

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
20. September 2012 (20.09.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/122977 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F04B 13/00 (2006.01) F04B 49/08 (2006.01)
F04B 49/06 (2006.01) F04B 53/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2012/100060

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. März 2012 (09.03.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 001 378.4 17. März 2011 (17.03.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **DIONEX SOFTRON GMBH** [DE/DE];
Domierstraße 4, 82110 Germering (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HÄCKEL, Michael**
[DE/DE]; Brahmstraße 12, 82110 Germering (DE).
SCHLODERER, Richard [DE/DE]; Lilienstraße 3,
82152 Krailling (DE).

(74) Anwalt: **EDER & SCHIESCHKE**; Elisabethstr. 34,
80796 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PISTON-CYLINDER UNIT FOR A PISTON PUMP, IN PARTICULAR FOR HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

(54) Bezeichnung : KOLBEN-ZYLINDER-EINHEIT FÜR EINE KOLBENPUMPE, INSBESONDERE FÜR DIE HOCHLEISTUNGSFLÜSSIGKEITSCHROMATOGRAPHIE

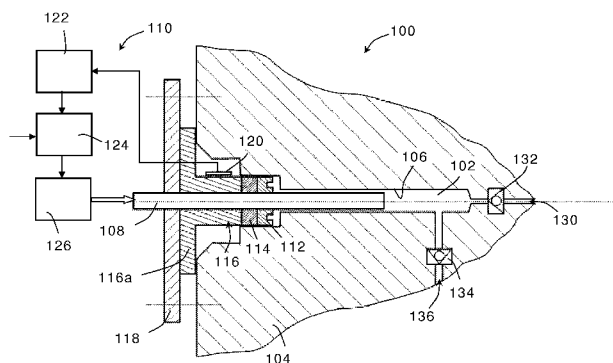


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a piston-cylinder unit for a piston pump, in particular for high performance liquid chromatography, comprising at least one cylinder-piston unit (100) in order to discharge a liquid medium from a cylinder volume (102) by a movement of a piston (108) at an outlet port (130), wherein the piston (108) protrudes through a sealing element (112) axially surrounding it into the cylinder volume (102), comprising a drive unit (126) for driving the piston (108) of the at least one cylinder-piston unit (100) and comprising a sensor unit (110) for recording relative or absolute values for the pressure of the liquid medium in the cylinder volume (102). According to the invention the sensor unit (110) comprises a sensor element (116) or a sensor zone of the cylinder housing (104), wherein the pressure of the liquid medium in the cylinder volume (102) is applied indirectly or directly on the sensor element (116) or the sensor zone. The sensor unit (110) detects absolute or relative values of a physical parameter of the sensor element (116) or of the sensor zone which constitutes a measurement of the pressure of the liquid medium in the cylinder volume (102) and, depending upon the recorded values,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/122977 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

generates a signal which constitutes a measurement of the pressure acting in the liquid medium in the cylinder volume (102). Furthermore the invention relates to a multi-piston pump comprising at least one such piston-cylinder unit (100).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kolben-Zylinder-Einheit für eine Kolbenpumpe, insbesondere für die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie, mit wenigstens einer Zylinder-Kolben-Einheit (100), um ein flüssiges Medium aus einem Zylindervolumen (102) durch eine Bewegung eines Kolbens (108) an einem Ausgangsport (130) abzufördern, wobei der Kolben (108) durch ein diesen axial umgebendes Dichtelement (112) in das Zylindervolumen (102) ragt, mit einer Antriebseinrichtung (126) zum Antreiben des Kolbens (108) der wenigstens einen Zylinder-Kolben-Einheit (100) und mit einer Sensoreinrichtung (110) zur Erfassung relativer oder absoluter Werte für den Druck des flüssigen Mediums im Zylindervolumen (102). Erfindungsgemäß umfasst die Sensoreinrichtung (110) ein Sensorelement (116) oder einen Sensorbereich des Zylindergehäuses (104), wobei das Sensorelement (116) oder der Sensorbereich mittelbar oder unmittelbar durch den Druck des flüssigen Mediums im Zylindervolumen (102) beaufschlagt ist. Die Sensoreinrichtung (110) detektiert absolute oder relative Werte einer physikalischen Größe des Sensorelements (116) oder des Sensorbereichs, welche ein Maß für den Druck des flüssigen Mediums im Zylindervolumen (102) darstellt, und erzeugt abhängig von den erfassten Werten ein Signal, welches ein Maß für den in dem flüssigen Medium im Zylindervolumen (102) wirkenden Druck darstellt. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Mehrfachkolbenpumpe mit wenigstens einer derartigen Kolben-Zylinder-Einheit (100).

