleiches gilt entsprechend, wenn die zweite elektroaktive Membran mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird und demgemäß die Positionsinformation mittels einer Messung, insbesondere einer Kapazitätsmessung, bezüglich der ersten elektroaktiven Membran ermittelt wird. Die alternierende Verwendung einer der beiden Membranen entweder als Sensor oder als Aktor verhindert eine Verfälschung der Messung zur Ermittlung der Positionsinformation aufgrund eines anliegenden elektrischen Potentials und gewährleistet demgemäß besonders verlässliche Messwerte bezüglich der Positionsinformation.

[0026] Das Verfahren sowie Ausführungsformen des Verfahrens und die davon umfassten Verfahrensschritte werden automatisch ausgeführt, also ohne einen Eingriff des Benutzers, also zum Beispiel eines Benutzers eines die Pumpe umfassenden Medizingeräts oder dergleichen. Die automatische Ausführung der Verfahrensschritte erfolgt unter Kontrolle einer Steuerungseinheit. Diese umfasst zum Beispiel eine Verarbeitungseinheit in Form von oder nach Art eines Mikroprozessors sowie einen Speicher. In den Speicher ist ein von der Verarbeitungseinheit ausführbares Steuerungsprogramm geladen oder ladbar, das beim Betrieb durch dessen Verarbeitungseinheit ausgeführt wird. Insoweit ist die Erfindung auch eine Pumpe mit einer Steuerungseinheit, wobei die Steuerungseinheit eine Implementation des hier und im Folgenden beschriebenen Verfahrens umfasst (zum Beispiel in Software), nach dem Verfahren arbeitet und dazu als Mittel zur Durchführung des Verfahrens zumindest eine Steuerungseinheit mit einer Implementation des Verfahrens umfasst. Die Implementation des Verfahrens ist bevorzugt in Software ausgeführt. Die Erfindung ist damit einerseits auch ein Computerprogramm mit durch einen Computer (die Steuerungseinheit bzw. deren Verarbeitungseinheit) ausführbaren Programmcodeanweisungen und andererseits ein Speichermedium mit einem derartigen Computerprogramm, also ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, so-

wie schließlich auch eine Steuerungseinheit, in deren Speicher als Mittel zur Durchführung des Verfahrens und seiner Ausgestaltungen ein solches Computerprogramm geladen oder ladbar ist.

[0027] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Einander entsprechende Gegenstände oder Elemente sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0028] Das oder jedes Ausführungsbeispiel ist nicht als Einschränkung der Erfindung zu verstehen. Vielmehr sind im Rahmen der vorliegenden Offenbarung Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten und Kombinationen, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den im allgemeinen oder speziellen Beschreibungsteil beschriebenen sowie in den Ansprüchen und/oder der Zeichnung enthaltenen Merkmalen für den Fachmann im Hinblick auf die Lösung der Aufgabe entnehmbar sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand führen.

[0029] Es zeigen:

Figur 1 eine Kammerpumpe mit einem Kurbeltrieb,

Figur 2 eine Kammerpumpe mit einem Schwingankerantrieb und einer Feder als Rückstellelement,

Figur 3 elektroaktive Folien und das Ergebnis eines daran angelegten elektrischen Potentials

Figur 4 eine Ausführungsform einer hier vorgeschlagenen Kammerpumpe am Ende eines Rückhubs (links) und am Ende eines Vorhubs (rechts),

Figur 5 eine spezielle Ausführungsform einer hier vorgeschlagenen Kammerpumpe,

Figur 6 und

Figur 7 Spannungsprofile zur Beaufschlagung einer elektroaktiven Membran zur Auslösung eines Rückhubs und eines Vorhubs,

Figur 8 und

Figur 9 unterschiedliche Volumina der Pumpenkammer der Kammerpumpe als Ergebnis verschiedener elektrischer Potentiale sowie

Figur 10 eine weitere spezielle Ausführungsform einer hier vorgeschlagenen Pumpenkammer, bei der elektroaktive Folien entweder als Aktor für eine Auslösung eines Rückhubs oder eines Vorhubs fungieren oder als Sensor zur Ermittlung einer Positionsinformation der Pumpe fungieren.

[0030] Die Darstellungen in Figur 1 und Figur 2 zeigen in schematisch vereinfachter Art und Weise zwei grundsätzlich an sich bekannte Ausführungsformen einer im Folgenden mitunter auch kurz als Pumpe 10 bezeichneten Kammerpumpe 10. Jede Pumpe 10 weist eine Pumpenkammer 12 auf, die einerseits durch eine elastische Membran 14 und andererseits durch ein Gehäuseteil 16 eines Pumpengehäuses mit jeweils zumindest einer darin gebildeten Einström- und Ausströmöffnung begrenzt ist. Die im Folgenden zur Unterscheidung als Kammermembran 14 bezeichnete Membran 14 ist seitlich mit dem Gehäuseteil 16 verbunden. Der oder jeder Einströmöffnung sowie der oder jeder Ausströmöffnung ist jeweils ein Ventil 18, 20 zugeordnet, welches die Einström- oder Ausströmöffnung synchron mit dem Pumpenzyklus freigibt oder verschließt.

[0031] Der Pumpenzyklus ergibt sich im Betrieb der Pumpe 10 aufgrund eines jeweiligen Antriebs der Pumpe 10. Als Antrieb ist in Figur 1 ein rotierender Antrieb (Kurbeltrieb) gezeigt, dessen Drehbewegung mittels einer Scheibe mit einem exzentrisch angeordneten Kurbelzapfen (Exzentrerscheibe 22) oder dergleichen in grundsätzlich an sich bekannter Art und Weise in eine oszillierende, lineare Bewegung einer an der Kammermembran 14 angreifenden Treibstange (Pleuelstange) 24 umgesetzt wird. In Figur 2 ist ein elektromagnetischer Antrieb (Spule 26 mit einer zumindest abschnittsweise ferromagnetischen Treibstange 24) gezeigt, der direkt auf die Treibstange 24 wirkt und zusammen mit einem eine Rückstellkraft ausübenden Federelement 28 ebenfalls zu einer oszillierenden, linearen Bewegung der an der Kammermembran 14 angreifenden Treibstange 24 führt. Eine Pumpe 10 dieser Art wird als Schwingankerpumpe und der zumindest abschnittsweise ferromagnetische Teil der Treibstange 24 entsprechend als Anker 30 bezeichnet. Die Treibstange 24 ist jeweils in einer Führung 32 geführt.

[0032] Aufgrund der axial oszillierenden Bewegung der Treibstange 24 wird die Kammermembran 14 zyklisch gespannt oder entspannt. Beim Rückhub der Treibstange 24 wird die Kammermembran 14 gespannt und es resultiert eine Vergrößerung des Volumens der Kammer 12. Beim Vorhub der Treibstange 24 wird die Kammermembran 24 entspannt und es resultiert eine Verringerung des Volumens der Kammer 12. Dies gilt für einen mittels der Treibstange 24 angetriebenen Kolben 34 (Figur 9) entsprechend. Beim Vergrößern des Kammervolumens strömt ein jeweiliges Medium über die oder jede Einströmöffnung in die Kammer 12. Beim anschließenden Verringern des Kammervolumens wird zumindest ein Teil des zuvor in die Kammer 12 eingeströmten Mediums durch die oder jede Ausströmöffnung aus der Kammer 12 verdrängt. Das Ergebnis ist in an sich bekannter Art und Weise ein Volumenstrom des geförderten Mediums und/oder eine Druckverminderung stromaufwärts der Pumpe 10 und/oder eine Druckerhöhung stromabwärts der Pumpe 10.

[0033] Die Darstellung in Figur 3 zeigt in schematisch

vereinfachter Art und Weise eine elektroaktive Membran 40 (elektroaktive Folie 40). Dabei kann es sich um eine im Folgenden mitunter kurz nur als Membran 40 bezeichnete elektroaktive Membran 40 in Form eines elektroaktiven Polymers (EAP) oder eines dielektrischen Elastomers (DEA) handeln. Beide Varianten sind im Folgenden bei jeder Erwähnung der Membran 40 oder einer Membran 40 stets mitzulesen.

[0034] Elektroaktive Polymere und dielektrische Elastomere sind grundsätzlich an sich bekannt. Eine daraus gebildete Membran 40 - oder allgemein eine elektroaktive Membran 40 - verändert bekanntlich ihr Aspektverhältnis (Verhältnis von Dicke zu Fläche) in Abhängigkeit von einem angelegten elektrischen Potential. Zusätzlich oder alternativ ist eine solche Membran 40 auch hinsichtlich ihrer Elastizität einstellbar, so dass in Abhängigkeit von dem angelegten Potential eine steife und nicht oder nur wenig biegbare Membran oder eine elastische, biegbare Membran resultiert, wie dies zum Beispiel in der US 2004 124384 A1 beschrieben ist.

