

(19)



(11)

**EP 2 889 481 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**26.10.2022 Patentblatt 2022/43**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F04B 35/04** <sup>(2006.01)</sup> **F04B 37/14** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04B 37/16** <sup>(2006.01)</sup> **F04B 43/04** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04B 51/00** <sup>(2006.01)</sup> **F04B 45/047** <sup>(2006.01)</sup>

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**04.04.2018 Patentblatt 2018/14**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04B 51/00; F04B 35/045; F04B 37/14;**  
**F04B 37/16; F04B 43/04; F04B 45/047**

(21) Anmeldenummer: **14192137.9**

(22) Anmeldetag: **06.11.2014**

(54) **Verfahren zur Kalibrierung einer Membranvakuumpumpe sowie Membranvakuumpumpe**

Method for calibrating a membrane vacuum pump and membrane vacuum pump

Procédé d'étalonnage d'une pompe sous vide à membrane et pompe sous vide à membrane

(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**

(30) Priorität: **03.12.2013 DE 102013113351**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**01.07.2015 Patentblatt 2015/27**

(73) Patentinhaber: **Pfeiffer Vacuum GmbH**  
**35614 Aßlar (DE)**

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

- **Oberbeck, Sebastian**  
**35781 Weilburg (DE)**
- **Söhngen, Swen**  
**35647 Kröffelbach (DE)**
- **Vorwerk, Peter**  
**35630 Ehringshausen (DE)**

(74) Vertreter: **Knefel, Cordula**  
**Wertherstrasse 16**  
**35578 Wetzlar (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 757 809 WO-A1-2007/058579**  
**WO-A2-2008/031418 DE-C1- 859 477**  
**US-A1- 2005 047 923**

**EP 2 889 481 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung einer Membranvakuumpumpe sowie eine Membranvakuumpumpe.

**[0002]** Membranvakuum Pumpen sind trockene Verdängerpumpen. Aus der Praxis ist bekannt, dass ein von einer Kurbelwelle angetriebener Pleuel eine zwischen einem Kopfdeckel und einem Gehäuse der Membranvakuumpumpe eingespannte Membran bewegt, die mit dem Raum im Kopfdeckel einen Schöpfraum bildet. Membranvakuum Pumpen benötigen Einlass- und Auslassventile, um eine gerichtete Gasförderung zu erreichen. Als Ventile ist es aus der Praxis bekannt, druckgesteuerte Flatterventile aus Elastomerwerkstoffen zu verwenden. Da der Schöpfraum durch die Membran zum Antrieb hin hermetisch abgedichtet ist, wird das geforderte Medium weder durch Öl verunreinigt, noch können aggressive Medien die Technik angreifen. Das Totvolumen zwischen dem Auslassventil und dem Schöpfraum führt zu einem begrenzten Kompressionsverhältnis, so dass mit einer Pumpstufe üblicherweise ein Enddruck von circa 70 Hektopascal erreicht werden kann.

**[0003]** Aufgrund ihres kohlenstofffreien Schöpfraumes sind Membranvakuum Pumpen besonders gut als trockene Vorpumpen für Turbomolekularpumpen mit Holweckstufe geeignet. Schon zweistufige Membranvakuum Pumpen, die etwa 5 Hektopascal Enddruck erreichen, kann man als Vorpumpen für Holweckturbopumpen verwenden.

**[0004]** Zum Stand der Technik (DE 1 960 371) gehört eine Membranpumpe, die nach einem Schwingspulenprinzip arbeitet. Im Allgemeinen arbeiten diese Pumpen in der Weise, dass bei bekannten Kolbenpumpen der Kolben durch eine Membran ersetzt ist, welche periodisch deformiert wird. Bei Membranpumpen nach dem Schwingspulenprinzip erfolgt der Antrieb durch einen mit einer Schwingspule gekoppelten Kolben.

**[0005]** Diese zum Stand der Technik gehörende Membranpumpe weist den Nachteil auf, dass der Totpunkt des Kolbens, das heißt der Maximalhub, manuell eingestellt werden muss, damit die Membran am Membrankopf optimal anliegt. Liegt sie nicht optimal an, bleibt in dem Förderraum ein Totvolumen, was zu einem begrenzten Kompressionsverhältnis führt. Andererseits darf die Membran nicht zu fest an dem Membrankopf angedrückt werden, um einem vorzeitigen Verschleiß vorzubeugen.

**[0006]** Zum Stand der Technik (DE 10 2006 044 248 B3) gehört ebenfalls eine Membranpumpe. Diese zum Stand der Technik gehörende Membranpumpe versucht, eine exakte Dosierung eines zu fördernden Fluids zu ermöglichen. Hierzu wird der Kolben mit einer Bodenfläche des Kolbenarbeitsraumes in Verbindung gebracht und hierdurch wird ein exakter, unterer Totpunkt definiert, der nicht von weiteren Toleranzen abhängig ist.

**[0007]** Diese zum Stand der Technik gehörende Membranpumpe weist den Nachteil auf, dass bei dieser Mem-

branpumpe mit einer sehr hohen Fertigungsgenauigkeit gearbeitet werden muss. Verschleißt die Membran, ist der Totpunkt nicht verstellbar, so dass ein Totvolumen in dem Schöpfraum nach und nach im Betrieb entstehen kann, welches nicht ausgeglichen werden kann.

**[0008]** Zum Stand der Technik (DE 859 477 C) gehört ein Kolbenverdichter für Kältemaschinen. Gemäß diesem Stand der Technik weist der Kolbenverdichter einen einseitig wirkenden Kolben für Kältemaschinen auf. Der zum Stand der Technik gehörende Verdichter arbeitet derart, dass der Kolben auf seinem Druckhub mittels einer einseitig wirkenden Vorrichtung betätigt wird, die bei dem Rückgang des Kolbens keine Wirkung auf ihn auszuüben vermag, während der Rückgang (gleich Saughub des Kolbens) durch den Differenzdruck des Kältemittels in dem Verdampfer der Kältemaschine gegenüber der Atmosphäre bewirkt wird. Gemäß diesem Stand der Technik ist der Kolben als ringsherum eingespannte Membran ausgebildet. Die Membran wird in beiden Richtungen durch Druck betätigt, indem während des Druckhubes die Betätigungsverrichtung auf die Membran wirkt, während bei dem Rückgang die Membran durch den Differenzdruck des Kältemittels aus dem Verdampfer gegenüber der Atmosphäre zurückbewegt wird. Diese zum Stand der Technik gehörende Membranpumpe weist ebenfalls den Nachteil auf, dass bei dieser Membranpumpe mit einer sehr hohen Fertigungsgenauigkeit gearbeitet werden muss. Verschleißt die Membran, ist der Totpunkt nicht verstellbar.

**[0009]** Weiterhin gehört zum Stand der Technik (US 2005/047923 A1) eine Membranpumpe mit einem Schwingspulenantrieb. Diese zum Stand der Technik gehörende lineare Membranpumpe weist einen Schwingspulen antrieb mit einer Spule und einem der Spule zugeordneten Magneten auf, wobei die Spule als Stator und der Magnet als Läufer ausgebildet ist. Diese zum Stand der Technik gehörende Membranvakuumpumpe kann weiter verbessert werden.

**[0010]** Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, ein Verfahren zur Kalibrierung einer Membranvakuumpumpe sowie eine Membranvakuumpumpe anzugeben, mit denen die Nachteile des Standes der Technik vermieden werden können.

**[0011]** Dieses technische Problem wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch eine Membranvakuumpumpe mit den Merkmalen gemäß Anspruch 7 gelöst.

**[0012]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Selbstkalibrierung einer Membranvakuumpumpe zur Förderung eines Gases und Dosierung eines Mediums mit einem mit dem Gas füllbaren Förderraum mit einem mit einem Schwingspulen antrieb linear antreibbaren Kolben in einem Antriebsraum mit einer Membran, die den Förderraum und den Antriebsraum trennt und zwischen Förderraum und Antriebsraum schwingend angeordnet ist, mit einem Membrankopf, der mit der Membran den Förderraum bildet, wobei der Kolben als ein die Membran in Bewegung versetzender und um eine vorbestimmte

Wegstrecke bewegbarer Kolben ausgebildet ist, zeichnet sich dadurch aus, dass eine Vorrichtung zur Erfassung eines Totpunktes und/oder einer Position des Kolbens vorgesehen ist und dass eine Steuervorrichtung den Totpunkt in Abhängigkeit von dem erfassten Signal der Vorrichtung verstellt, und dass vor Inbetriebnahme der Pumpe, das heißt vor einem Pumpvorgang eine automatische Kalibrierfahrt durchgeführt wird, wobei der Kolben mit gegenüber dem Pumpbetrieb reduzierter Kraft die Membran in den Membrankopf oder gegen einen mechanischen Endpunkt der Membran fährt.

**[0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass die Membranvakuumpumpe als eine selbstkalibrierende Membranvakuumpumpe ausgebildet ist. Das erfindungsgemäße Verfahren wird von der Steuervorrichtung durchgeführt. Mit der Steuervorrichtung und dem Schwingspulenantrieb der Membranvakuumpumpe ist eine Kalibrierung des Totpunktes vor jedem Start oder einmalig nach der Fertigung möglich. Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren selbstkalibrierende Membranvakuumpumpe erzielt hierdurch einen optimalen Enddruck. Des Weiteren können durch das erfindungsgemäße Verfahren Fertigungstoleranzen kompensiert und/oder erhöht werden. Die dadurch verbundene Kostenersparnis der mechanischen Kalibrierung und der schnelleren und preiswerteren Fertigung liefert eine optimale Membranvakuumpumpe.

**[0014]** Mit einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung verstellt die Steuereinrichtung aufgrund eines Signales wenigstens eines Klopfensors den Totpunkt. Bei dieser Ausführung regelt sich die Pumpe durch einen Regelkreis selbst. Schlägt die Membran gegen den wenigstens einen Klopfensor, bekommt der Kolben mit der Membran beim nächsten Hub den Befehl, den Hub um einen bestimmten Wert schrittweise zu minimieren, um schließlich den optimalen Totpunkt zu finden.

**[0015]** Die Steuereinrichtung verstellt den Totpunkt vorteilhaft lediglich während einer Kalibrierfahrt. Diese Selbstkalibrierung wird vor Inbetriebnahme der Pumpe durchgeführt. Während des Pumpbetriebes wird der Totpunkt nicht verstellt.

**[0016]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Kolben zu Beginn der Kalibrierfahrt mit gegenüber dem Pumpbetrieb reduzierter Kraft die Membran in den Membrankopf oder gegen einen mechanischen Endpunkt der Membran fährt.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Verfahren erspart den Zeitaufwand einer manuellen Kalibrierung und verbessert den Enddruck der Membranvakuumpumpe.

**[0018]** Vor jedem Start der Membranvakuumpumpe wird vorteilhaft eine automatische Kalibrierfahrt durchgeführt.

**[0019]** Bei dieser Kalibrierfahrt wird das Bewegungslimit des Kolbens in positiver Richtung festgestellt, indem der Kolben mit gegenüber dem Pumpbetrieb reduzierter Kraft die Membran in den Membrankopf oder gegen einen mechanischen Endpunkt der Membran fährt.