Kolben-Zylinder-Einheit für eine Kolbenpumpe, insbesondere für die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie

Die Erfindung betrifft eine Kolben-Zylinder-Einheit für eine Kolbenpumpe, insbesondere für die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Mehrfachkolbenpumpe mit wenigstens einer derartigen Kolben-Zylinder-Einheit gemäß Anspruch 8.

In der HPLC finden insbesondere Doppelkolbenpumpen Verwendung, wobei die Kolben-Zylinder-Einheiten hinsichtlich des Strömungspfad des zu fördernden flüssigen Mediums in Reihe oder parallel geschaltet sein können. Durch die Verwendung von mindestens zwei Zylinder-Kolben-Einheiten kann erreicht werden, dass eine konstante Flussrate des von einer Niederdruckseite zu einer Hochdruckseite am Ausgang der Kolbenpumpe zu fördern- den Mediums vorliegt, obwohl die einzelnen Kolben-Zylinder-Einheiten jeweils periodisch während einer Befüllphase für das betreffende Zylindervolumen zurückbewegt werden, um anschließend während einer Förderphase, während das zu fördernde Medium am Ausgang der betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit abgegeben wird, wieder nach vorne bewegt zu werden.

Bei einer Doppelkolbenpumpe, bei der die beiden Kolben-Zylinder-Einheiten in Serie geschaltet sind, ist die erste Kolben-Zylinder-Einheit mit ihrem Einlass mit der Niederdruckseite des zu fördernden Mediums verbunden. Am Einlass ist dabei üblicherweise ein Rückschlagventil vorgesehen, welches druckgesteuert geöffnet bzw. geschlossen wird. Bei einer Rückwärtsbewegung des Kolbens der Kolben-Zylinder-Einheit wird dieses Rückschlagventil in Folge des im Zylindervolumen geringeren Drucks geöffnet, so dass das zu fördernde Medium eingesaugt wird. Bei der sich anschließenden Vorwärtsbewegung des Kolbens wird das Medium im Zylindervolumen komprimiert, wodurch zunächst das Rückschlagventil am Einlass durch den im Zylindervolumen höheren Druck geschlossen wird. Anschließend wird das Medium durch die weitere Vorwärtsbewegung des Kolbens zunächst soweit komprimiert, bis der Druck im Zylindervolumen dieser ersten Kolben-Zylinder-Einheit den Arbeitsdruck der Pumpe erreicht hat. Hierdurch wird ein am Auslass der ersten Kolben-Zylinder-Einheit vorgesehenes weiteres Rückschlagventil, welches während der Ansaug- und der ersten Phase der Kompressionsphase geschlossen ist, geöffnet, so dass das zu fördernde