[0035] Im oberen Bereich der Darstellung in Figur 3 ist eine Membran 40 gezeigt, die nicht mit einem elektrischen Potential beaufschlagt ist. Unmittelbar darunter ist dieselbe Membran 40 bei einer Beaufschlagung mit einem elektrischen Potential gezeigt. Erkennbar ist aufgrund der Beaufschlagung mit einem elektrischen Potential die Dicke der Membran 40 reduziert. Dabei hat sich die Fläche der Membran 40 erhöht. Letzteres ist in der Darstellung nur in Form einer Vergrößerung der Ausdehnung der Membran 40 entlang einer von deren Hauptachsen, also in Form einer Längenänderung, erkennbar.

[0036] Die Beaufschlagung einer Membran 40 mit einem elektrischen Potential ist in der Darstellung in Figur 3 in Form zweier an der Membran 40 angreifender Leitungen 42, 44 gezeigt. Die Leitungen 42, 44 führen zu einer nicht gezeigten elektrischen Energiequelle, so dass mittels der Leitungen 42, 44 ein elektrisches Potential an die jeweilige Membran 40 angelegt werden kann. Bei einer Membran 40, die nicht mit einem elektrischen Potential beaufschlagt ist, sind diese Leitungen 42, 44 nicht gezeigt. Tatsächlich sind diese Leitungen 42, 44 bei einer konkreten Ausführungsform der im Folgenden beschriebenen Neuerungen selbstverständlich unabhängig davon vorhanden, ob an die jeweilige Membrane 40 ein elektrisches Potential angelegt ist oder nicht. Die Beaufschlagung einer Membran 40 mit einem elektrischen Potential wird zum Beispiel mittels eines in einem Stromkreis mit den Leitungen 42, 44 vorhandenen Schaltelements, zum Beispiel eines elektronischen Schalters in Form eines Transistors oder dergleichen, in grundsätzlich an sich bekannter Art und Weise gesteuert. Für die Interpretation der Figuren gilt, dass sichtbare Leitungen 42, 44 eine mit einem elektrischen Potential beaufschlagte Membran 40 darstellen, wohingegen eine Membran 40 ohne solche sichtbaren Leitungen 42, 44 bei der jeweils gezeigten Momentaufnahme nicht mit einem elektrischen Potential beaufschlagt ist.

[0037] Im unteren Bereich der Darstellung in Figur 3 sind zwei Membranen 40 gezeigt, die zusammen ein Membranpaar bilden. Im entspannten, also potentialfreien Zustand sind diese in einer gleichen Ebene nebeneinander und aneinander angrenzend angeordnet. In dem Bereich, in dem die beiden Membrane 40 aneinander angrenzen, ist ein Federelement platziert. Bei einem an die Membranen 40 angelegten Potential ändert sich auch das Elastizitätsmodul der beiden Membrane 40 und die aufgrund des angelegten elektrischen Potentials biegsam gewordenen Membranen 40 werden teilweise durch das Federelement angehoben, wie dies in der dargestellten Momentaufnahme gezeigt ist.

[0038] Anhand der unteren Darstellung in Figur 3 sei auf eine weitere Besonderheit bei der Interpretation der nachfolgenden Figuren hingewiesen. Bei paarig zusammengehörigen Membranen 40, also einem Membranpaar wie in der unteren Darstellung in Figur 3, oder mehreren zusammengehörigen Membranen 40 gilt Folgendes: Selbst wenn im Interesse der Übersichtlichkeit der Darstellung nur bei einer Membran 40 an diese angeschlossene Leitungen 42, 44 gezeigt sind (und damit eine Beaufschlagung mit einem elektrischen Potential dargestellt ist), gilt dies - also die Beaufschlagung mit dem elektrischen Potential - auch für die andere Membran 40 des Membranpaars oder jede andere zugehörige Membran 40. Zusammengehörige Membranen 40 sind also stets gleichzeitig entweder mit einem elektrischen Potential beaufschlagt oder nicht mit einem elektrischen Potential beaufschlagt.

[0039] Ausgehend von dem vorstehend anhand von Figur 3 Erläuterten zeigt die Darstellung in Figur 4 nun eine erste Ausführungsform einer Pumpe 10 der hier vorgeschlagenen Art, wobei bezüglich bekannter Komponenten der Pumpe 10 auf die Beschreibung zu Figur 1 verwiesen wird.

[0040] Die Darstellung in Figur 4 zeigt auf der linken Seite die Treibstange 24 am unteren Scheitelpunkt und auf der rechten Seite am oberen Scheitelpunkt der oszillierenden Bewegung. Entsprechend ist auf der linken Seite eine Situation mit einem maximalen Volumen der Kammer 12 gezeigt. Bei der Vergrößerung des Kammer Volumens strömt bis zu der dargestellten Position der Kammermembran 14 das jeweilige Medium in die Kammer 12. Auf der rechten Seite ist demgegenüber eine Situation mit einem minimalen Volumen der Kammer 12 gezeigt. Bei einer Verringerung des Kammervolumens wird bis zu der dargestellten Position der Kammermembran 14 das jeweilige Medium aus der Kammer 12 verdrängt.

[0041] Die Bewegung der Kammermembran 14 - oder alternativ die Bewegung eines Kolbens 34 (Figur 9) - ergibt sich aufgrund der oszillierenden Bewegung der in einer Führung 32 geführten Treibstange 24. Die Bewegung der Treibstange 24 ergibt sich nun allerdings (im Gegensatz zu den Darstellungen in Fig. 1 und Fig. 2) nicht mehr aufgrund eines Kurbeltriebs oder eines Linearantriebs der in Figur 1 gezeigten Art. Der Antrieb der

Treibstange 24 erfolgt vielmehr mittels zumindest einer elektroaktiven Membran 40 oder einer Mehrzahl von in radialer Richtung symmetrisch um die Treibstange 24 verteilten elektroaktiver Membranen 40 sowie einem in Gegenrichtung wirkenden Rückstellelement.

[0042] Die oder jede Membran 40 greift zum einen an der Außenoberfläche der Treibstange 24 und zum anderen an einem Gehäuse der Pumpe 10 an. Bei einem an die oder jede Membran 40 angelegten elektrischen Potential (Figur 4: Darstellung auf der linken Seite) erhöht sich die wirksame Länge der oder jeder Membran 40 zwischen deren Anbringung einerseits zum Beispiel am Pumpengehäuse und andererseits an der Treibstange 24. Ein an der Treibstange 24 angreifendes Rückstellelement 28, zum Beispiel ein Federelement 28 - insbesondere ein Federelement 28 in Form einer als Zugfeder fungierenden Spiralfeder -, lenkt dann die Treibstange 24 entsprechend der erhöhten wirksamen Länge der oder jeder Membran 40 aus, so dass sich ein Rückhub der Treibstange 24 und entsprechend ein Rückhub der Kammermembran 14 ergibt. Dies führt zu der oben beschriebenen Vergrößerung des Kammervolumens. Sobald die oder jede Membran 40 nicht mehr mit einem elektrischen Potential beaufschlagt ist (Figur 4: Darstellung auf der rechten Seite) ergibt sich wieder die ursprüngliche - kürzere - wirksame Länge der oder jeder Membran 40. Die Treibstange 24 wird mittels der oder jeder Membran 40 gegen die Kraft des Rückstellelements 28 in Richtung eines Vorhubs bewegt. Damit ergibt sich auch ein Vorhub der Kammermembran 14 - oder eines Kolbens 34 - und dies führt zu der oben bereits beschriebenen Verringerung des Kammervolumens.

[0043] Kurz gefasst kann der Bewegungsablauf der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform der Pumpe 10 damit wie folgt beschrieben werden:

Beim Vorhub zieht die oder jede Membran 40 die Treibstange 24 gegen die Rückstellkraft des Rückstellelements 28. Beim Rückhub ist aufgrund des an die oder jede Membran 40 angelegten elektrischen Potentials deren Länge und Elastizität erhöht, so dass die Wirkung der Rückstellkraft des Rückstellelements 28 überwiegt und entsprechend das Rückstellelement 28 die Treibstange 24 in Richtung der Wirkung der Rückstellkraft auslenkt.

[0044] Beim zyklischen Anlegen eines elektrischen Potentials an die oder jede Membran 40 resultiert eine entsprechende zyklische Bewegung der Treibstange 24 sowie eine damit einhergehende zyklische Bewegung der Kammermembran 14 oder eines Kolbens 34. Dies führt zu der an sich bekannten Pumpwirkung. Der resultierende Hub der Pumpe 10 ist der mit H bezeichnete Abstand zwischen den beiden parallelen Hilfslinien.