**[0020]** Vorteilhaft erfasst die Steuereinrichtung konti-

nuierlich eine Ist-Position des Kolbens und vergleicht diese mit einer Soll-Position. Aus der Ist-Position und der Soll-Position ermittelt die Steuervorrichtung den Endpunkt der Bewegung der Membran.

**[0021]** Der Vorteil, der durch diese Selbstkalibrierung entsteht, resultiert aus der Kostenersparnis, die durch den geringeren Fertigungsaufwand zustande kommt. Gleichzeitig können die Bauteile einer solchen Pumpe geringere Fertigungstoleranzen aufweisen, da die Kalibrierung diese kompensiert, was zu einer effizienteren und kostengünstigeren Fertigung führt. Der Enddruck und das Saugvermögen der Membranvakuumpumpe können über das erfindungsgemäße Verfahren variiert werden.

**[0022]** Der ermittelte Endpunkt der Membran wird vorteilhaft abgespeichert und der Endpunkt wird während des Pumpbetriebes als Maximalhub verwendet.

**[0023]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird vor jeder Inbetriebnahme der Membranvakuumpumpe oder einmalig nach der Fertigung eine Kalibrierfahrt durchgeführt. Hierdurch ist es möglich, das Saugvermögen und den Enddruck der Membranvakuumpumpe zu optimieren.

**[0024]** Der Totpunkt des Kolbens kann vorteilhaft derart eingestellt werden, dass die Membran an dem Membrankopf anliegt. Hierdurch ist gewährleistet, dass kein Totraum in dem Förderaum entsteht, was besonders vorteilhaft ist und das Saugvermögen der Membranvakuumpumpe optimiert.

**[0025]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird der Totpunkt derart eingestellt, dass die Membran in den Membrankopf gedrückt wird. Das bedeutet, dass die Membran "in den Membrankopf" gefahren wird, beziehungsweise mit einem gewissen Druck angedrückt wird, wodurch das Totvolumen auf ein Minimum reduziert wird, was sich wiederum positiv auf Enddruck und Saugvermögen der Membranvakuumpumpe auswirkt. Der dabei verwendete Druck sollte nicht zu einer plastischen Dehnung oder einer Zerstörung des Membranwerkstoffes führen.

**[0026]** Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, dass der Totpunkt derart eingestellt wird, dass zwischen Membran und Membrankopf ein Abstand von weniger als 0,5 Millimeter, besonders vorteilhaft von weniger als 0,3 Millimeter verbleibt. Gemäß dieser Ausführungsform ist zwar ein geringes Totvolumen in dem Membrankopf vorhanden. Hierdurch wird jedoch ein Verschleiß der Membran vermieden.

**[0027]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird die Kalibrierung vollautomatisch durchgeführt. Hierdurch erhält man eine erhebliche Zeitersparnis, da eine manuelle Kalibrierung sehr zeitaufwendig ist.

**[0028]** Eine Kalibrierfahrt umfasst vorzugsweise wenigstens einen Hub des Kolbens. Bei der Kalibrierfahrt führt der Kolben in der Regel vorteilhaft mehrere Hübe durch, um eine möglichst gute Kalibrierung zu erzielen.

**[0029]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass bei der

Verwendung eines Klopfensors der Hub des Kolbens verringert wird, wenn die Steuereinrichtung ein Signal von dem Klopfensor erhält. Erhält der Klopfensor ein Signal, ist die Membran gegen den Klopfensor gefahren. Hierbei erfasst die Steuervorrichtung, dass der Hub zu groß ist, beziehungsweise dass der Totpunkt für eine optimale Kalibrierung überschritten wurde. In diesem Falle wird vorteilhaft der Hub des Kolbens entweder um einen vordefinierten Wert verringert oder der Hub wird schrittweise verringert und nach jedem Schritt wird erneut ein Hub ausgeführt, um zu prüfen, ob der Klopfensor bei verringertem Hub immer noch ein Signal liefert.

**[0030]** Der vordefinierte Wert wird im Vorfeld festgelegt. Beispielsweise kann der Hub, wenn der Klopfensor ein Signal gibt, im Zehntel Millimeterbereich verringert werden. Es ist auch von vornherein möglich festzulegen, dass der Hub des Kolbens um 0,3 Millimeter oder 0,5 Millimeter verringert wird.

**[0031]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Haltekraft eingestellt wird, mit der die Membran gegen den Membrankopf gedrückt wird, und dass diese Ist-Position des Kolbens erfasst und gespeichert wird. Diese Haltekraft wird benötigt, um die Membran, nachdem sie vorteilhaft langsam in den mechanischen Endpunkt gedrückt wurde, dort kurzzeitig zu halten, wodurch die Möglichkeit besteht, den Endpunkt zu erfassen und abzuspeichern.

**[0032]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der maximale Hub des Kolbens während der Kalibrierfahrt die ermittelte Ist-Position überschreitet. Es besteht die Möglichkeit, den maximalen Hub zu Beginn der Kalibrierfahrt absichtlich höher einzustellen als eigentlich vorgesehen. In diesem Fall drückt der Kolben die Membran in den Endpunkt und es wird so der maximale Hub von der Steuereinrichtung ermittelt.

**[0033]** Wird die Membran gegen den Membrankopf gefahren, stellt die Steuereinrichtung diese Bewegung als fehlerhaft fest. Um die Bewegung fortsetzen zu können, wird verhindert, dass der Kolben stoppt.

**[0034]** Die durch den Kontakt der Membran mit dem Membrankopf beziehungsweise dem ständigen Vergleich der Soll- und Ist-position des Kolbens entstehenden Bewegungsfehler werden vorteilhaft gezählt. Erreicht der Zähler dabei einen definierten Wert, beendet die Steuervorrichtung die Bewegung, da der Endpunkt der Bewegung erreicht wurde. Das bedeutet, dass gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vor Aufnahme des Pumpbetriebes der Membranvakuumpumpe die Membran gegen den Membrankopf gefahren wird, dass die Steuereinrichtung diese Bewegung als fehlerhaft erfasst und dass nach wenigstens zwei fehlerhaften Bewegungen die Steuereinrichtung die Ist-Position des Totpunktes des Kolbens erfasst und verringert. Diese Maßnahme dient dazu, den Verschleiß der Membran zu minimieren.

**[0035]** Die Verringerung der Ist-Position des Totpunk-

tes des Kolbens erfolgt vorzugsweise um einen vordefinierten Wert. Wie schon ausgeführt, kann der Wert vorher festgelegt werden, beispielsweise in Zehntel Millimeterschritten (abhängig von der Auflösung des verbauten Messsystems).

**[0036]** Die Größe des vordefinierten Wertes bestimmt vorteilhafterweise, ob die Membran im Totpunkt des Kolbens mit Abstand zu dem Membrankopf, anliegend an dem Membrankopf oder gegen den Membrankopf gedrückt angeordnet ist.

**[0037]** Je nachdem, welcher Betrieb mit der Membranvakuumpumpe gewünscht ist, wird der definierte Wert im Vorfeld festgelegt.

**[0038]** Wird die Membran in den Membrankopf gedrückt, wird das Totvolumen möglichst verkleinert.

**[0039]** Liegt die Membran lediglich am Membrankopf an oder ist ein minimaler Spalt zwischen Membran und Membrankopf enthalten, ist der Verschleiß der Membran geringer.

**[0040]** Vor jedem Einschalten der Pumpe ist es gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung möglich, dass der Kolben mit der Membran (Aktor) absichtlich gegen den Membrankopf fährt. Hierdurch misst die Steuereinrichtung eine fehlerhafte Bewegung in Form von "Moving Errors". Nach einer gewissen Anzahl von Fehlbewegungen über einen bestimmten Zeitraum nimmt die Steuereinrichtung den Ist-Wert des inkrementalen Sensors und subtrahiert eine gewisse Wegstrecke von dem Ist-Wert.

**[0041]** Die definierte Strecke kann dabei in Millimetern angegeben werden. Es ist auch möglich, eine andere Zählereinheit, beispielsweise "Counts" zu verwenden, die zu den Längeneinheiten proportional ist.

**[0042]** Die festgelegte Strecke oder die festgelegte Menge an "Counts" hängt unter anderem von den Fertigungstoleranzen ab.

**[0043]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass ein durch einen hochfrequenten Betrieb auftretender Überschwung des Totpunktes des Kolbens bei der Einstellung des Totpunktes des Kolbens berücksichtigt wird.

**[0044]** Im hochfrequenten Betrieb wird ein so genannter "Over-Shot", also ein Überschwung des eigentlichen anzufahrenden Endpunktes erzeugt. Dies ist bei der Kalkulation des Totpunktes und somit bei der abzuziehenden Wegstrecke oder der "Counts" ebenfalls zu berücksichtigen. Den so ermittelten Maximalwert speichert die Steuereinrichtung für den Dauerbetrieb als Totpunkt ab.

**[0045]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird ein unteres Bewegungslimit des Kolbens ermittelt und abgespeichert. Ein unteres Bewegungslimit, das heißt, wenn der Kolben sich von dem Membrankopf wegbewegt, wird vorteilhaft wie das obere Limit berechnet und abgespeichert. Um einen möglichst symmetrischen Bewegungsablauf der Membran zu erzeugen, wird bei der Berechnung angestrebt, dass die Membran möglichst dieselbe Wegstrecke in positiver wie in negativer Richtung zurücklegt.

**[0046]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird eine zur Verkleinerung der Aktoreinheit, bestehend aus Schwingspulenantrieb, Kolben und Membran, beitragende Differenzdruckminimierung durch Abdichten des Antriebsraumes gegen den Atmosphärendruck erreicht. Wird der Differenzdruck durch selbstständiges Auspumpen des Rückraumes der Membran gesenkt, kann ein kleinerer Schwingspulenantrieb oder eine niedrigere Stromstärke verwendet werden.

**[0047]** Besonders gut wird die Differenzdruckminimierung erreicht bei einer zweiköpfigen Membranpumpe, bei der sich die Kräfte beider Köpfe aufheben.

**[0048]** Zur weiteren Optimierung beziehungsweise Reduzierung der Kraft kann wenigstens eine Feder im Membrankopf oder im Linearantrieb integriert werden. Hierdurch wird der Aktor bei der Rückstellung der Membran unterstützt.