flüssige Medium vom Auslass der ersten Kolben-Zylinder-Einheit zum Eingang der damit in Serie verbundenen zweiten Kolben-Zylinder-Einheit gefördert wird. Die Bewegungen der beiden Kolben-Zylinder-Einheiten sind dabei so synchronisiert, dass beim Erreichen des Arbeitsdrucks in der Kompressionsphase der ersten Kolben-Zylinder-Einheit die Förderphase der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit gerade kurz vor ihrem Ende steht. Bis zum Abschluss der Förderphase der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit wird der Fluss am Ausgang der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit, welcher auch den Ausgang der Doppelkolbenpumpe darstellt, sowohl von der Förderbewegung des Kolbens der ersten Kolben-Zylinder-Einheit als auch von der Förderbewegung des Kolbens der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit erzeugt und wäre damit größer als der konstante Fluss, der durch eine entsprechende Ansteuerung des Kolbens der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit während derjenigen Phase erzeugt wird, während der der Fluss am Ausgang der Doppelkolbenpumpe ausschließlich von der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit erzeugt wird. Um eine Erhöhung der Flussrate während dieser Übergangsphase zu vermeiden, werden die Antriebe oder der gekoppelte Antrieb für die beiden Kolben-Zylinder-Einheiten so angesteuert, dass die (Vorwärts-) Bewegung der beiden Kolben so verlangsamt wird, dass auch während dieser Übergangsphase eine möglichst konstante Flussrate am Ausgang der Doppelkolbenpumpe gegeben ist. Nach dem Beenden der Förderphase der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit wird der betreffende Kolben zurückbewegt, wobei während dieser Phase die Vorwärtsbewegung des Kolbens der ersten Kolben-Zylinder-Einheit so gesteuert wird, dass sich trotz des Befüllens des Volumens der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit am Ausgang der Doppelkolbenpumpe wiederum die gewünschte konstante Flussrate ergibt.

Am Ende der Förderbewegung der ersten Kolben-Zylinder-Einheit wird kurz zuvor der Kolben der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit wieder in eine Vorwärtsbewegung versetzt, wodurch sich das Rückschlagventil am Ausgang der ersten Kolben-Zylinder-Einheit schließt und sich in Folge einer entsprechend gesteuerten Vorwärtsbewegung des Kolbens der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit wieder die vorbestimmte Flussrate für das zu fördernde Medium einstellt. Nach dem Schließen des Rückschlagventils am Ausgang der ersten Kolben-Zylinder-Einheit wird der betreffende Kolben erneut zurückbewegt, so dass die erste Kolben-Zylinder-Einheit wieder in die Ansaugphase gelangt. Der vorbeschriebene Ablauf wird zyklisch wiederholt, wobei sich am Auslass der Doppelkolbenpumpe ein im Wesentlichen konstanter Fluss ergibt.

Die Ansteuerung des gemeinsamen Antriebs oder der jeweils einzelnen Antriebe für die beiden Kolben-Zylinder-Einheiten während der vorbeschriebenen Übergangsphase bei welcher der Fluss am Auslass der Doppelkolbenpumpe von beiden Kolben-Zylinder-Einheiten erzeugt wird, muss jedoch vorzugsweise so erfolgen, dass die Flussrate möglichst auf dem vorbestimmten, konstanten Wert gehalten wird.

Hierzu ist es erforderlich, möglichst exakt die Zeitpunkte zu bestimmen, in denen der Druck während der Kompressionsphase in der ersten Kolben-Zylinder-Einheit gerade den Wert des Drucks auf der Hochdruckseite erreicht, d.h. den Wert des Drucks im Volumen der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit (während der Phase, während der der Fluss ausschließlich von dieser zweiten Kolben-Zylinder-Einheit erzeugt wird). Sofort bei Erreichen dieses Druckwerts muss der Antrieb bzw. müssen die Antriebe für die Kolben-Zylinder-Einheiten so angesteuert werden, dass auch während der sich anschließenden Übergangsphase (in welcher der Fluss von beiden Kolben-Zylinder-Einheiten erzeugt wird) auf dem gewünschten, konstanten Wert gehalten wird.