[0045] Bei einer einzelnen Membran 40 in einem zum Beispiel zylindrischen Pumpengehäuse greift die Membran 40 zum einen an der Außenoberfläche der Treibstange 24 und zum anderen zum Beispiel an der Innen-

mantelfläche des Pumpengehäuses an. Die Verbindung der Membran 40 mit dem Pumpengehäuse kann dabei zum Beispiel hergestellt sein, indem die Membran 40 auf Seiten des Pumpengehäuses zwischen zwei Bauteilen des Pumpengehäuses entlang der Umfangslinie des Pumpengehäuses oder stückweise entlang dieser Umfangslinie durch Einklemmen fixiert ist. Alternativ kommt zum Beispiel ein Ankleben an die Innenmantelfläche des Pumpengehäuses in Betracht. Ganz ähnlich kann die Verbindung der Membran 40 mit der Treibstange 24 zum Beispiel hergestellt sein, indem die Membran 40 zwischen zwei Teilen der Treibstange 24 eingeklemmt ist oder indem die Membran 40 an der Treibstange 24 angeklebt ist.

[0046] Alternativ zu der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform ist eine auf demselben Prinzip basierende Ausführungsform mit vertauschter Richtung der Kraftwirkung denkbar. Dann wirkt die oder jede Membran ohne ein angelegtes elektrisches Potential in Richtung eines Rückhubs und die bei einem angelegten elektrischen Potential einen Vorhub bewirkende Rückstellkraft (Gegenkraft) wird zum Beispiel mittels einer als Druckfeder fungierenden Teller- oder Spiralfeder aufgebracht.

[0047] Die Darstellung in Figur 5 zeigt eine Ausführungsform einer Pumpe 10, die auf der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform basiert, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die anhand von Figur 4 erläuterten Einzelheiten verwiesen wird. Bei der Ausführungsform gemäß Figur 5 übernimmt zumindest eine zusätzliche elektroaktive Membran 40' die Funktion des Rückstellelements. Zur Unterscheidung werden die oder jede Membran 40, welche die Kraft für den Vorhub aufbringt bzw. aufbringen, als Vorhubmembran 40 und die oder jede Membran 40', welche die Kraft für den Rückhub aufbringt bzw. aufbringen, als Rückhubmembran 40' bezeichnet. Die Vorhubmembran 40 ist diejenige Membran, die bei der in Figur 5 gezeigten Ausführungsform insgesamt näher an der Kammermembran 14 liegt als die Rückhubmembran 40'. Diese Reihenfolge entlang der Längserstreckung der Treibstange 24 ist nicht zwingend. Wesentlich ist, dass mittels zumindest einer Membran 40 in einem nicht mit einem elektrischen Potential beaufschlagten Zustand eine Kraft auf die Treibstange 24 ausgeübt werden kann, die zu einem Vorhub der Pumpe 10 führt (Vorhubmembran 40) und dass mittels zumindest einer weiteren Membran 40' in einem nicht mit einem elektrischen Potential beaufschlagten Zustand eine Kraft auf die Treibstange 24 ausgeübt werden kann, die zu einem Rückhub der Pumpe 10 führt (Rückhubmembran 40).

[0048] Für eine oszillierende Bewegung der Treibstange 24 und damit eine oszillierende Bewegung der Kammermembran 14 - oder eines Kolbens 34 - für den Pumpenbetrieb werden die oder jede Vorhubmembran 40 sowie die oder jede Rückhubmembran 40' alternierend mit einem elektrischen Potential beaufschlagt, so dass alternierend entweder die wirksame Länge der Vorhubmembran 40 erhöht ist (Figur 5, links), demnach die Kraftwir-

kung der Rückhubmembran 40' überwiegt und ein Rückhub resultiert oder die wirksame Länge der Rückhubmembran 40' erhöht ist (Figur 5, rechts), demnach die Kraftwirkung der Vorhubmembran 40 überwiegt und entsprechend ein Vorhub der Pumpe 10 resultiert.

[0049] Bisher ist die Erläuterung der hier vorgeschlagenen Neuerung auf Basis einer besonders einfachen Ansteuerung der oder jeder elektroaktiven Membran 40, 40' erfolgt. Dabei ist die jeweilige Membran 40 oder eine Membran 40, 40' entweder mit dem jeweiligen elektrischen Potential beaufschlagt oder nicht mit einem elektrischen Potential beaufschlagt. Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit, das aufgrund der jeweiligen elektrischen Energiequelle zur Verfügung stehende elektrische Potential gewissermaßen nur teilweise an einer elektroaktiven Membran 40, 40' anzulegen.

[0050] Für die in Figur 4 gezeigte Ausführungsform bedeutet dies, dass mittels des jeweils an die oder jede dort gezeigte Membran 40 angelegten elektrischen Potentials einstellbar ist, wie weit die Treibstange 24 mittels des Rückstallelements 28 zurückgezogen werden kann. Die maximale Auslenkung der Treibstange 24 während eines Rückhubs bestimmt das maximale Volumen der Pumpenkammer 12. Bei einem hohen elektrischen Potential resultiert eine stärkere Längung der oder jeder Membran 40, so dass die Treibstange 24 entsprechend weit zurückgezogen werden kann. Bei einem geringeren elektrischen Potential resultiert eine weniger starke Längung der oder jeder Membran 40, so dass die Treibstange 24 entsprechend weniger weit zurückgezogen werden kann. Bei einem höheren elektrischen Potential resultiert entsprechend ein größeres maximales Kammervolumen. Dieses ist damit mittels des jeweils angelegten elektrischen Potentials (im Rahmen der Elastizität der Kammermembran 14 oder in Rahmen des Bewegungsbereichs des Kolbens 34) einstellbar. Die resultierende Schwingungsamplitude der Treibstange 24 bestimmt die Volumenänderung der Pumpenkammer 12 und damit zum Beispiel das Volumen (Flow) des pro Zeiteinheit (während eines Pumpenzyklus; während eines Rückhubs und eines anschließenden Vorhubs) mittels der Pumpe 10 geförderten Mediums.

[0051] Dabei ist vorteilhaft auch die Länge einer Zeiteinheit, also die Dauer eines Pumpenzyklus, genau einstellbar. Dazu wird auf die Darstellungen in Figur 6 und Figur 7 verweisen. Demnach wird zur Einstellung einer Dauer eines Pumpenzyklus beim Rückhub an die oder jede Membran 40 ein Potential gemäß einem vorgegebenen oder vorgebbaren ersten Spannungsprofil 50 (Rückhubspannungsprofil 50) angelegt und entsprechend beim Vorhub an die oder jede Membran 40 ein Potential gemäß einem vorgegebenen oder vorgebbaren zweiten Spannungsprofil 52 (Vorhubspannungsprofil 52) angelegt. Das Vorhub- und das Rückhubspannungsprofil 50, 52 können symmetrisch sein, wie dies in den Darstellungen in Figur 6 und Figur 7 gezeigt ist. Dies ist jedoch nicht notwendig und das Vorhub- und das Rückhubspannungsprofil 50, 52 können auch unterschiedlich

sein. Die Summe einer jeweiligen Dauer (t_R , t_V) des Rückhubspannungsprofils 50 und des Vorhubspannungsprofils 52 bestimmt die Gesamtdauer eines Pumpenzyklus der Pumpe 10 und ist zum Beispiel durch eine Veränderung der Steigung des Vorhub- und des Rückhubspannungsprofils 50, 52 einstellbar.

[0052] Obwohl in der Darstellung in Figur 7 im Interesse einfacher Verhältnisse lineare und monoton steigende bzw. fallende Rückhub- und Vorhubspannungsprofile 50, 52 gezeigt sind, kann jedes Profil 50, 52 zum Beispiel aus mehreren stückweise geraden Abschnitten mit jeweils unterschiedlichen Steigungen zusammengesetzt sein. Alternativ oder zusätzlich kommt auch in Betracht, dass zumindest einzelne Abschnitte eines Profils 50, 52 oder beide Profile 50, 52 einer mathematischen Funktion folgen, zum Beispiel einer trigonometrischen Funktion oder einer Exponentialfunktion.

[0053] Die Darstellung in Figur 7 zeigt ein Rückhub- und ein Vorhubspannungsprofil 50, 52, das im Wesentlichen einem Einschalten und einem Ausschalten des an die oder jede Membran 40 angelegten Potentials entspricht. Der zeitliche Verlauf der Änderung des Volumens der Pumpenkammer 12 ist dann auch durch die jeweilige Rückstellkraft bestimmt. Solche Profile 50, 52 lassen sich besonders einfach realisieren.