**[0049]** Die erfindungsgemäße Membranvakuumpumpe, welche als eine selbstkalibrierende Membranvakuumpumpe ausgebildet ist, zur Förderung eines Gases mit einem mit dem Gas füllbaren Förderraum mit einem mit einem Schwingspulenantrieb linear antreibbaren Kolben in einem Antriebsraum mit einer Membran, die den Förderraum und den Antriebsraum trennt und zwischen Förderraum und Antriebsraum schwingend angeordnet ist, mit einem Membrankopf, der mit der Membran den Förderraum bildet, wobei der Kolben als ein die Membran in Bewegung versetzender und um eine vorbestimmte Wegstrecke bewegbarer Kolben ausgebildet ist, zeichnet sich dadurch aus, dass eine Vorrichtung zur Erfassung eines Totpunktes und/oder einer Position des Kolbens vorgesehen ist und dass eine Steuervorrichtung vorgesehen ist, die als eine den Totpunkt in Abhängigkeit von dem erfassten Signal der Vorrichtung verstellbare Steuervorrichtung ausgebildet ist, und dass die Membranvakuumpumpe vor Inbetriebnahme der Pumpe, das heißt vor einem Pumpvorgang als eine automatische Kalibrierfahrt durchführende Membranvakuumpumpe ausgebildet ist, wobei der Kolben als ein mit gegenüber dem Pumpbetrieb reduzierter Kraft die Membran in den Membrankopf oder gegen einen mechanischen Endpunkt der Membran fahrender Kolben ausgebildet ist.

**[0050]** Die erfindungsgemäße Membranpumpe weist den Vorteil auf, dass mit ihr Selbstkalibrierungsverfahren durchführbar sind, wie es in den Ansprüchen 1 bis 15 beschrieben ist.

**[0051]** Mit der erfindungsgemäßen Membranvakuumpumpe kann der optimale Totpunkt über eine Selbstkalibrierung erfasst und eingestellt werden, so dass die Membranvakuumpumpe einen optimalen Enddruck und ein optimales Kompressionsverhältnis erreicht.

**[0052]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist wenigstens ein Klopfsensor vorgesehen. Die in der Membranvakuumpumpe angeordnete Steuervorrichtung verstellt vorteilhaft aufgrund eines Signales des Klopfensors den Totpunkt des Kol-

bens. Das bedeutet, dass der Klopfsensor ein Signal abgibt, wenn die Membran gegen den Klopfsensor fährt. In diesem Fall ist der Druckpunkt nicht korrekt eingestellt und der maximale Hub des Kolbens wird verringert. Die Verringerung kann schrittweise um vorbestimmte Weglängen oder "Counts" erfolgen. Es ist auch möglich, einen vordefinierten Wert vorzusehen, um den der Maximalhub verringert wird.

**[0053]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Steuervorrichtung als eine den Totpunkt des Kolbens lediglich während einer Kalibrierfahrt verstellende Steuereinrichtung ausgebildet.

**[0054]** Während der Kalibrierfahrt, die aus wenigstens einem Hub, vorteilhaft aus mehreren Hüten des Kolbens bestehen kann, kann der Druckpunkt des Kolbens von der Steuereinrichtung verstellt werden. Ist der Totpunkt optimal eingestellt, wird dieser abgespeichert und im Betrieb der Pumpe, das heißt im Pumpbetrieb, nicht mehr verändert.

**[0055]** Erst wenn eine neue Kalibrierfahrt durchgeführt wird, beispielsweise nach einer Standzeit der Pumpe, wird der Totpunkt durch die Steuereinrichtung bei Bedarf wieder verstellt.

**[0056]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Vorrichtung zur Erfassung eines Totpunktes und/oder einer Position des Kolbens als Hallsensor ausgebildet.

**[0057]** Vorteilhaft ist die Vorrichtung zur Erfassung eines Totpunktes und/oder einer Position des Kolbens als inkrementaler Hallsensor ausgebildet.

**[0058]** Hallsensoren eignen sich sehr gut als Wegsensoren, um die Position des Kolbens zu erfassen.

**[0059]** Die Membranvakuumpumpe kann als einköpfige, zweiköpfige oder mehrköpfige Membranvakuumpumpe ausgebildet sein.

**[0060]** Es besteht zum Beispiel die Möglichkeit, eine zweiköpfige Membranvakuumpumpe vorzusehen, wobei der Kolben auf jeder Seite in axialer Richtung gesehen eine Membran in Bewegung versetzt.

**[0061]** Es besteht auch die Möglichkeit, auf einer Seite zwei Membranköpfe und auf der anderen Seite des Kolbens einen Membrankopf vorzusehen.

**[0062]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Antriebsraum gegen Atmosphärendruck abgedichtet ausgebildet. Die zur Verkleinerung der Aktoreinheit beitragende Differenzdruckminimierung wird durch Abdichten des Antriebsraumes gegen den Atmosphärendruck erreicht.

**[0063]** Vorteilhaft ist der Antriebsraum als ausgepumpter Antriebsraum ausgebildet. Wird der Differenzdruck durch selbstständiges Auspumpen des Rückraumes der Membran gesenkt, kann ein kleinerer Schwingspulenantrieb oder eine niedrigere Stromstärke verwendet werden.

**[0064]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Membranvakuumpumpe ist zur Rückstellung des Kolbens und der Membran wenigstens eine Fe-

der im Membrankopf und/oder im Linearantrieb vorgesehen. Durch die Feder wird eine Optimierung und Reduzierung der Kraft erreicht. Der Aktor wird bei Rückstellung der Membran durch die Feder unterstützt.

**[0065]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Membranvakuumpumpe wenigstens ein Einlassventil und wenigstens ein Auslassventil auf, die mit dem Förderraum in Verbindung stehen. Die Ventile sind vorteilhaft als Zungenventile und/oder Kugelventile und/oder Scheibenventile ausgebildet. Andere Arten von Ventilen sind ebenfalls möglich.

**[0066]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist eine Membranvakuumpumpe vorgesehen, wobei ein Schwingspulenantrieb wenigstens eine Spule und wenigstens einen der Spule zugeordneten Magneten aufweist, bei dem die Spule als Stator und der Magnet als Läufer ausgebildet sind. Hierbei wechselt die Spule des Antriebes von der Position des Läufers auf die Position des Stators. Gleichzeitig wird der Magnetstator zum neuen Läufer des Antriebes. Der besondere Vorteil dieser Ausführungsform liegt darin, dass die Wärme, die primär durch die Spule entsteht, deutlich besser abgeführt werden kann. Hierzu ist gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass der Stator mit einem Gehäuse temperaturleitend verbunden ist, und dass an dem Gehäuse Kühlrippen angeordnet sind. Hierdurch ist es möglich, die Temperatur des Systems sehr gut abzuleiten. Es kann beispielsweise auch vorgesehen sein, ein strömungsgünstiges Anblasen des Gehäuses vorzusehen, um die Temperatur des Systems auf einem konstanten Niveau zu halten.

**[0067]** Der Läufer kann vorteilhaft auf wenigstens zwei Gleitlagern oder wenigstens zwei Kugelhülsen gelagert werden.

**[0068]** Hierdurch ist es möglich, den Spalt zwischen Spule und Magnet effektiv zu verkleinern, wodurch der Wirkungsgrad des Antriebes steigt.

**[0069]** Eine weitere Ausführungsform der Membranvakuumpumpe zur Förderung eines Gases mit einem mit dem Gas füllbaren Förderraum, mit einem mit einem Schwingspulenantrieb linear antreibbaren Kolben in einem Antriebsraum, mit einer Membran, die den Förderaum und den Antriebsraum trennt und zwischen Förderaum und Antriebsraum schwingend angeordnet ist, mit einem Membrankopf, der mit der Membran den Förderaum bildet, wobei der Kolben als ein die Membran in Bewegung versetzender und um eine vorbestimmte Wegstrecke bewegbarer Kolben ausgebildet ist, wobei der Schwingspulenantrieb wenigstens eine Spule und wenigstens einen der Spule zugeordneten Magneten aufweist, ist dadurch gekennzeichnet, dass die Spule als Stator und der Magnet als Läufer ausgebildet sind.

**[0070]** Bei aus der Praxis bekannten Schwingspulenantrieben ist die Spule als Läufer und der Magnet als Stator ausgebildet. Bei diesen Schwingspulenantrieben treten sehr hohe Temperaturen in dem Schwingspulenantrieb auf, da die Spule als Läufer schlecht gekühlt wer-

den kann.

**[0071]** Gemäß der Erfindung wechselt die Spule des Antriebes von der Position des Läufers auf die Position des Stators. Gleichzeitig wird der Magnetstator zum neuen Läufer des Antriebes. Der besondere Vorteil der Erfindung liegt darin, dass die Wärme, die primär durch die Spule entsteht, deutlich besser abgeführt werden kann. Die Spule ist gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung mit einem Gehäuse temperaturleitend verbunden, wobei an dem Gehäuse vorteilhaft Kühlrippen angeordnet sind. Hierdurch ist es möglich, die Temperatur des Systems sehr gut abzuleiten. Es kann beispielsweise auch vorgesehen sein, ein strömungsgünstiges Anblasen des Gehäuses vorzusehen, um die Temperatur des Systems auf einem konstanten Niveau zu halten.

**[0072]** Der Läufer kann vorteilhaft auf wenigstens zwei Gleitlagern oder wenigstens zwei Kugelhülsen gelagert werden.

**[0073]** Hierdurch ist es möglich, den Spalt zwischen Spule und Magnet effektiv zu verkleinern, wodurch der Wirkungsgrad des Antriebes steigt.

**[0074]** Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Membranvakuumpumpe mit der Spule als Stator und den Dauermagneten als Läufer ist eine Vorrichtung zur Erfassung eines Totpunktes und/oder einer Position des Kolbens und eine Steuervorrichtung vorgesehen, die als eine den Totpunkt in Abhängigkeit von dem erfassten Signal der Vorrichtung verstellbare Steuervorrichtung ausgebildet ist.

**[0075]** Diese erfindungsgemäße Membranvakuumpumpe weist den Vorteil auf, dass mit ihr Selbstkalibrierungsverfahren durchführbar sind, wie es in den Ansprüchen 1 bis 6 beschrieben ist.

**[0076]** Mit der erfindungsgemäßen Membranvakuumpumpe kann der optimale Totpunkt über eine Selbstkalibrierung erfasst und eingestellt werden, so dass die Membranvakuumpumpe einen optimalen Enddruck erreicht, wobei gleichzeitig eine effektive Kühlung der Spulen möglich ist.

**[0077]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist wenigstens ein Klopfsensor vorgesehen und die Steuervorrichtung ist als eine aufgrund eines Signales des Klopfensors den Totpunkt verstellende Steuervorrichtung ausgebildet. Das bedeutet, dass der Klopfsensor ein Signal abgibt, wenn die Membran gegen den Klopfensor fährt. In diesem Fall ist der Druckpunkt nicht korrekt eingestellt und der maximale Hub des Kolbens wird verringert. Die Verringerung kann schrittweise um vorbestimmte Weglängen oder "Counts" erfolgen. Es ist auch möglich, einen vordefinierten Wert vorzusehen, um den der Maximalhub verringert wird.

**[0078]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Steuervorrichtung als eine den Totpunkt des Kolbens lediglich während einer Kalibrierfahrt verstellende Steuereinrichtung ausgebildet.