Hierzu ist es bekannt, am Ausgang der Doppelkolbenpumpe, also am Ausgang der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit einen Drucksensor vorzusehen, so dass bei Detektieren eines Druckanstiegs (welcher bei einer konstanten Last, d.h. einem konstanten fluidischen Widerstand, der mit dem Ausgang der Doppelkolbenpumpe verbunden ist, zu einem Anstieg der Flussrate führen würde), der Antrieb bzw. die Antriebe für die beiden Kolben-Zylinder-Einheiten so angesteuert werden können, dass der Druck und damit der Fluss am Pumpenausgang konstant gehalten wird. Nach dem Ende dieser Übergangsphase, welches durch einen Druckabfall und damit einen Rückgang der Flussrate detektierbar ist, kann die Bewegung des gemeinsamen Antriebs bzw. der beiden Einzelantriebe wieder so gesteuert werden, dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Kolben (synchron) erhöht wird.

Da es möglichst nicht zu einem detektierbaren Druckanstieg kommen soll, wird üblicherweise versucht, den Zeitpunkt des Beginns, bzw. des Endes dieser Übergangsphase möglichst exakt vorherzusagen. Dies kann dadurch erfolgen, dass bei Detektieren eines Druckanstiegs bzw. eines damit verbundenen Anstiegs der Flussrate am Beginn der Übergangsphase bei dem oder den nächsten folgenden Zyklen die Geschwindigkeit des oder der Antriebe um eine vorbestimmte zeitliche Differenz früher reduziert wird. In gleicher Weise kann bei Detektieren eines Druckabfalls am Beginn einer Übergangsphase die Geschwin-

digkeit des bzw. der Antriebe bei dem nächsten oder den nächsten Zyklen erst um eine vorbestimmte Zeitspanne später reduziert werden. Es handelt sich hierbei somit um ein iteratives Verfahren zur Ansteuerung des oder der Antriebe der beiden Kolben-Zylinder-Einheiten.

Auch bei einer Doppelkolbenpumpe, bei welcher die beiden Kolben-Zylinder-Einheiten parallel geschaltet sind, kann die Ansteuerung der betreffenden Antriebe oder des betreffenden gemeinsamen Antriebs (mit einer starren Kopplung der Bewegungen der einzelnen Kolben der Kolben-Zylinder-Einheiten) so erfolgen, dass sich am Ausgang der Doppelkolbenpumpe (bzw. Mehrfachkolbenpumpe) ein möglichst konstanter vorbestimmter Fluss ergibt. Hierzu ist es erforderlich, entweder am Ausgang der Kolbenpumpe oder am Auslass jeder einzelnen Kolben-Zylinder-Einheit einen Drucksensor vorzusehen, wobei die einzelnen Antriebe oder der gemeinsame Antrieb für die Kolben-Zylinder-Einheit abhängig von dem oder den Sensorsignalen wiederum so angesteuert werden, dass sich am Ausgang der Doppelkolbenpumpe, insbesondere auch während der Übergangsphasen, eine konstante Flussrate ergibt. Es sei hier angemerkt, dass auch eine Parallelschaltung von mehr als zwei Kolben-Zylinder-Einheiten zur Realisierung einer Mehrfachkolbenpumpe möglich ist, wobei die Kolbenbewegungen der einzelnen Pumpen jeweils eine entsprechend Phasenverschiebung aufweisen.

Zur Realisierung von Doppelkolbenpumpen (oder ganz allgemein Mehrfachkolbenpumpen) werden üblicherweise externe Drucksensoren verwendet, die jedoch einen entsprechenden Montageaufwand und ein zusätzliches Risiko eines Lecks mit sich bringen und häufig relativ teuer sind. Zudem ergibt sich durch das Einsetzen externer Drucksensoren immer ein zusätzliches Totvolumen, welches insbesondere bei der HPLC nachteilig ist.