[0054] Allgemein gilt, dass bei der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform für einen Rückhub ein elektrisches Potential ($V_{Rück}$) zwischen einem unteren Schwellwert ($V_{min} \geq 0V$) und einem oberen Schwellwert (V_{max}), zum Beispiel dem aufgrund der elektrischen Energiequelle maximal zur Verfügung stehenden Potential, an die oder jede Membran 40 angelegt wird und für einen Vorhub ein elektrisches Potential (V_{Vor}) zwischen dem oberen Schwellwert (V_{max}) und dem unteren Schwellwert (V_{min}) an die oder jede Membran 40 angelegt wird: $V_{Rück} = [V_{min} \cdot V_{max}]$; $V_{Vor} = [V_{max} \cdot V_{min}]$. Durch die Wahl des unteren und oberen Schwellwerts (V_{min} bzw. V_{max}) können die beiden äußeren Scheitelpunkte der oszillierenden Bewegung der Treibstange 24 und damit der Pumpenhub genau eingestellt werden. Dies bedeutet eine exakte Einstellbarkeit der Volumenänderung der Pumpenkammer 12 während eines Pumpenzyklus (Rückhub und anschließender Vorhub). Durch die Wahl der Dauer (t_R) des Rückhubs und die Wahl der Dauer (t_V) des Vorhubs kann die Hubfrequenz der Pumpe 10 exakt eingestellt werden. Durch die Vorgabe des Rückhubspannungsprofils 50 und die Vorgabe des Vorhubspannungsprofils 52 kann die zeitliche Änderung des Volumens der Pumpenkammer 12 während eines Pumpenzyklus exakt eingestellt werden, optional sogar für beide Teilhube unabhängig voneinander. Alle diese Einstellmöglichkeiten sind miteinander kombinierbar, aber auch einzeln nutzbar, Letzteres zum Beispiel indem durch die Vorgabe des unteren und des oberen Schwellwerts (V_{min} , V_{max}) "nur" das Hubvolumen der Pumpe 10 eingestellt wird.

[0055] Die Erläuterungen anhand von Figur 6 und Figur 7 gelten entsprechend auch für die in Figur 5 gezeigte Ausführungsform einer Pumpe 10. Hier ist genauso wie

dies oben erläutert wurde, zusätzlich auch für die als Rückstellelement fungierende Rückhubmembran 40' deren jeweils wirksame Kraft durch eine Vorgabe des jeweils anliegenden Potentials einstellbar.

[0056] Die Darstellung in Figur 8 zeigt dazu exemplarisch mögliche aufgrund einer solchen Einstellbarkeit resultierende Volumina der Pumpenkammer 12 am Ende eines Rückhubs (Figur 8: links) und am Ende eines Vorhubs (Figur 8: rechts). Auf die Darstellung von elektroaktiven Membranen 40 ist dabei im Interesse der Übersichtlichkeit verzichtet worden. Entsprechend ist gedanklich zumindest eine Membran 40 gemäß Figur 4 oder zumindest eine Vorhubmembran 40 sowie zumindest eine Rückhubmembran 40' gemäß Figur 5 zu ergänzen. Bei den Darstellungen in Figur 8 oben ist das zugehörige V_{\max} deutlich größer als bei den Darstellungen in Figur 8 unten. Bei den Darstellungen in Figur 8 unten entspricht das zugehörige V_{\max} in etwa dem V_{\min} der Darstellungen in Figur 8 oben.

[0057] Die Darstellungen in Figur 9 zeigen eine Pumpe 10 mit einem Kolben 34 anstelle der bisher gezeigten Kammermembran 14. Weiter oben wurde bereits darauf hingewiesen, dass auch bei den Ausführungsformen, die eine Kammermembran 14 als Mittel zur periodischen Veränderung des Volumens der Pumpenkammer 12 zeigen, anstelle der dortigen Kammermembran 14 stets alternativ auch ein Kolben 34 als Mittel zur periodischen Veränderung des Volumens der Pumpenkammer 12 in Betracht kommt. In Figur 8 wurde gezeigt, dass sich durch Vorgabe des elektrischen Potentials, mit dem die oder jede Membran 40 oder die oder jede Vor- und Rückhubmembran 40, 40' beaufschlagt wird, eine mittlere Position einstellen lässt, um welche die Treibstange 24 und damit auch die Kammermembran 14 (oder ein Kolben 34) oszilliert. Demgegenüber ist in Figur 9 mittels jeweils gestrichelt dargestellter unterer (Rückhub) und oberer (Vorhub) Kolbenpositionen gezeigt, dass sich durch Vorgabe des elektrischen Potentials, mit dem die oder jede Membran 40 oder die oder jede Vor- und Rückhubmembran 40, 40' beaufschlagt wird, auch das Hubvolumen einstellen lässt. Die beiden anhand von Figur 8 und Figur 9 veranschaulichten Einstellmöglichkeiten sind darüber hinaus auch kombinierbar.

[0058] Die Darstellung in Figur 10 zeigt abschließend eine besondere Ausführungsform einer Pumpe 10 auf Basis der in Figur 5 gezeigten Pumpe 10. Die Besonderheit besteht darin, dass die zumindest eine als Vorhubmembran 40 und die zumindest eine als Rückhubmembran 40' fungierende elektroaktive Membran zyklisch entweder als Aktor oder als Sensor fungiert. Die Funktion als Aktor wurde bisher beschrieben und aufgrund der Funktion als Aktor ergibt sich die oszillierende Bewegung der Treibstange 24. Die Funktion als Sensor basiert darauf, dass mittels einer Kapazitätsmessung ein Maß für das jeweilige Aspektverhältnis (Verhältnis von Dicke zu Fläche) der Membran 40, 40' ermittelbar ist. Die jeweils ermittelte Kapazität ist ein Maß für die jeweilige wirksame Länge der Membran 40, 40' und damit auch ein Maß für

die axiale Position der Treibstange 24. Die axiale Position der Treibstange 24 ist wiederum ein Maß für die Position der Pumpe 10, so dass mittels einer Kapazitätsmessung Positionsmesswerte erhältlich sind, die für eine Regelung der Pumpe 10 verwendbar sind. Eine besondere Ausführungsform einer Pumpe 10 der bisher vorgeschlagenen Art besteht entsprechend darin, dass mittels eines aufgrund einer Kapazitätsmessung an zumindest einer Membran 40, 40' erhältlichen Positionsmesswerts eine Regelung der Lage der Treibstange 24 (Lageregelung) und/oder eine Regelung der Geschwindigkeit der Bewegung der Treibstange 24 (Geschwindigkeitsregelung) erfolgt. In der Darstellung in Figur 10 ist die alternierende Funktion der Membranen 40, 40' als Aktor oder Sensor dargestellt, indem neben den Leitungen 42, 44 zum Beaufschlagen der jeweiligen Membran 40, 40' mit einem elektrischen Potential weitere Leitungen (Messleitungen) 46, 48 zur Kapazitätsmessung gezeigt sind.

[0059] Eine in diesem Sinne zumindest zeitweise als Sensor fungierende Membran 40, 40' ermöglicht die Erfassung des Bewegungsablaufs der Pumpe 10 und ermöglicht mittels einer entsprechenden Regelung zum Beispiel Betriebsarten der Pumpe 10 mit konstanter Pumpfrequenz, konstantem Hub, konstanter Kraft, konstanter Volumenänderung der Pumpenkammer 12 über der Zeit. Darüber hinaus sind auch funktionale Kombinationen der vorstehend genannten Regelungsarten möglich.

[0060] Einzelne im Vordergrund stehende Aspekte der hier eingereichten Beschreibung lassen sich damit kurz wie folgt zusammenfassen: Angegeben werden eine Kammerpumpe 10 und ein Verfahren zu deren Betrieb. Die Kammerpumpe 10 umfasst in an sich bekannter Art eine Pumpenkammer 12, eine Kammermembran 14 oder einen Kolben 34 als Mittel zum Verändern des Volumens der Pumpenkammer 12, sowie eine zum Verändern des Volumens der Pumpenkammer 12 an der Kammermembran 14 oder dem Kolben 34 angreifende und axial bewegliche Treibstange 24. Die hier vorgeschlagene Kammerpumpe 10 zeichnet sich dadurch aus, dass diese zumindest eine als Aktor zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange 24 fungierende und einerseits an der Treibstange 24 sowie andererseits an einem Gehäuse der Pumpe 10 angreifende elektroaktive Membran 40, 40' umfasst und dass beim Betrieb der Kammerpumpe 10 die zumindest eine elektroaktive Membran 40, 40' zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange 24 und zum Erhalt eines Rückhubs oder eines Vorhubs der Kammerpumpe 10 mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0061]

10	Pumpe / Kammerpumpe
12	Pumpenkammer
14	Kammermembran

16	Gehäuseteil
18,20	Ventil
22	Exzentrerscheibe
24	Treibstange
26	Spule
28	Federelement, Rückstellelement
30	Anker
32	Führung
34	Kolben
36, 38	(frei)
40, 40'	elektroaktive Membran
42, 44	Leitung (zur Beaufschlagung einer elektroaktiven Membran mit einem elektrischen Potential)
46, 48	Leitung (zur Kapazitätsmessung an einer elektroaktiven Membran)
50	Rückhubspannungsprofil
52	Vorhubspannungsprofil