**[0079]** Während der Kalibrierfahrt, die aus wenigstens einem Hub, vorteilhaft aus mehreren Hüten des Kolbens

bestehen kann, kann der Druckpunkt des Kolbens von der Steuereinrichtung verstellt werden. Ist der Totpunkt optimal eingestellt, wird dieser abgespeichert und im Betrieb der Pumpe, das heißt im Pumpbetrieb, nicht mehr verändert.

**[0080]** Erst wenn eine neue Kalibrierfahrt durchgeführt wird, beispielsweise nach einer Standzeit der Pumpe wird der Totpunkt durch die Steuereinrichtung bei Bedarf wieder verstellt.

**[0081]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Vorrichtung zur Erfassung eines Totpunktes oder einer Position des Kolbens als Hallsensor ausgebildet. Vorteilhaft ist die Vorrichtung zur Erfassung eines Totpunktes oder einer Position des Kolbens als inkrementaler Hallsensor ausgebildet.

**[0082]** Hallsensoren eignen sich sehr gut als Wegsensoren, um die Position des Kolbens zu erfassen.

**[0083]** Die Membranvakuumpumpe kann als einköpfige, zweiköpfige oder mehrköpfige Membranvakuumpumpe ausgebildet sein.

**[0084]** Es besteht zum Beispiel die Möglichkeit, eine zweiköpfige Membranvakuumpumpe vorzusehen, wobei der Kolben auf jeder Seite in axialer Richtung gesehen eine Membran in Bewegung versetzt.

**[0085]** Es besteht auch die Möglichkeit, auf einer Seite zwei Membranköpfe und auf der anderen Seite des Kolbens einen Membrankopf vorzusehen.

**[0086]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Antriebsraum gegen Atmosphärendruck abgedichtet ausgebildet. Die zur Verkleinerung der Aktoreinheit beitragende Differenzdruckminimierung wird durch Abdichten des Antriebsraumes gegen den Atmosphärendruck erreicht. Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Antriebsraum als ausgepumpter Antriebsraum ausgebildet. Wird der Differenzdruck durch selbstständiges Auspumpen des Rückraumes der Membran gesenkt, kann ein kleinerer Schwingspulenantrieb oder eine niedrigere Stromstärke verwendet werden.

**[0087]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Membranvakuumpumpe ist zur Rückstellung des Kolbens und der Membran wenigstens eine Feder im Membrankopf und/oder im Linearantrieb vorgesehen. Durch die Feder wird eine Optimierung und Reduzierung der Kraft erreicht. Der Aktor wird bei Rückstellung der Membran durch die Feder unterstützt.

**[0088]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Membranvakuumpumpe wenigstens ein Einlassventil und wenigstens ein Auslassventil auf. Die Ventile stehen vorteilhaft mit dem Förderraum in Verbindung. Die Ventile sind vorteilhaft als Zungenventile und/oder Kugelventile und/oder Scheibenventile ausgebildet. Andere Arten von Ventilen sind ebenfalls möglich.

**[0089]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist mit sämtlichen Merkmalen bei den in der Anmeldung beschriebenen Membranvakuum Pumpen einsetzbar. Die beschriebenen Membranvakuum Pumpen sind mit ihren in

der Anmeldung offenbarten Merkmalen ebenfalls kombinierbar.

**[0090]** Die Membranvakuumpumpe kann vorteilhaft als zweiköpfige Membranvakuumpumpe mit einem Schwingspulenantrieb ausgebildet sein.

**[0091]** Zweiköpfige Membranvakuumpumpe bedeutet, dass auf beiden Seiten des Kolbens eine Membran von dem sich hin- und herbewegenden Kolben angetrieben wird.

**[0092]** Es kann hierbei eine Energierückgewinnung durch Federn auf beiden Seiten des Kolbens vorgesehen sein. Anstelle der Federn können auch Kondensatoren vorgesehen sein.

**[0093]** In diesem Fall ist eine Differenzdruckminimierung nicht notwendig, da zwei Membranen in einer Achse liegen. Hierdurch heben sich die Kräfte auf, die durch den Differenzdruck entstehen.

**[0094]** Mit den erfindungsgemäßen Membranvakuum Pumpen können tiefere Enddrücke erreicht werden, da das Totvolumen gegenüber dem Stand der Technik deutlich verkleinert wird.

**[0095]** Die Anbindung der wenigstens einen Spule des Schwingspulenbetriebes oder der Spulenpaare des Schwingspulenbetriebes direkt an das Gehäuse ermöglichen eine effektive Kühlung, beispielsweise durch Anblasen einer Gehäuseverrippung.

**[0096]** Die erfindungsgemäße Membranpumpe mit Schwingspulenantrieb weist folgende Vorteile auf:

1. Kipp- beziehungsweise Pendelbewegungen der Membran von konventionellen, zum Stand der Technik gehörenden Membranpumpen mit Kurbelwelle werden durch eine rein lineare Bewegung verhindert. Ein Verschleiß der Membran im Membrankopf durch Schleifen oder Reiben am Membrankopf wird dadurch eliminiert.
2. Die erfindungsgemäße Membranpumpe weist einen optimal angepassten Membrankopf an eine reine Linearbewegung der Membran auf, wodurch effektiv das Totvolumen verringert wird.
3. Die Verringerung oder Verkleinerung der Ventilkä-näle verringert das Totvolumen und verbessert damit den Enddruck beziehungsweise das Kompressionsverhältnis.

**[0097]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand der zugehörigen Zeichnung, in der mehrere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Membranvakuumpumpe nur beispielhaft dargestellt sind. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine zweiköpfige Membranvakuumpumpe;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht mit Längsschnitt durch eine Membranvakuumpumpe gemäß Fig. 1;

- Fig. 3 eine Seitenansicht in Längsrichtung der Membranvakuumpumpe der Fig. 1;
- Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer Membranvakuumpumpe;
- Fig. 5 einen Längsschnitt durch eine dreiköpfige Membranvakuumpumpe;
- Fig. 6 ein Schnittbild durch eine Membranvakuumpumpe in vier Phasen in Funktion.

**[0098]** Fig. 1 zeigt eine Membranvakuumpumpe 1 mit zwei mit einem Kolben 2 kraftschlüssig in Verbindung stehenden Membranen 3, 4. Den Membranen 3, 4 ist jeweils ein Membrankopf 5, 6 zugeordnet, gegen den die Membranen 3, 4 bei maximaler Auslenkung des Kolbens 2 fahren.

**[0099]** Um eine kontinuierliche Schwingung beziehungsweise oszillierende Bewegung des Kolbens 2 zu erzeugen, werden Spulen 7, also stromdurchflossene Leiter in einem Magnetfeld von Permanentmagneten 8 mit ständig wechselnder Stromrichtung betrieben. Zwischen den Spulen 7 und den Dauermagneten 8 ist ein Luftspalt vorhanden. Dieser sollte möglichst gering sein, um den Wirkungsgrad des Aktuators, bestehend aus Kolben 2 sowie Membranen 3, 4 zu erhöhen.

**[0100]** Der Kolben 2 ist unmagnetisch ausgebildet und ist auf Gleitlagern 9 gelagert. Es ist auch eine Lagerung ohne Gleitlager möglich mit optimierter positiver (stabilisierender) Radialsteifigkeit der Membrananordnungen (senkrecht zur Hubrichtung) und negativer (destabilisierender) Radialsteifigkeit der Spulenanordnung (senkrecht zur Hubrichtung).

**[0101]** Um permanent die Position des Kolbens 2 feststellen zu können, befindet sich ein inkrementaler Hallsensor 10, der in der Fig. 1 nur schematisch dargestellt ist, zur Erfassung des Weges im Bereich des Kolbens 2. Der Hallsensor 10 wird auch zur Stromumkehr verwendet, indem abhängig von der Position des Kolbens 2 die Stromrichtung frühzeitig umgekehrt wird. Zur Energierückgewinnung sind Federn 11 vorgesehen. Die Federn 11 sind auf beiden Seiten des Kolbens 2 angeordnet. Es können auch Kondensatoren (nicht dargestellt) zur Energierückgewinnung vorgesehen sein.

**[0102]** Die Membranen 3, 4 sind zwischen einem Gehäuse 12 und den Membranköpfen 5, 6 eingeklemmt, so dass ein Förderraum 13, 14 gasdicht von einem Antriebsraum 15 getrennt ist.

**[0103]** Gegenüber einem herkömmlichen Schwingspulen Antrieb weist der in Fig. 1 dargestellte Antrieb die Spule 7 auf, die als Stator ausgebildet ist. Die Dauermagneten 8 sind als Läufer ausgebildet. Hierdurch ist eine sehr gute Wärmeabfuhr aus der Spule 7 durch direkten Kontakt mit dem Gehäuse 12 möglich. Das Gehäuse 12 weist insbesondere im Bereich der Spule 7 Kühlrippen 16 auf. Diese Kühlrippen können beispielsweise mit Raumluft, die im Vergleich zur Gehäusetemperatur eine

geringere Temperatur aufweist, umströmt werden, wodurch die Spule 7 auf einer konstanten Temperatur gehalten werden kann.

**[0104]** Die in Fig. 1 dargestellte Spule 7 besteht vorteilhaft aus mehreren Spulenpaaren, die unterschiedlich bestromt werden können, um den Dauermagnetläufer bewegen zu können.

**[0105]** In Fig. 2 ist die Vakuumpumpe 1 in aufgeschnittener Form dargestellt. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszahlen versehen. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die Figurenbeschreibung von Fig. 1 verwiesen.

**[0106]** In Fig. 2 sind die Kühlrippen 16 erkennbar, die zur Kühlung der Spule 7 dienen.

**[0107]** Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht der Vakuumpumpe 1 mit den Kühlrippen 16.

**[0108]** Fig. 4 zeigt eine perspektivische Ansicht der Membranpumpe 1. Ebenfalls deutlich sind die Kühlrippen 16 erkennbar.

**[0109]** Die Vakuumpumpe 1, die in Fig. 1 dargestellt ist, weist den Hallsensor 10 auf, der dazu dient, die Position des Kolbens 2 zu erfassen. Eine lediglich schematisch angedeutete Steuervorrichtung 17, an die die Signale des Hallsensors 10 übermittelt werden, erfasst den Totpunkt des Kolbens 2. Die Steuervorrichtung 17 erfasst in Abhängigkeit von der Position des Kolbens 2 den Totpunkt des Kolbens. Vor Inbetriebnahme der Pumpe, das heißt vor einem Pumpvorgang wird eine Kalibrierfahrt durchgeführt. Hierbei fährt der Kolben 2 mit gegenüber dem Pumpbetrieb reduzierter Kraft die Membran 3 in den Membrankopf 5 oder gegen einen mechanischen Endpunkt der Membran 3. Hierbei detektiert die Steuervorrichtung 17 die Ist-Position des Kolbens 2 kontinuierlich und vergleicht diese mit einer Soll-Position. Aus einem Vergleich der Ist-Position mit der Soll-Position ermittelt die Steuervorrichtung 17 den Endpunkt der Bewegung der Membran. Dieser Endpunkt wird während des Pumpbetriebes der Membranvakuumpumpe 1 kontinuierlich als Maximalhub verwendet.