Eine Doppelkolbenpumpe mit zwei seriell geschalteten Kolben-Zylinder-Einheiten, bei welcher der Druck des Mediums im Volumen der ersten Kolben-Zylinder-Einheit mittels eines ersten Drucksensors und der Druck am Ausgang der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit mittels eines zweiten Drucksensors erfasst wird, ist beispielsweise in der US 7,850,844 B2 beschrieben. Die Signale der Drucksensoren werden von einer Steuereinheit dazu verwendet, um in der vorbeschriebenen Art und Weise den Zeitpunkt des Beendens der Kompressionsphase in der ersten Kolben-Zylinder-Einheit abzuschätzen. Auch hierbei werden jedoch übliche Drucksensoren mit den vorbeschriebenen Nachteilen verwendet.

Die US 2010/0143155 A1 beschreibt eine Doppelkolbenpumpe mit zwei seriell gekoppelten Kolben-Zylinder-Einheiten, bei der auf eine direkte Messung des Drucks am Ausgang der ersten Kolben-Zylinder-Einheit verzichtet wird. Stattdessen schlägt diese Veröffentlichung vor, eine indirekte Druckmessung vorzunehmen, indem ein Kraft- oder Drehmomentsensor eingesetzt wird, welcher Werte für mechanische Kräfte und/oder Drehmomente erfasst, die auf die Struktur der Kolben-Zylinder-Einheit oder der betreffenden Antriebseinrichtung ausgeübt oder von dieser übertragen werden.

Insbesondere schlägt die US 2010/0143155 A1 vor, diejenigen mechanischen Kräfte oder Drehmomente zu erfassen, die auf ein Element des Antriebs für den Kolben der betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit ausgeübt werden. Zur Erfassung dieser mechanischen Größen wird vorgeschlagen, Sensoren zu verwenden, die Dehnungsmessstreifen, Piezoelemente, akustische Resonatoren oder optische Messvorrichtungen aufweisen.

Die dort vorgeschlagene Erfassung der mechanischen Größen, die insbesondere auf Elemente des Antriebs wirken oder von bzw. auf diese übertragen werden, bringt jedoch den Nachteil mit sich, dass die erfassten Messwerte nur mit einem relativ großen Fehler mit den tatsächlichen Werten des Drucks im Volumen der betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit korrelieren. Insbesondere wirken sich mechanische Verluste, insbesondere Reibungsverluste zwischen den einzelnen Komponenten des Antriebs und auch zwischen den Dichtelementen und dem Kolben negativ aus.

Der Erfindung liegt daher ausgehend von diesem Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, eine Kolben-Zylinder-Einheit für eine Kolbenpumpe, insbesondere für die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie, zu schaffen, welche eine Sensoreinrichtung aufweist, die einfach und kostengünstig herstellbar ist und welche ein Signal erzeugt, welches möglichst genau dem Druck im Volumen der Kolben-Zylinder-Einheit entspricht. Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Kolbenpumpe mit wenigstens einer derartigen Kolben-Zylinder-Einheit zu schaffen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 8.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass gegenüber dem vorgenannten Stand der Technik eine Verbesserung der Genauigkeit bei der Korrelation zwischen der erfassten physikalischen Größe und dem tatsächlich im Zylindervolumen herrschenden Druck erreicht wird, wenn entsprechende physikalische Größen eines Sensorelements oder eines Sensorbereichs des Zylindergehäuses detektiert werden, wobei das Sensorelement oder der Sensorbereich so gewählt sind, dass diese mittelbar über das vom Kolben durchgriffene Dichtungselement vom Druck des flüssigen Mediums im Zylindervolumen beaufschlagt werden. Hierdurch wird vermieden, dass sich mechanische Verluste, insbesondere Reibungsverluste störend auf die Genauigkeit auswirken.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Sensorelement als Buchsenteil ausgebildet, welches der Kolben der Kolben-Zylinder-Einheit durchragt. Alternativ zu einem separat ausgebildeten Sensorelement kann das Zylindergehäuse selbst auch einen Sensorbereich aufweisen, der buchsenartig ausgebildet ist und welcher vom Kolben durchgriffen wird.