Patentansprüche

1. Kammerpumpe (10) zur Verwendung in einem Medizingerät oder in einem sicherheitstechnischen System, mit einer Pumpenkammer (12), einer Kammermembran (14) oder einem Kolben (34) als Mittel zum Verändern des Volumens der Pumpenkammer (12) sowie einer zum Verändern des Volumens der Pumpenkammer (12) an der Kammermembran (14) oder dem Kolben (34) angreifenden und axial beweglichen Treibstange (24), wobei als Aktor zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange (24) zumindest eine an der Treibstange (24) angreifende elektroaktive Membran (40, 40') fungiert, wobei mittels der zumindest einen als Aktor fungierenden elektroaktiven Membran (40, 40') eine Kraft zur Auslenkung der Treibstange (24) in einer ersten Richtung aufbringbar ist und die Kammerpumpe (10) ein Rückstellelement (28, 40') umfasst, mittels dessen eine Kraft zur Auslenkung der Treibstange (24) in eine der ersten Richtung entgegengesetzte zweite Richtung aufbringbar ist
dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine einerseits an der Treibstange (24) angreifende elektroaktive Membran (40, 40') andererseits an einem Gehäuse der Pumpe (10) angreift,
dass zumindest eine weitere als Aktor fungierende elektroaktive Membran (40'), die einerseits an der Treibstange (24) und andererseits an einem Gehäuse der Pumpe (10) angreift, als Rückstellelement fungiert.
2. Kammerpumpe (10) nach Anspruch 1, mit zumindest einer ersten als Aktor fungierenden

elektroaktiven Membran (40) und zumindest einer zweiten als Aktor fungierenden elektroaktiven Membran (40'), die jeweils einerseits an der Treibstange (24) und andererseits am Gehäuse der Kammerpumpe (10) angreifen und dafür bestimmt sind, in axialer Richtung der Treibstange (24) eine Kraft auf die Treibstange (24) auszuüben, wobei die mittels der oder jeder ersten elektroaktiven Membran (40) auf die Treibstange (24) ausübende Kraft antiparallel zu der mittels der oder jeder zweiten elektroaktiven Membran (40') auf die Treibstange (24) ausübenden Kraft gerichtet ist.

3. Kammerpumpe (10) nach Anspruch 2, wobei die oder jede erste elektroaktive Membran (40) ausgehend vom an der Kammermembran (14) oder am Kolben (34) angreifenden Ende der Treibstange (24) vor der oder jeder zweiten elektroaktiven Membran (40') an der Treibstange (24) angreift, wobei die oder jede erste elektroaktive Membran (40) in dieser Richtung vor ihrem Angriffspunkt an der Treibstange (24) an dem Pumpengehäuse angreift und wobei die oder jede zweite elektroaktive Membran (40') in dieser Richtung hinter ihrem Angriffspunkt an der Treibstange (24) an dem Pumpengehäuse angreift.
4. Kammerpumpe (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine elektroaktive Membran (40, 40') als Sensor zum Erhalt einer Positionsinformation bezüglich einer Position der Kammermembran (14) oder des Kolbens (34) fungiert.
5. Kammerpumpe (10) nach Anspruch 4 sowie einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei die zumindest eine erste elektroaktive Membran (40) und die zumindest eine zweite elektroaktive Membran (40') alternierend als Aktor und als Sensor fungieren.
6. Verfahren zum Betrieb einer Kammerpumpe (10) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine elektroaktive Membran (40, 40') oder die als Rückstellelement fungierende, zumindest eine weitere elektroaktive Membran (40, 40'), zur Beeinflussung einer axialen Position der Treibstange (24) und zum Erhalt eines Rückhubs oder eines Vorhubs der Kammerpumpe (10) mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die zumindest eine erste elektroaktive Membran (40) und die zumindest eine zweite elektroaktive Membran (40') alternierend oder phasenverschoben mit einem elek-

trischen Potential beaufschlagt werden und als Aktoren zum Erhalt einer oszillierenden Bewegung der Pleibstange (24) fungieren.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei die oder jede erste elektroaktive Membran (40) entsprechend einem vorgegebenen oder vorgebbaren ersten Spannungsprofil (50) mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird und die oder jede zweite elektroaktive Membran (40') entsprechend einem vorgegebenen oder vorgebbaren zweiten Spannungsprofil (52) mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird. 5
10
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei mittels zumindest einer elektroaktiven Membran (40, 40') in Form einer Kapazitätsmessung eine Positionsinformation bezüglich einer Position der Kammermembran (14) oder des Kolbens (34) ermittelt wird. 15
20
10. Verfahren nach Anspruch 6 bis 8, wobei die oder eine erste elektroaktive Membran (40) alternierend mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird oder zum Erhalt einer Positionsinformation deren Kapazität gemessen wird und/oder wobei die oder eine zweite elektroaktive Membran (40') alternierend mit einem elektrischen Potential beaufschlagt wird oder zum Erhalt einer Positionsinformation deren Kapazität gemessen wird. 25
30
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Positionsinformation als Istwert für eine Regelung der Kammerpumpe (10) fungiert. 35

40

45

50

55

Fig. 1
(Stand der Technik)

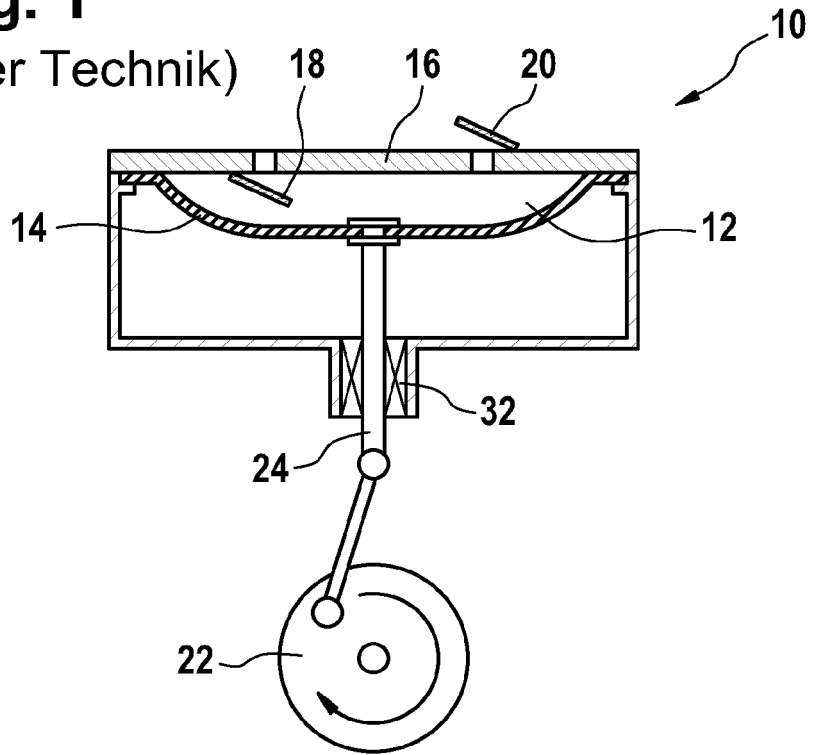


Fig. 2
(Stand der Technik)