**[0110]** Der Totpunkt des Kolbens 2 kann derart eingestellt werden, dass die Membran 3 an dem Membrankopf 5 anliegend angeordnet ist. Der Totpunkt kann auch derart eingestellt werden, dass zwischen Membran und Membrankopf ein Abstand von weniger als 0,3 mm verbleibt. Der Totpunkt kann auch derart eingestellt werden, dass die Membran 3 mit einer gewissen Kraft gegen den Membrankopf 5 gedrückt wird.

**[0111]** Vorteilhaft ist der Totpunkt derart eingestellt, dass die Membran 3 vollständig an dem Membrankopf 5 anliegt, damit der Förderraum 13 kein Totvolumen aufweist, so dass die Pumpleistung der Pumpe optimiert wird.

**[0112]** Gemäß der in Fig. 1 dargestellten zweiköpfigen Membranpumpe wird die beschriebene Kalibrierung auch für die Membran 4 und den Membrankopf 6 entsprechend durchgeführt.

**[0113]** Der Antriebsraum 15 ist gegen Atmosphärendruck abgedichtet. Vorteilhaft ist der Antriebsraum 15 zu-



sätzlich ausgepumpt. Die Membranvakuumpumpe 1 gemäß Fig. 1 weist ein Einlassventil sowie ein Auslassventil für jeden Förderraum 13, 14 auf.

**[0114]** Fig. 5 zeigt ein geändertes Ausführungsbeispiel einer Membranvakuumpumpe 20. Die Membranvakuumpumpe 20 weist ein Gehäuse 21 auf, in dem der Kolben 22 linear gelagert ist.

**[0115]** Der Linearantrieb, bestehend aus Spulen und Magneten, ist in Fig. 5 nicht dargestellt, erfolgt jedoch nach dem Prinzip der Fig. 1.

**[0116]** Gemäß Fig. 5 weist die Vakuumpumpe drei Membranköpfe 22, 23, 24 auf. Den Membranköpfen 22, 23, 24 sind Membranen 25, 26, 27 zugeordnet. Die Bewegung der Membran 27 durch den Kolben 22 erfolgt unmittelbar über eine Stange 28. Die Bewegung der Membranen 25, 26 durch den Kolben 22 erfolgt über ein T-Stück 29. Die Membranköpfe 22, 23 können parallel oder in Reihe geschaltet sein.

**[0117]** In Fig. 5 sind lediglich die Membranköpfe 22, 23, 24 schematisch dargestellt. Ein- und Auslässe sind nicht dargestellt.

**[0118]** Fig. 6 zeigt der Vollständigkeit halber das Funktionsprinzip einer Membranvakuumpumpe gemäß dem Stand der Technik.

**[0119]** Fig. 6 zeigt eine Membranvakuumpumpe 1 mit einem Gehäuse 12 mit einer Membran 30, die im Gehäuse 12 randseitig eingespannt ist und von einem Antriebspleuel 31 eines motorischen Antriebes in eine taumelnde Abwärtsbewegung versetzt werden kann.

**[0120]** Im Gehäuse 12 befindet sich ein von der Membran 3 von einem Gehäusekopf 32 begrenzter Schöpfraum 13, der gegenüber der Membran 3 von dem Gehäusekopf 5 des Gehäuses 12 begrenzt ist.

**[0121]** Im Gehäusekopf 5 befindet sich mindestens eine in den Förderraum 13 führende Ansaugleitung 18 mit einer Einlassventilanordnung 33 und mindestens einer aus dem Schöpfraum 13 führende Ausstoßleitung 19 mit einer Auslassventilanordnung 34.

**[0122]** Generell gilt, dass die Einlassventilanordnung 33 eine Einlassventilöffnung 35 und einen die Einlassventilöffnung 35 bei Überdruck im Schöpfraum 13 schließenden Einlassventilkörper 36 aufweist. In entsprechender Weise weist die Auslassventilanordnung 34 bei Unterdruck im Schöpfraum 13 einen schließenden Auslassventilkörper 37 auf.

**[0123]** Bei der Abwärtsbewegung der Membran 3 entsteht im Förderraum 13 ein Unterdruck, wodurch am Einlassventilkörper 36 ein Differenzdruck ansteht, der den Ventilkörper 36 in Richtung Förderraum 13 drückt. Durch das geöffnete Einlassventil strömt Gas aus der Ansaugleitung 18 in den Schöpfraum 13. Bei der Aufwärtsbewegung der Membran 3 entsteht im Förderraum 13 ein Überdruck, wodurch am Einlassventilkörper 36 ein Differenzdruck ansteht, der den Ventilkörper 36 in Richtung Ventilöffnung 35 drückt. Bei der Abwärtsbewegung der Membran 3 entsteht im Förderraum 13 ein Unterdruck, wodurch am Auslassventilkörper 38 ein Differenzdruck entsteht, der den Ventilkörper 38 in Richtung Förderraum

13 und in die Ventilöffnung 39 drückt. Bei der Aufwärtsbewegung der Membran 3 entsteht im Förderraum 13 ein Überdruck, wodurch am Auslassventilkörper 38 ein Differenzdruck ansteht, der den Ventilkörper 38 in Richtung Gehäusedeckel 40 drückt. Das bedeutet, dass sich bei Abwärtsbewegung des Pleuels 31 die Einlassventilanordnung 33 öffnet, so dass Gas aus der Leitung 18 in den Förderraum 13 strömt. Bei Aufwärtsbewegung des Pleuels 31 schließt die Einlassventilanordnung 33 und die Auslassventilanordnung 34 öffnet, so dass das in dem Förderraum 13 befindliche Gas in die Leitung 19 strömt.

#### Bezugszahlen

#### **[0124]**

1	Membranvakuumpumpe
2	Kolben
3	Membran
4	Membran
5	Membrankopf
6	Spule
7	Spule
8	Magnet
9	Gleitlager
10	Hallsensor
11	Federn
12	Gehäuse
13	Förderraum
14	Förderraum
15	Antriebsraum
16	Kühlrippen
17	Steuervorrichtung
18	Einlass
19	Auslass
20	Membranpumpe
21	Gehäuse
22	Membrankopf
23	Membrankopf
24	Membrankopf
25	Membran
26	Membran
27	Membran
28	Stange
29	T-Stück
30	Membran
31	Pleuel
32	Gehäusekopf
33	Einlassventilanordnung
34	Auslassventilanordnung
35	Einlassventilöffnung
36	Ventilkörper
37	Ventilkörper
38	Ventilkörper
39	Auslassventilöffnung
40	Gehäusedeckel

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Selbstkalibrierung einer Membranvakuumpumpe (1) zur Förderung eines Gases, mit einem mit dem Gas füllbaren Förderraum (13, 14), mit einem mit einem Schwingspulenantrieb linear antreibbaren Kolben (2) in einem Antriebsraum (15), mit einer Membran (3, 4), die den Förderraum (13, 14) und den Antriebsraum (15) trennt und zwischen Förderraum (13, 14) und Antriebsraum (15) schwingend angeordnet ist, mit einem Membrankopf (5), der mit der Membran (3, 4) den Förderraum (13, 14) bildet, wobei der Kolben (2) als ein die Membran (3, 4) in Bewegung versetzender und um eine vorbestimmte Wegstrecke bewegbarer Kolben (2) ausgebildet ist,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorrichtung (10) zur Erfassung eines Totpunktes und/oder Position des Kolbens (2) vorgesehen ist, und dass eine Steuervorrichtung (17) den Totpunkt in Abhängigkeit von dem erfassten Signal der Vorrichtung (10) verstellt, und dass vor Inbetriebnahme der Pumpe (1), das heißt, vor einem Pumpvorgang eine automatische Kalibrierfahrt durchgeführt wird, wobei der Kolben (2) mit gegenüber dem Pumpbetrieb reduzierter Kraft die Membran (3) in den Membrankopf (5) oder gegen einen mechanischen Endpunkt der Membran (3) fährt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (17) aufgrund eines Signales wenigstens eines Klopfensors den Totpunkt verstellt, und/oder dass die Steuereinrichtung (17) den Totpunkt des Kolbens (2) lediglich während einer Kalibrierfahrt verstellt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuervorrichtung (17) eine Ist-Position des Kolbens (2) kontinuierlich detektiert und mit einer Soll-Position vergleicht, und dass die Steuervorrichtung (17) aus der Ist-Position und der Soll-Position den Endpunkt der Bewegung der Membran (3, 4) ermittelt, insbesondere dass der ermittelte Endpunkt der Membran (3, 4) abgespeichert wird und dass der Endpunkt während des Pumpbetriebes als Maximalhub verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Totpunkt derart eingestellt wird, dass zwischen Membran (3, 4) und Membrankopf (5, 6) ein Abstand von weniger als 0,5 Millimeter verbleibt, insbesondere dass der Totpunkt derart eingestellt wird, dass die Membran (3, 4) an dem Membrankopf (5, 6) anliegt, insbesondere dass der Totpunkt derart eingestellt wird, dass die Membran (3, 4) in den Membrankopf (5, 6) gedrückt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kalibrierung vollautomatisch durchgeführt wird, und dass eine Kalibrierfahrt wenigstens einen Hub des Kolbens (2) umfasst, insbesondere dass bei der Verwendung eines Klopfensors der Hub des Kolbens (2) verringert wird, wenn die Steuereinrichtung (17) ein Signal von dem Klopfensor erhält.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor Aufnahme des Pumpbetriebes der Membranvakuumpumpe (1) die Membran (3, 4) gegen den Membrankopf (5, 6) gefahren wird, und dass die Steuereinrichtung (17) diese Bewegung als fehlerhaft erfasst, und dass nach wenigstens zwei fehlerhaften Bewegungen die Steuereinrichtung (17) die Ist-Position des Totpunktes des Kolbens (2) erfasst und verringert, und dass die Verringerung der Ist-Position des Totpunktes des Kolbens (2) um einen vordefinierten Wert erfolgt, insbesondere dass die Größe des vordefinierten Wertes bestimmt, ob die Membran (3, 4) im Totpunkt des Kolbens (2) mit Abstand zu dem Membrankopf (5, 6), anliegend an dem Membrankopf (5, 6) oder gegen den Membrankopf (5, 6) gedrückt angeordnet ist.
7. Membranvakuumpumpe (1), welche als eine selbstkalibrierende Membranvakuumpumpe ausgebildet ist, zur Förderung und Dosierung eines Gases, mit einem mit dem Gas füllbaren Förderraum (13, 14), mit einem mit einem Schwingspulenantrieb linear antreibbaren Kolben (2) in einem Antriebsraum (15), mit einer Membran (3, 4), die den Förderraum (13, 14) und den Antriebsraum (15) trennt und zwischen Förderraum (13, 14) und Antriebsraum (15) schwingend angeordnet ist, mit einem Membrankopf (5), der mit der Membran (3, 4) den Förderraum (13, 14) bildet, wobei der Kolben (2) als ein die Membran (3, 4) in Bewegung versetzender und um eine vorbestimmte Wegstrecke bewegbarer Kolben (2) ausgebildet ist,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorrichtung (10) zur Erfassung eines Totpunktes und/oder einer Position des Kolbens (2) vorgesehen ist, und dass eine Steuervorrichtung (17) vorgesehen ist, die als eine den Totpunkt in Abhängigkeit von dem erfassten Signal der Vorrichtung (10) verstellbare Steuervorrichtung (17) ausgebildet ist, und dass die Membranvakuumpumpe vor Inbetriebnahme der Pumpe, das heißt, vor einem Pumpvorgang als eine automatische Kalibrierfahrt durchführende Membranvakuumpumpe ausgebildet ist, wobei der Kolben (2) als ein mit gegenüber dem Pumpbetrieb reduzierter Kraft die Membran (3) in den Membrankopf (5) oder gegen einen mechanischen Endpunkt der Membran (3) fahrender Kolben ausgebildet ist.