Die Verwendung eines separaten Buchsenteils bringt jedoch den Vorteil mit sich, dass ein kleineres Element, mit dem darauf fest angeordneten Sensor unabhängig von einem größeren Gehäuse oder Gehäuseteil ausgetauscht werden kann.

Zwischen dem als Buchsenteil ausgebildeten Sensorelement oder dem buchsenartig ausgebildeten Sensorbereich und einem ebenfalls vom Kolben durchragten Dichtelement, welches das Zylindervolumen gegen den Kolben und das Zylindergehäuse abdichtet, kann ein Stützelement vorgesehen sein, welches der Kolben durchragt, wobei das Buchsenteil oder der buchsenartige Sensorbereich vorzugsweise an einer dem Zylindervolumen zugewandten Stirnseite mittelbar, d.h. über das Dichtelement und das Stützelement, vom Druck des flüssigen Mediums beaufschlagt wird.

Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass lediglich das Stützelement hochgenau gefertigt sein muss, um das Dichtelement ausreichend in der Ausnehmung, welche das Zylindervolumen bildet, abzustützen. Denn bei extrem hohen Drücken, wie sie in der HPLC verwendet werden, können bereits geringe Toleranzen in der Außenkontur des Stützelements, welche einen Spalt zwischen dem Außenumfang des Stützelements und dem Innenumfang der das Zylindervolumen bildenden Ausnehmung entstehen lassen, dazu führen, dass das weiche

Dichtmaterial um das Stützelement herum extrudiert und das Dichtelement dadurch zerstört wird. Dagegen sind bei dieser Ausführungsform größere Toleranzen in der Geometrie des Buchsenteils oder des buxsenartigen Sensorbereichs bei der Verwendung eines derartigen Stützelements unkritisch. Insgesamt wird hierdurch der Aufbau der Kolben-Zylinder-Einheit vereinfacht und die Herstellungskosten werden reduziert.

Nach der bevorzugten Ausführungsform der Kolben-Zylinder-Einheit ist die Sensoreinrichtung so ausgestaltet, dass diese eine mechanische Deformation des Sensorelements oder des Sensorbereichs in Folge hierauf ausgeübter, vom Druck im Zylindervolumen erzeugter Kräfte detektiert.

Die Sensoreinrichtung kann als eigentlichen Sensor wenigstens einen Dehnungsmessstreifen aufweisen, der auf dem Sensorelement oder dem Sensorbereich angeordnet ist. Selbstverständlich können in üblicher Weise auch mehrere Dehnungsmessstreifen, beispielsweise als Messbrücke verschaltet, verwendet werden, um mechanische Deformationen zu detektieren.

Das Sensorelement oder der Sensorbereich können auch aus einem piezoelektrischen Material bestehen, wobei die Sensoreinrichtung zur Erfassung der Spannung ausgebildet ist, welche durch die mechanische Deformation des Sensorelements oder des Sensorbereichs erzeugt wird.

In gleicher Weise kann das Sensorelement oder der Sensorbereich aus einem magnetostriktivem Material bestehen, wobei die Sensoreinrichtung zur Erfassung der Magnetisierung des Sensorelements oder des Sensorbereichs ausgebildet ist, welche durch die mechanische Deformation des Sensorelements oder des Sensorbereichs erzeugt wird.

Selbstverständlich kann der eigentliche Sensor jedoch in beliebiger Weise ausgebildet sein, beispielsweise auch als optischer Sensor, welcher ausgebildet ist, um mechanische Spannungen und/oder Deformationen des Sensorelements oder des Sensorbereichs zu erfassen.