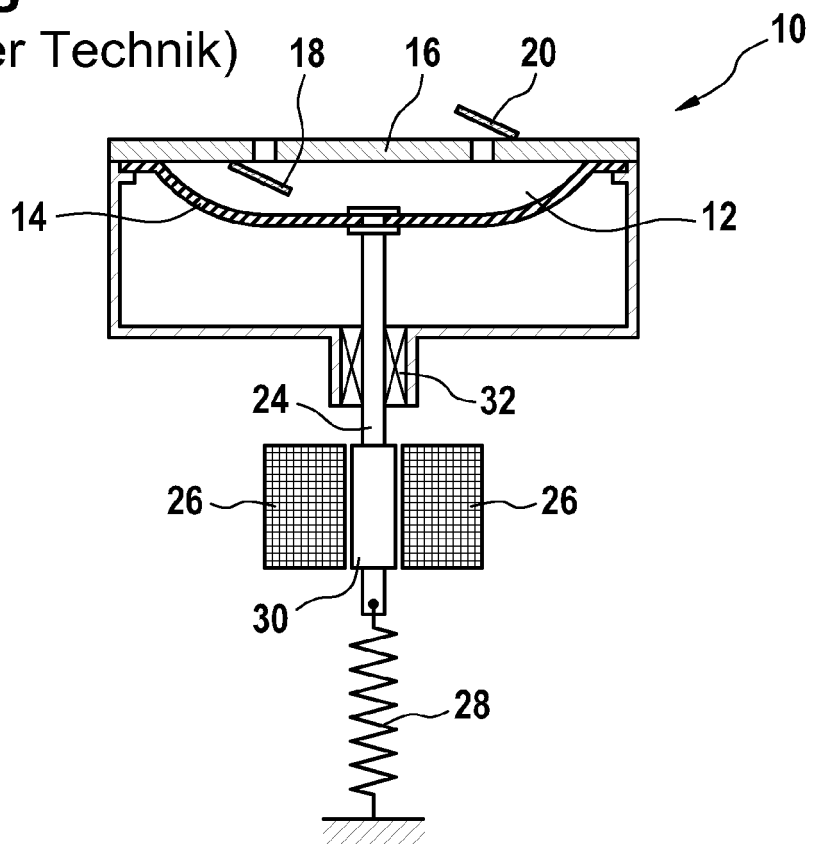


Fig. 3

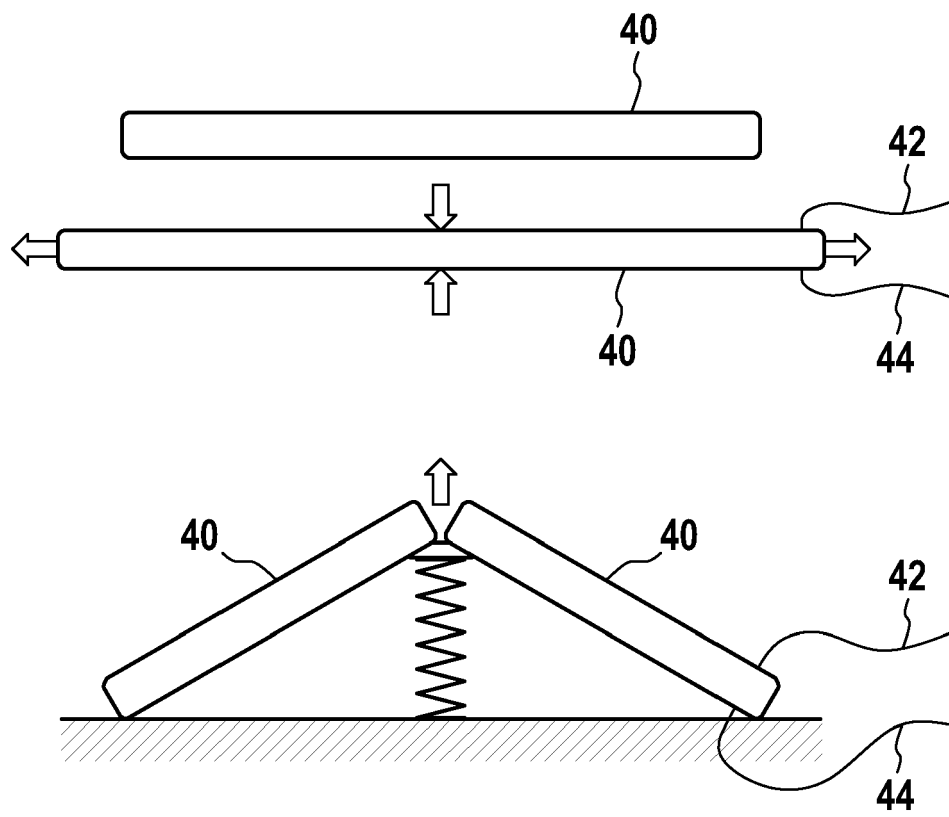


Fig. 4

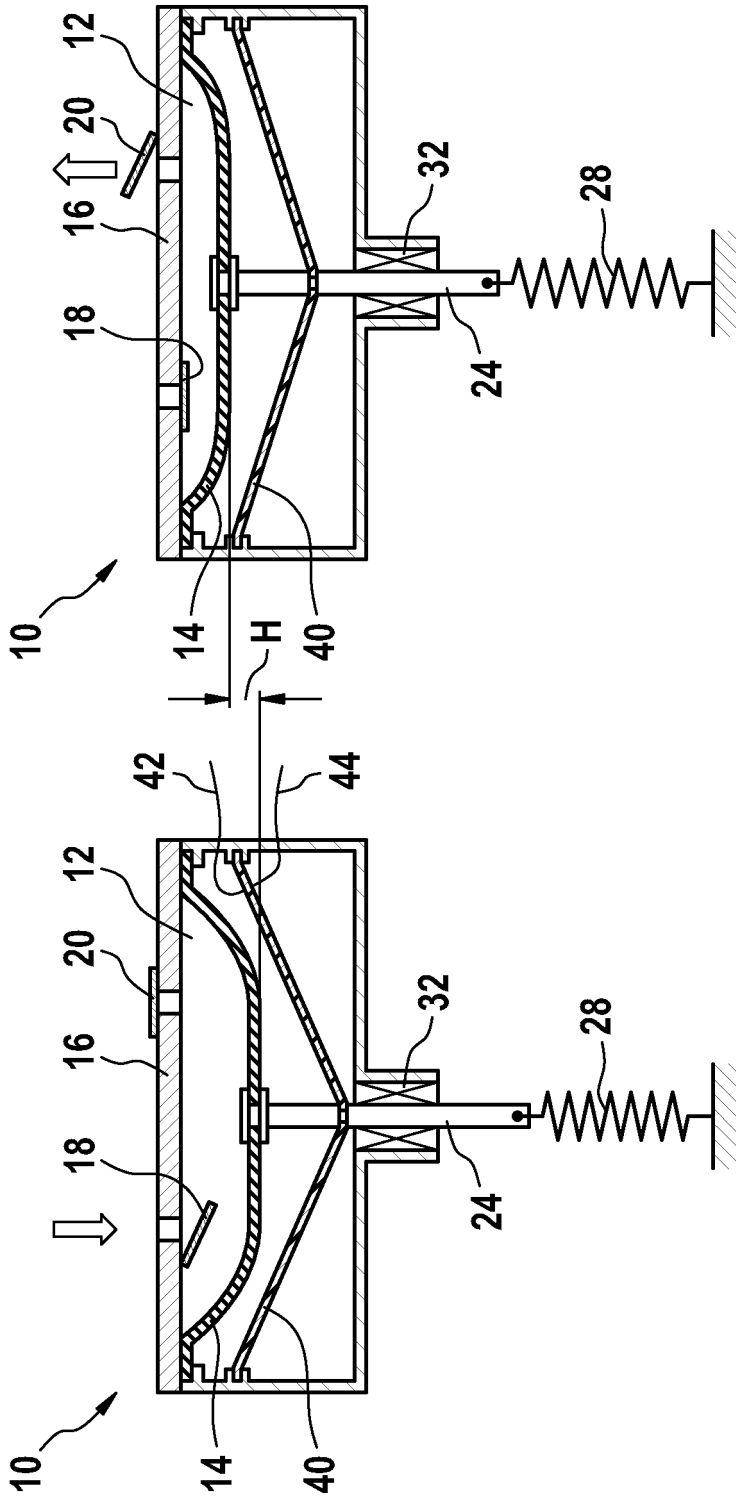


Fig. 5

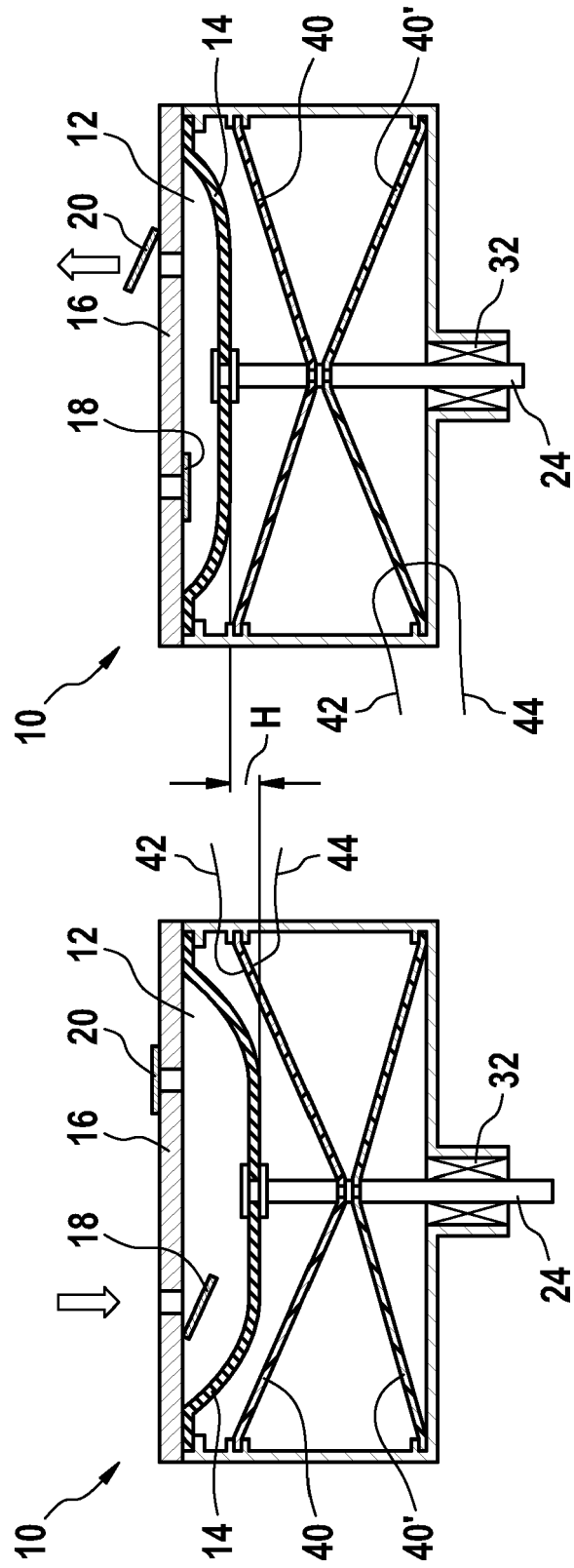


Fig. 6

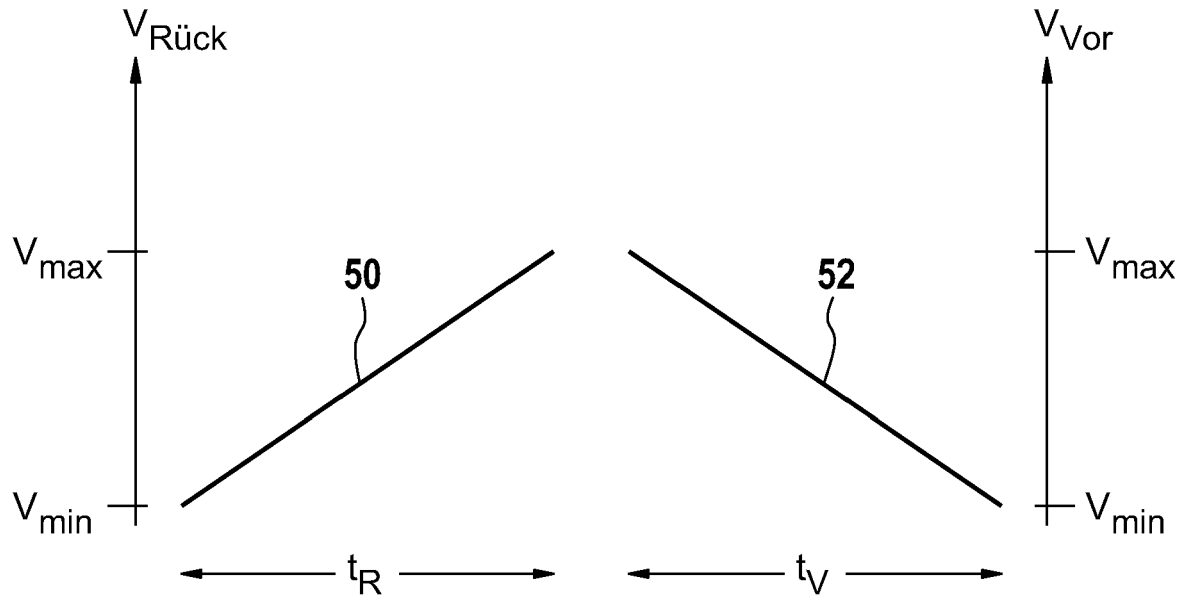


Fig. 7

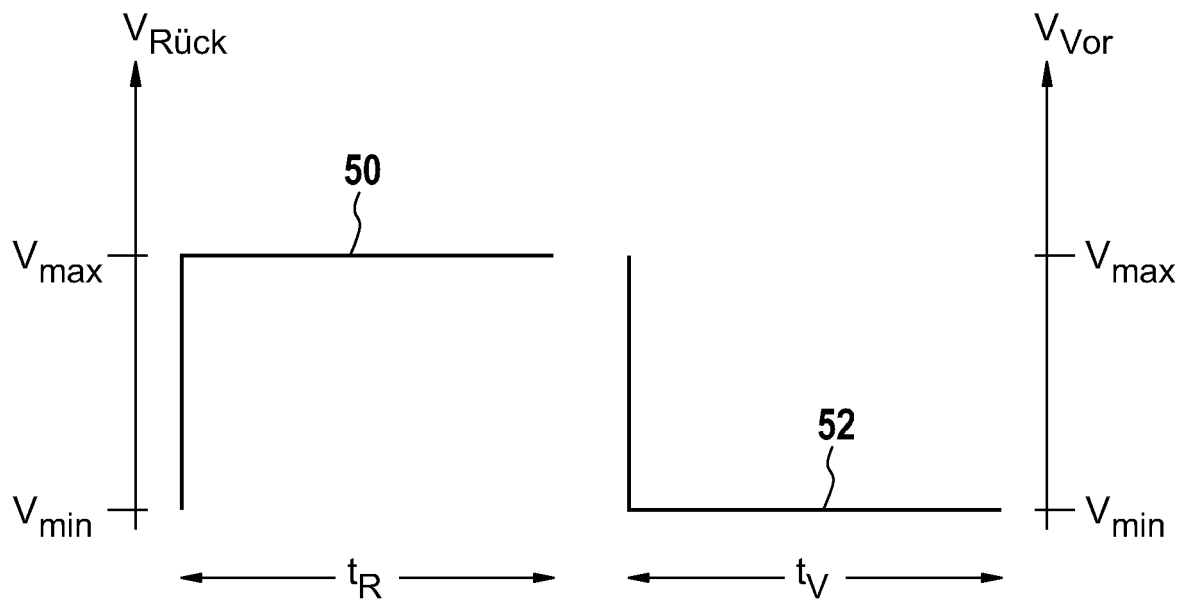


Fig. 8

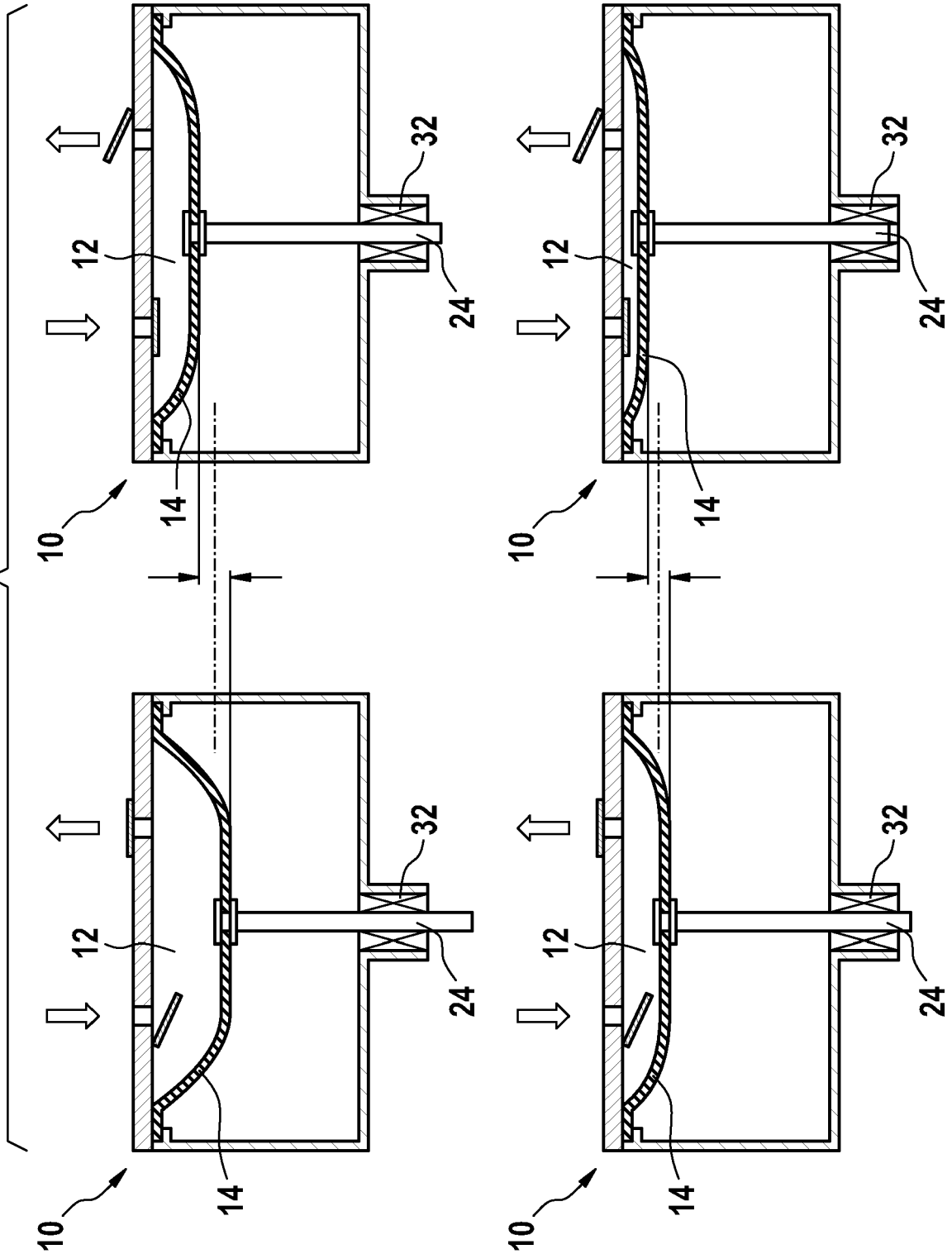


Fig. 9

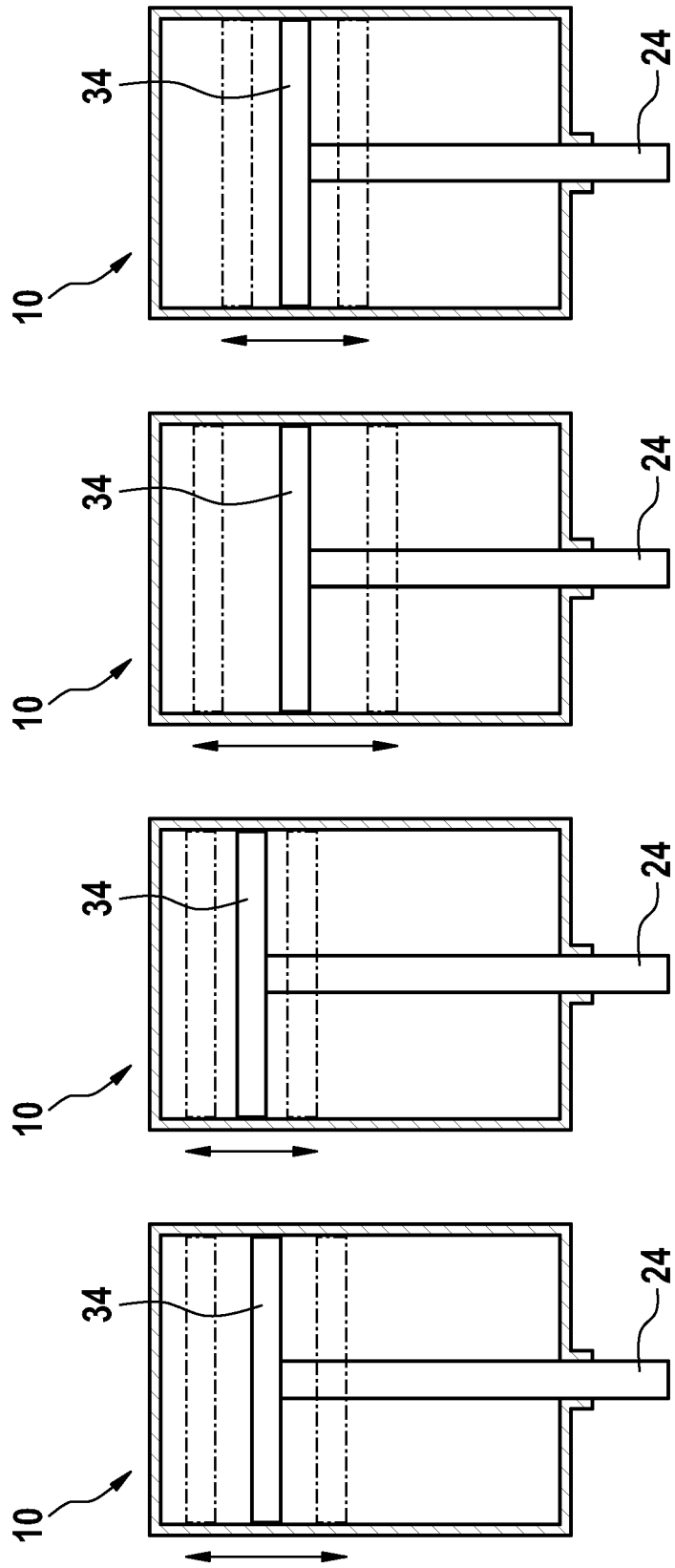
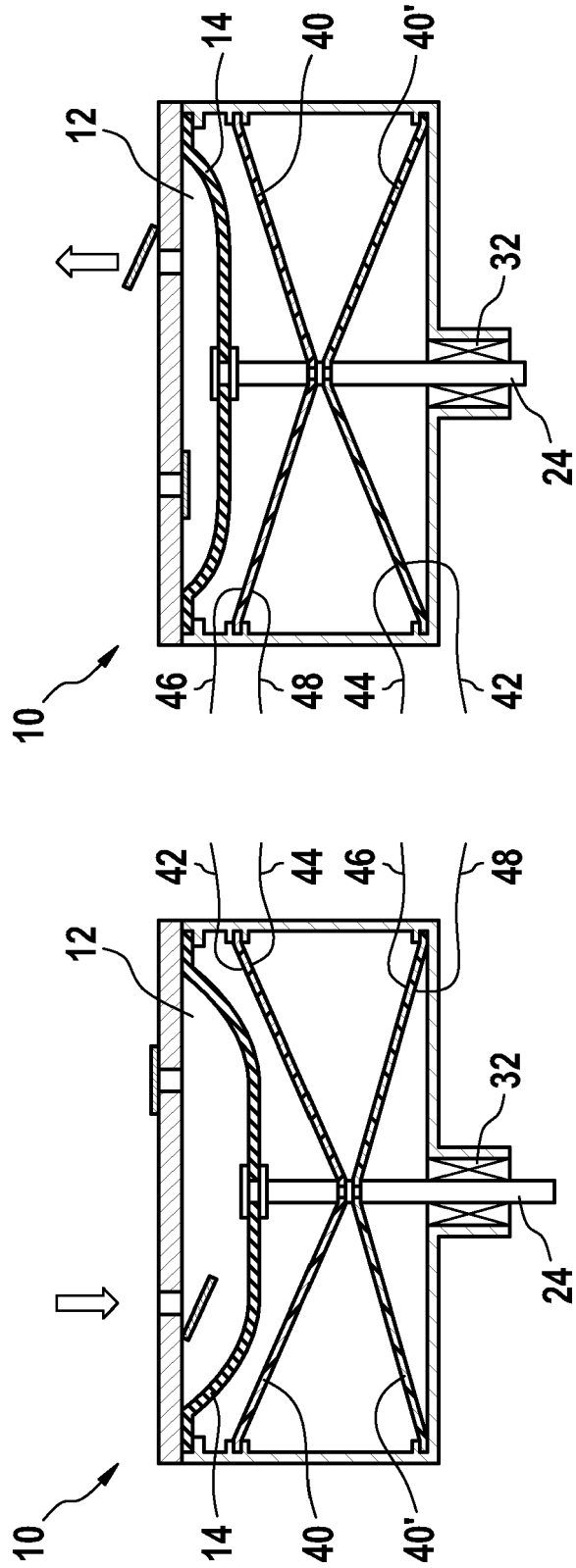


Fig. 10





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 20 6873