8. Membranvakuumpumpe nach Anspruch 7, wobei ein Schwingspulenantrieb wenigstens eine Spule und wenigstens einen der Spule zugeordneten Magneten aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spule (7) als Stator und der Magnet (8) als Läufer ausgebildet sind.
9. Membranvakuumpumpe nach Anspruch 7 zur Förderung eines Gases mit einem mit dem Gas füllbaren Förderraum, mit einem mit einem Schwingspulenantrieb linear antreibbaren Kolben in einem Antriebsraum, mit einer Membran, die den Förderraum und den Antriebsraum trennt und zwischen Förderraum und Antriebsraum schwingend angeordnet ist, mit einem Membrankopf, der mit der Membran den Förderraum bildet, wobei der Kolben als ein die Membran in Bewegung versetzender und um eine vorbestimmte Wegstrecke bewegbarer Kolben ausgebildet ist, wobei der Schwingspulenantrieb wenigstens eine Spule und wenigstens einen der Spule zugeordneten Magneten aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spule (7) als Stator und der Magnet (8) als Läufer ausgebildet sind.
10. Membranvakuumpumpe nach Anspruch 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stator mit einem Gehäuse (12) temperaturleitend verbunden ist, und dass an dem Gehäuse (12) Kühlrippen (16) angeordnet sind.
11. Membranvakuumpumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Klopfsensor vorgesehen ist, und dass die Steuervorrichtung (17) als eine aufgrund eines Signales des Klopfensors den Totpunkt verstellende Steuervorrichtung (17) ausgebildet ist, und/oder dass die Steuereinrichtung (17) als eine den Totpunkt des Kolbens (2) lediglich während einer Kalibrierfahrt verstellende Steuereinrichtung (2) ausgebildet ist, und/oder dass die Vorrichtung (10) zur Erfassung eines Totpunktes und/oder einer Position des Kolbens (2) als Hallsensor ausgebildet ist, und/oder dass die Vorrichtung (10) zur Erfassung eines Totpunktes und/oder einer Position des Kolbens (2) als inkrementaler Hallsensor ausgebildet ist.
12. Membranvakuumpumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranvakuumpumpe (1, 21) als einköpfige, zweiköpfige oder mehrköpfige Membranvakuumpumpe (1, 21) ausgebildet ist, insbesondere dass der Antriebsraum (15) gegen Atmosphärendruck abgedichtet ausgebildet ist.
13. Membranvakuumpumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der An-

triebsraum (15) als ausgepumpter Antriebsraum (15) ausgebildet ist.

14. Membranvakuumpumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Rückstellung des Kolbens (2) und der Membran (3, 4) wenigstens eine Feder (11) im Membrankopf (5, 6) und/oder im Linearantrieb vorgesehen ist.
15. Membranvakuumpumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranvakuumpumpe (1, 21) wenigstens ein Einlassventil (18) und wenigstens ein Auslassventil (19) aufweist, und dass die Ventile (18, 19) als Zungenventile und/oder Kugelventile und/oder Scheibenventile ausgebildet sind.

### Claims

- Method for self-calibrating a membrane vacuum pump (1) for delivering a gas, with a delivery chamber (13, 14) that can be filled with the gas, with a piston (2) in a drive chamber (15), which piston can be linearly driven by means of a moving coil drive, with a membrane (3, 4), which separates the delivery chamber (13, 14) and the drive chamber (15) and is arranged in a reciprocating manner between the delivery chamber (13, 14) and drive chamber (15), with a membrane head (5), which together with the membrane (3, 4) forms the delivery chamber (13, 14), wherein the piston (2) is configured as a piston (2) that sets the membrane (3, 4) in motion and that can be moved over a predetermined path length, **characterised in that** a device (10) for detecting a dead centre and/or position of the piston (2) is provided, and **in that** a control device (17) adjusts the dead centre depending on the detected signal of the device (10), and **in that** before initial operation of the pump (1), that is before a pumping process there is undertaken an automatic calibration run, wherein, with a reduced force relative to the pumping operation, the piston (2) drives the membrane (3) into the membrane head (5) or against a mechanical end point of the membrane (3).
- Method according to claim 1, **characterised in that** the control device (17) adjusts the dead centre on the basis of a signal of at least one knock sensor, and/or **in that** the control device (17) adjusts the dead centre of the piston (2) solely during a calibration run.
- Method according to either one of the preceding claims, **characterised in that** the control device (17) continuously detects a current position of the piston (2) and compares it with a target position, and **in that** the control device (17) determines the end point of

the movement of the membrane (3, 4) from the current position and the target position, in particular **in that** the determined end point of the membrane (3, 4) is stored, and **in that** the end point is used as maximum stroke during operation of the pump.

4. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the dead centre is set in such a way that a spacing of less than 0.5 millimetres remains between the membrane (3, 4) and membrane head (5, 6), in particular **in that** the dead centre is set in such a way that the membrane (3, 4) abuts the membrane head (5, 6), in particular **in that** the dead centre is set in such a way that the membrane (3, 4) is pressed into the membrane head (5, 6).

5. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the calibration is performed in a fully automated manner, and **in that** a calibration run comprises at least one stroke of the piston (2), in particular **in that**, with use of a knock sensor, the stroke of the piston (2) is reduced if the control device (17) receives a signal from the knock sensor.

6. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**, before starting pump operation of the membrane vacuum pump (1), the membrane (3, 4) is driven against the membrane head (5, 6), and **in that** the control device (17) detects this movement as being defective, and **in that**, after at least two defective movements, the control device (17) detects and reduces the current position of the dead centre of the piston (2), and **in that** the current position of the dead centre of the piston (2) is reduced by a predefined value, in particular **in that** the magnitude of the predefined value determines whether the membrane (3, 4) in the dead centre of the piston (2) is arranged at a spacing from the membrane head (5, 6), abutting the membrane head (5, 6), or pressed against the membrane head (5, 6).

7. Membrane vacuum pump (1), which is configured as a self-calibrating membrane vacuum pump, for delivering and metering a gas, with a delivery chamber (13, 14) that can be filled with the gas, with a piston (2) in a drive chamber (15), which piston can be linearly driven by means of a moving coil drive, with a membrane (3, 4) which separates the delivery chamber (13, 14) and the drive chamber (15) and is arranged in a reciprocating manner between the delivery chamber (13, 14) and the drive chamber (15), with a membrane head (5), which together with the membrane (3, 4) forms the delivery chamber (13, 14), wherein the piston (2) is configured as a piston (2) that sets the membrane (3, 4) in motion and that can be moved over a predetermined path length,

**characterised in that** a device (10) for detecting a dead centre and/or a position of the piston (2) is provided, and **in that** a control device (17) is provided, which is configured as a control device (17) that can adjust the dead centre depending on the detected signal of the device (10), and **in that** the membrane vacuum pump, before initial operation of the pump, that is before a pumping process is configured as a membrane vacuum pump undertaking an automatic calibration run, wherein the piston (2) is configured as a piston which, with a reduced force relative to the pumping operation, drives the membrane (3) into the membrane head (5) or against a mechanical end point of the membrane (3).

8. Membrane vacuum pump according to claim 7, wherein a moving coil drive comprises at least one coil and at least one magnet associated with the coil, **characterised in that** the coil (7) is formed as a stator and the magnet (8) is formed as a rotor.

9. Membrane vacuum pump according to claim 7 for delivering a gas, with a delivery chamber that can be filled with the gas, with a piston in a drive chamber, which piston can be linearly driven by means of a moving coil drive, with a membrane, which separates the delivery chamber and the drive chamber and is arranged in a reciprocating manner between the delivery chamber and drive chamber, with a membrane head, which together with the membrane forms the delivery chamber, wherein the piston is configured as a piston that sets the membrane in motion and that can be moved over a predetermined path length, wherein the moving coil drive comprises at least one coil and at least one magnet associated with the coil, **characterised in that** the coil (7) is formed as a stator and the magnet (8) is formed as a rotor.

10. Membrane vacuum pump according to claim 7, 8 or 9, **characterised in that** the stator is connected in thermally conductive manner to a housing (12), and **in that** cooling ribs (16) are arranged on the housing (12).

11. Membrane vacuum pump according to any one of claims 7 to 10, **characterised in that** at least one knock sensor is provided, and **in that** the control device (17) is configured as a control device (17) adjusting the dead centre on the basis of a signal of the knock sensor, and/or **in that** the control device (17) is configured as a control device (2) adjusting the dead centre of the piston (2) solely during a calibration run, and/or **in that** the device (10) for detecting a dead centre and/or a position of the piston (2) is configured as a Hall sensor, and/or **in that** the device (10) for detecting a dead centre and/or a position of the piston (2) is configured as an incremental Hall sensor.