Bei einer Doppelkolbenpumpe mit zwei in Serie geschalteten Kolben-Zylinder-Einheiten ist erfindungsgemäß zumindest die erste Kolben-Zylinder-Einheit mit einer derartigen Sen-

soreinrichtung versehen. Eine Pumpensteuereinrichtung kann dann das Signal der Sensoreinrichtung der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit dazu verwenden, um die Antriebseinrichtung für die Kolben-Zylinder-Einheiten abhängig vom Signal der wenigstens einen Sensoreinrichtung so anzusteuern, dass am Ausgangsport der Doppelkolbenpumpe auch in der Übergangsphase zwischen den Förderphasen, während der das Medium ausschließlich von einer der beiden Kolben-Zylinder-Einheiten gefördert wird, die Flussrate des Mediums im Wesentlichen konstant ist oder eine Abweichung von einem vorgegebenen Wert für die Flussrate aufweist, die kleiner ist als eine maximale vorgegebene Abweichung.

Die Antriebseinrichtung kann dabei jeweils zwei separate Teilantriebseinrichtungen für jeweils eine der Kolben-Zylinder-Einheiten aufweisen oder als gemeinsame Antriebseinrichtung ausgebildet sein, beispielsweise in üblicher Weise als gekoppeltes Nockengetriebe.

Eine Mehrfachkolbenpumpe nach der Erfindung, bei der zwei oder mehr Kolben-Zylinder-Einheiten mit jeweils einer Sensoreinrichtung parallel geschaltet sind, weist im fluidischen Pfad vor dem Ausgangsport jeder Kolben-Zylinder-Einheit oder im fluidischen Pfad zwischen dem Ausgangsport jeder Kolben-Zylinder-Einheit und jeweils einem zugeordneten Port einer T-Zusammenführeinheit jeweils ein Ventil auf, welches in üblicher Weise als Rückschlagventil ausgebildet sein kann. Der Ausgangsport der T-Zusammenführeinheit bildet den Ausgangsport der Mehrfachkolbenpumpe. Eine Pumpensteuerung verwendet auch in diesem Fall die Signale der Sensoreinrichtungen um die Antriebseinrichtung für die Kolben-Zylinder-Einheiten abhängig von den Signalen der Sensoreinrichtungen so anzusteuern, dass am Ausgangsport der Mehrfachkolbenpumpe auch in der Übergangsphase zwischen den Förderphasen, während der das Medium ausschließlich von einer der Kolben-Zylinder-Einheiten gefördert wird, die Flussrate des Mediums im Wesentlichen konstant ist oder eine Abweichung von einem vorgegebenen Wert für die Flussrate aufweist, die kleiner ist als eine vorgegebene maximale Abweichung.

Vorzugsweise sind die zwei oder mehreren Kolben-Zylinder-Einheiten derartiger Doppel- oder Mehrfachkolbenpumpen in einem gemeinsamen Gehäuse ausgebildet.

Die Pumpensteuereinrichtung kann dabei den Wert des Signals der wenigstens einen Sensoreinrichtung am Ende jeder Kompressionsphase oder am Ende vorbestimmter Kompressionsphasen der betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit als Referenzwert erfassen und wäh-

rend der folgenden Kompressionsphase oder während mehrerer folgender Kompressionsphasen mit den jeweils aktuell erfassten Werten des betreffenden Signals vergleichen und bei Erreichen des Referenzwertes oder eines hiervon abgeleiteten Wertes die Antriebseinrichtung so ansteuern, dass am Ausgangsport der Mehrfachkolbenpumpe auch in der Übergangsphase die Flussrate des Mediums im Wesentlichen konstant ist oder eine zulässige Abweichung aufweist.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Doppelkolbenpumpe mit zwei in Serie geschalteten Kolben-Zylinder-Einheiten;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Doppelkolbenpumpe mit zwei parallel geschalteten Kolben-Zylinder-Einheiten; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Kolben-Zylinder-Einheit nach der Erfindung mit einer Sensoreinrichtung zur Erfassung des Drucks im Zylindervolumen.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Doppelkolbenpumpe 1 mit einer ersten Kolben-Zylinder-Einheit 3 und einer damit in Serie geschalteten zweiten Kolben-Zylinder-Einheit 5. Der Eingangsport 7 der Doppelkolbenpumpe 1 bildet gleichzeitig den Eingangsport der ersten Kolben-Zylinder-Einheit 3. Dieser ist mit einem Reservoir 9 für ein zu förderndes flüssiges Medium verbunden. Ein Ausgangsport 11 der ersten Kolben-Zylinder-Einheit 3 ist mit einem Eingangsport 13 der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit 5 verbunden. Ein Ausgangsport 15 der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit 5 bildet gleichzeitig den Ausgangsport der Doppelkolbenpumpe 1.