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2007/200468 A1 (HEIM JONATHAN R [US]) 30. August 2007 (2007-08-30)	1-3,6-8	INV. F04B17/03 F04B43/04
A	* Absätze [0147] - [0151]; Abbildungen 17,18,33 *	4,5,9-11	
A	----- WO 2010/108041 A1 (ARTIFICIAL MUSCLE INC [US]; BLASCH IAN [US]) 23. September 2010 (2010-09-23) * Abbildungen 1-3 *	1-11	
A	----- DE 10 2013 013545 A1 (FESTO AG & CO KG [DE]) 19. Februar 2015 (2015-02-19) * Absätze [0010] - [0025]; Abbildungen 1-6 *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 8. Mai 2018	Prüfer Ziegler, Hans-Jürgen
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 20 6873

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

08-05-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007200468 A1	30-08-2007	US 2007200468 A1	30-08-2007
		US 2009236939 A1	24-09-2009
		US 2010231091 A1	16-09-2010

WO 2010108041 A1	23-09-2010	CN 102422627 A	18-04-2012
		EP 2409486 A1	25-01-2012
		JP 2012521566 A	13-09-2012
		KR 20110128929 A	30-11-2011
		TW 201115205 A	01-05-2011
		US 2012075519 A1	29-03-2012
		WO 2010108041 A1	23-09-2010

DE 102013013545 A1	19-02-2015	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

- US 2004124384 A1 [0034]