12. Membrane vacuum pump according to any one of claims 7 to 11, **characterised in that** the membrane vacuum pump (1, 21) is configured as a single-head, twin-head, or multihead membrane vacuum pump (1, 21), in particular **in that** the drive chamber (15) is sealed with respect to atmospheric pressure. 5
13. Membrane vacuum pump according to any one of claims 7 to 12, **characterised in that** the drive chamber (15) is configured as a drive chamber (15) that is pumped out. 10
14. Membrane vacuum pump according to any one of claims 7 to 13, **characterised in that**, in order to restore the piston (2) and the membrane (3, 4), at least one spring (11) is provided in the membrane head (5, 6) and/or in the linear drive. 15
15. Membrane vacuum pump according to any one of claims 7 to 14, **characterised in that** the membrane vacuum pump (1, 21) has at least one inlet valve (18) and at least one outlet valve (19), and **in that** the valves (18, 19) are formed as reed valves and/or ball valves and/or disc valves. 20 25

#### Revendications

1. Procédé d'auto-étalonnage d'une pompe à vide à membrane (1) pour le transport d'un gaz, avec une chambre de refoulement (13, 14) pouvant être remplie avec le gaz, avec un piston (2) pouvant être entraîné linéairement avec un entraînement à bobine oscillante dans une chambre d'entraînement (15), avec une membrane (3, 4), qui sépare la chambre de refoulement (13, 14) et la chambre d'entraînement (15) et qui est disposée de façon oscillante entre la chambre de refoulement (13, 14) et la chambre d'entraînement (15), avec une tête de membrane (5) qui forme avec la membrane (3, 4) la chambre de refoulement (13, 14), dans lequel le piston (2) est constitué par un piston (2) mettant la membrane (3, 4) en mouvement et déplaçable d'une course prédéterminée, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un dispositif (10) pour détecter un point mort et/ou une position du piston (2), et **en ce qu'un** dispositif de commande (17) déplace le point mort en fonction du signal détecté du dispositif (10), et **en ce qu'avant** la mise en service de la pompe (1), c'est-à-dire avant un processus de pompage, un parcours automatique d'étalonnage est effectué, dans lequel le piston (2) déplace la membrane (3) avec une force réduite par rapport au mode pompage dans la tête de membrane (5) ou contre un point final mécanique de la membrane (3). 30 35 40 45 50 55
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce** 5
- que le dispositif de commande (17) déplace le point mort sur la base d'un signal d'au moins un détecteur de cognement, et/ou **en ce que** le dispositif de commande (17) déplace le point mort du piston (2) uniquement pendant un parcours d'étalonnage.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (17) détecte en continu une position réelle du piston (2) et la compare avec une position de consigne, et **en ce que** le dispositif de commande (17) détermine à partir de la position réelle et de la position de consigne le point final du déplacement de la membrane (3, 4), en particulier **en ce que** le point final déterminé de la membrane (3, 4) est enregistré et **en ce que** l'on utilise le point final comme course maximale pendant en mode pompage.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on règle le point mort de telle manière qu'il reste entre la membrane (3, 4) et la tête de membrane (5, 6) une distance de moins de 0,5 millimètre, en particulier **en ce que** l'on règle le point mort de telle manière que la membrane (3, 4) est en contact avec la tête de membrane (5, 6), en particulier **en ce que** l'on règle le point mort de telle manière que la membrane (3, 4) soit pressée dans la tête de membrane (5, 6). 20 25
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on effectue l'étalonnage de manière entièrement automatique, et **en ce qu'un** parcours d'étalonnage comprend au moins une course du piston (2), en particulier **en ce que** lors de l'utilisation d'un détecteur de cognement on réduit la course du piston (2) lorsque le dispositif de commande (17) reçoit un signal du détecteur de cognement. 30 35 40 45 50 55
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'avant** le démarrage du mode pompage de la pompe à vide à membrane (1), on amène la membrane (3, 4) contre la tête de membrane (5, 6), et **en ce que** le dispositif de commande (17) détecte ce déplacement comme défectueux, et **en ce qu'après** au moins deux déplacements défectueux le dispositif de commande (17) détecte et diminue la position réelle du point mort du piston (2), et **en ce que** la diminution de la position réelle du point mort du piston (2) est effectuée avec une valeur prédéfinie, en particulier **en ce que** la grandeur de la valeur prédéfinie détermine si la membrane (3, 4) au point mort du piston (2) est disposée à une distance de la tête de membrane (5, 6), est en contact avec la tête de membrane (5, 6) ou est pressée contre la tête de membrane (5, 6). 40 45 50 55
7. Pompe à vide à membrane (1) qui est réalisée sous

la forme d'une pompe à vide à membrane à auto-étalonnage, pour le transport et le dosage d'un gaz, avec une chambre de refoulement (13, 14) pouvant être remplie avec le gaz, avec un piston (2) pouvant être entraîné linéairement avec un entraînement à bobine oscillante dans une chambre d'entraînement (15), avec une membrane (3, 4) qui sépare la chambre de refoulement (13, 14) et la chambre d'entraînement (15) et qui est disposée de façon oscillante entre la chambre de refoulement (13, 14) et la chambre d'entraînement (15), avec une tête de membrane (5) qui forme avec la membrane (3, 4) la chambre de refoulement (13, 14), dans laquelle le piston (2) est constitué par un piston (2) mettant la membrane (3, 4) en mouvement et déplaçable d'une course prédéterminée,

**caractérisée en ce qu'il** est prévu un dispositif (10) pour détecter un point mort et/ou une position du piston (2), et **en ce qu'il** est prévu un dispositif de commande (17) qui est réalisé sous la forme d'un dispositif de commande (17) pouvant déplacer le point mort en fonction du signal détecté du dispositif (10), et **en ce que** la pompe à vide à membrane, avant la mise en service de la pompe, c'est-à-dire avant un processus de pompage, est réalisée sous la forme d'une pompe à vide à membrane effectuant un parcours automatique d'étalonnage, dans lequel le piston (2) est réalisé sous la forme d'un piston déplaçant la membrane (3) avec une force réduite par rapport au mode pompage dans la tête de membrane (5) ou contre un point final mécanique de la membrane (3).

8. Pompe à vide à membrane selon la revendication 7, dans laquelle un entraînement à bobine oscillante présente au moins une bobine et au moins un aimant associé à la bobine, **caractérisée en ce que** la bobine (7) est réalisée comme stator et l'aimant (8) est réalisé comme induit.

9. Pompe à vide à membrane selon la revendication 7 pour le transport d'un gaz, avec une chambre de refoulement pouvant être remplie avec le gaz, avec un piston pouvant être entraîné linéairement avec un entraînement à bobine oscillante dans une chambre d'entraînement, avec une membrane, qui sépare la chambre de refoulement et la chambre d'entraînement et qui est disposée de façon oscillante entre la chambre de refoulement et la chambre d'entraînement, avec une tête de membrane, qui forme avec la membrane la chambre de refoulement, le piston étant conçu comme un piston mettant la membrane en mouvement et déplaçable d'une course prédéterminée, dans laquelle l'entraînement à bobine oscillante présente au moins une bobine et au moins un aimant associé à la bobine,

**caractérisée en ce que** la bobine (7) est réalisée comme stator et l'aimant (8) est réalisé comme in-

duit.

10. Pompe à vide à membrane selon la revendication 7, 8 ou 9, **caractérisée en ce que** le stator est relié en conduction de température à un boîtier (12) et **en ce que** des nervures de refroidissement (16) sont disposées sur le boîtier (12).
11. Pompe à vide à membrane selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, **caractérisée en ce qu'il** est prévu au moins un détecteur de cognement, et **en ce que** le dispositif de commande (17) est réalisé comme un dispositif de commande (17) déplaçant le point mort sur la base d'un signal du détecteur de cognement, et/ou **en ce que** le dispositif de commande (17) est réalisé comme un dispositif de commande (2) déplaçant le point mort du piston (2) uniquement pendant un parcours d'étalonnage, et/ou **en ce que** le dispositif (10) de détection d'un point mort et/ou d'une position du piston (2) est réalisé comme un détecteur de Hall, et/ou **en ce que** le dispositif (10) de détection d'un point mort et/ou d'une position du piston (2) est réalisé comme un détecteur de Hall incrémentiel.
12. Pompe à vide à membrane selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, **caractérisée en ce que** la pompe à vide à membrane (1, 21) est réalisée sous la forme d'une pompe à vide à membrane (1, 21) à une tête, à deux têtes ou à plusieurs têtes, en particulier **en ce que** la chambre d'entraînement (15) est réalisée de manière étanche par rapport à la pression atmosphérique.
13. Pompe à vide à membrane selon l'une quelconque des revendications 7 à 12, **caractérisée en ce que** la chambre d'entraînement (15) est réalisée sous la forme d'une chambre d'entraînement (15) vidée.
14. Pompe à vide à membrane selon l'une quelconque des revendications 7 à 13, **caractérisée en ce qu'il** est prévu au moins un ressort (11) dans la tête de membrane (5, 6) ou dans l'entraînement linéaire pour le rappel du piston (2) et de la membrane (3, 4).
15. Pompe à vide à membrane selon l'une quelconque des revendications 7 à 14, **caractérisée en ce que** la pompe à vide à membrane (1, 21) présente au moins une soupape d'admission (18) et au moins une soupape d'échappement (19), et **en ce que** les soupapes (18, 19) sont réalisées sous la forme de soupapes à languette et/ou de soupapes sphériques et/ou de soupapes à disque.

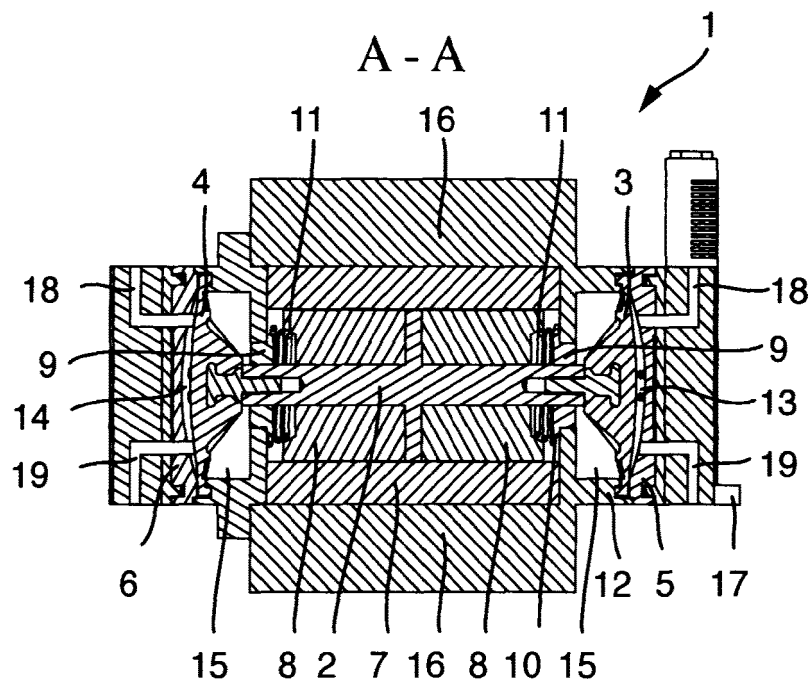


Fig. 1

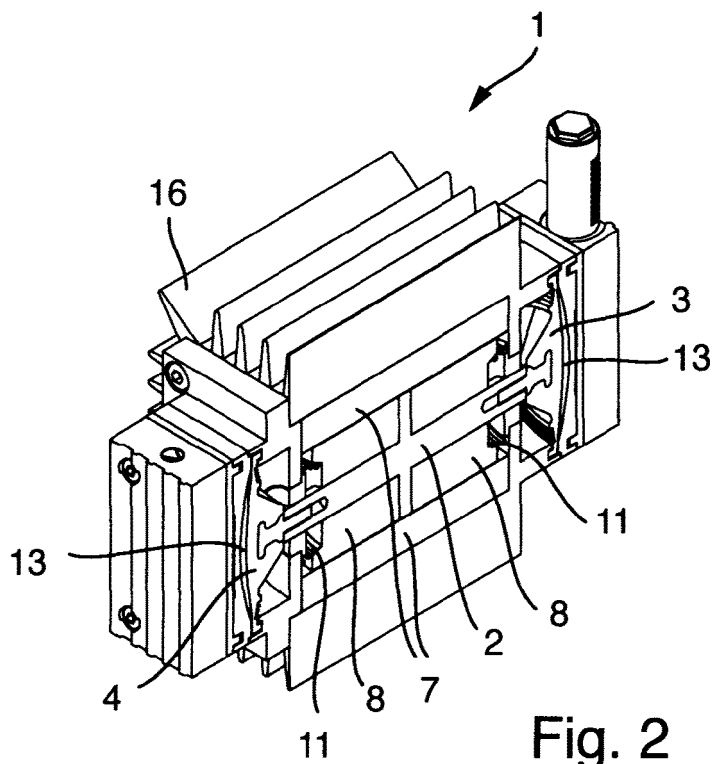


Fig. 2

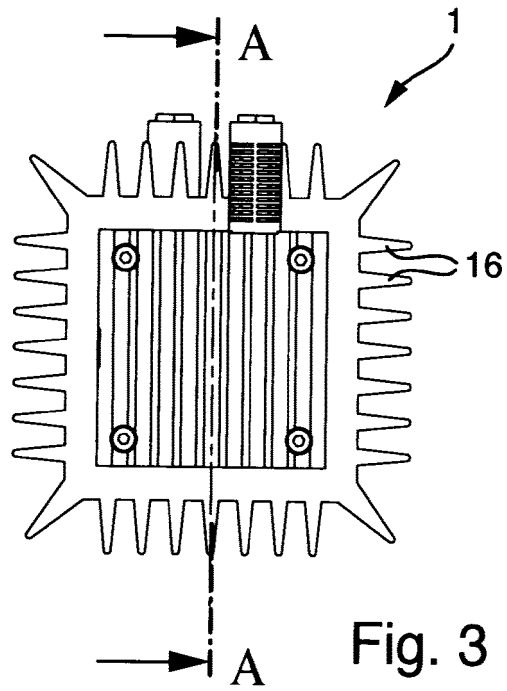


Fig. 3

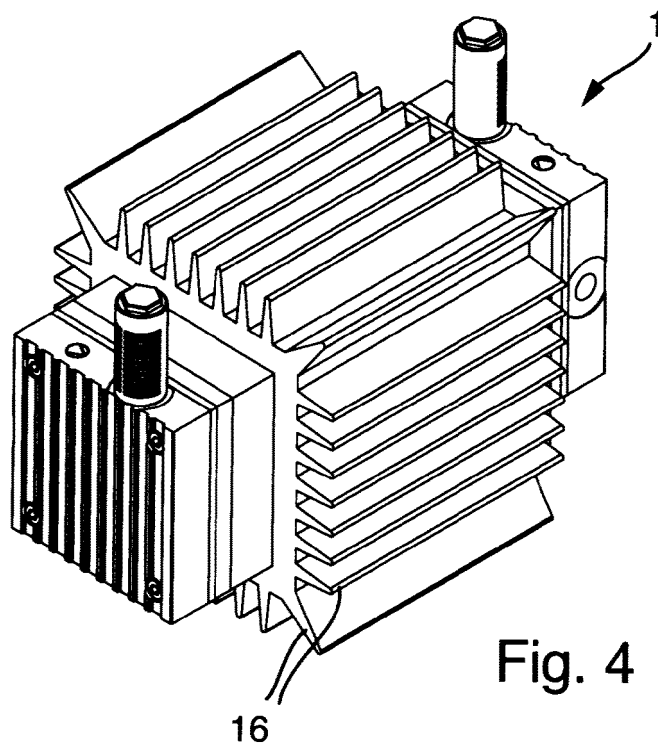


Fig. 4



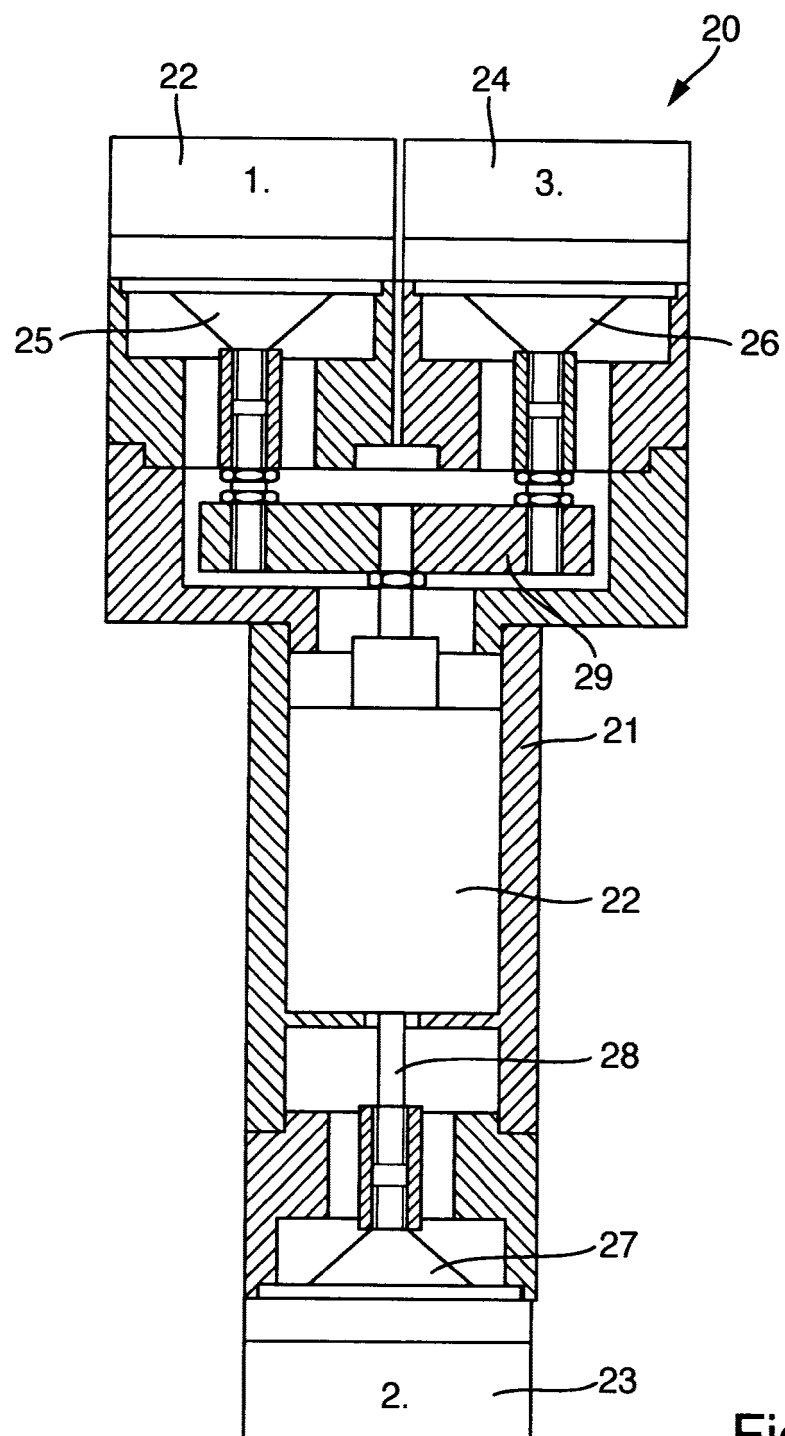


Fig. 5

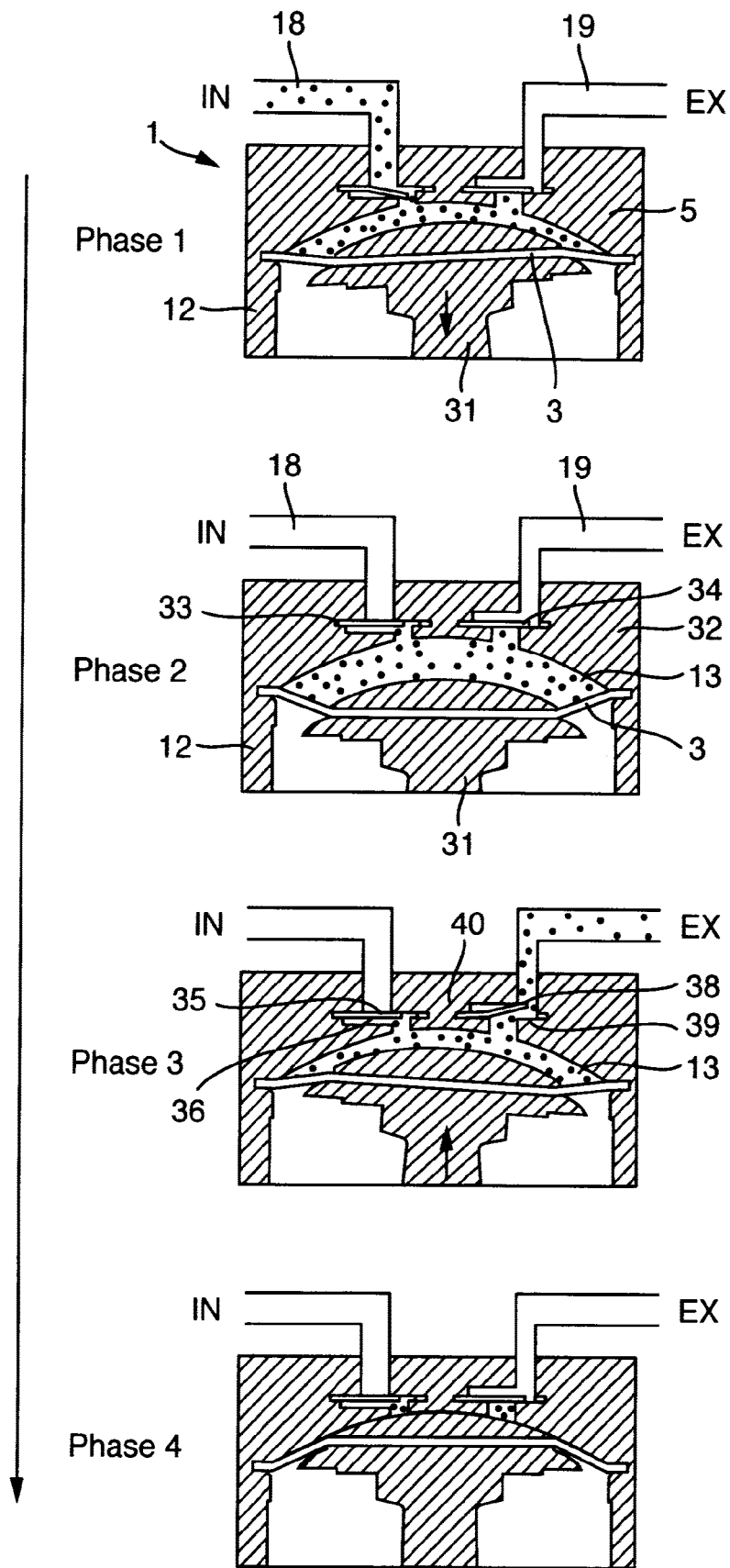


Fig. 6

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 1960371 [0004]
- DE 102006044248 B3 [0006]
- DE 859477 C [0008]
- US 2005047923 A1 [0009]