Vor dem Eingangsport 7 bzw. dem Ausgangsport 11 der ersten Kolben-Zylinder-Einheit 3 ist jeweils ein Rückschlagventil 17, 19 vorgesehen. Wie eingangs ausgeführt, öffnet sich das Rückschlagventil 17 selbsttätig, wenn der Kolben 3a der Kolben-Zylinder-Einheit 3 zurückbewegt wird, d.h. das Zylindervolumen vergrößert wird. Das Rückschlagventil 19 ist so ausgebildet, dass es in dieser Förderphase die Verbindung zwischen dem Ausgangsport

11 der ersten Kolben-Zylinder-Einheit 3 und dem Eingangsport 13 der Kolben-Zylinder-Einheit 5 sperrt. Während dieser Phase kann die Kolben-Zylinder-Einheit 5 zunächst das Erzeugen des Flusses des zu fördernden Mediums am Ausgangsport 15 alleine übernehmen. Nach der Ansaugphase der Kolben-Zylinder-Einheit 3 wird die Bewegung des Kolbens 3a umgekehrt, so dass sich zunächst das Rückschlagventil 17 schließt (in Folge des im Zylindervolumen höheren Drucks) und eine Kompressionsphase beginnen kann. Das Medium im Zylindervolumen der Kolben-Zylinder-Einheit 3 wird während dieser Kompressionsphase zunächst solange komprimiert, bis der Druck im Zylindervolumen dem Druck auf der Ausgangsseite bzw. dem Druck im Zylindervolumen der Kolben-Zylinder-Einheit 5 entspricht. Hier wird bei Erreichen des ausgangsseitigen Drucks im Zylindervolumen der Kolben-Zylinder-Einheit 3 das Rückschlagventil 19 geöffnet, so dass während einer Übergangsphase der am Ausgangsport 15 erzeugte Fluss zunächst in Folge einer Vorwärtsbewegung sowohl des Kolbens 3a als auch des Kolbens 5a durch beide Kolben-Zylinder-Einheiten 3, 5 erzeugt wird. Während dieser Phase muss eine Pumpensteuereinrichtung 21 Antriebseinrichtungen 23, 25 für die Kolben-Zylinder-Einheiten 3, 5 hinsichtlich Ihrer Antriebsgeschwindigkeit so ansteuern, dass sich am Ausgangsport 15 nach wie vor der gewünschte konstante Fluss ergibt. Hierzu ist eine Verringerung der Antriebsgeschwindigkeit erforderlich.

In Fig. 1 sind die Antriebseinrichtungen 23, 25 als separate Antriebseinrichtungen für die Kolben-Zylinder-Einheiten 3 bzw. 5 dargestellt. Selbstverständlich kann auch eine einzige Antriebseinrichtung vorgesehen sein, welche zwei Abtriebe für jeweils einen der Kolben 3a, 5a aufweist. Die Abtriebsgeschwindigkeiten können dann beispielsweise fest mechanisch gekoppelt sein. Werden, wie in Fig. 1 dargestellt, zwei separate Antriebseinrichtungen 23, 25 verwendet, können diese von der Pumpensteuereinrichtung 21 jeweils individuell angesteuert werden. Hierdurch wird eine höhere Flexibilität erreicht.

Nach dem Ende der Förderphase der Kolben-Zylinder-Einheit 3 wird die Bewegungsrichtung des Kolbens 3a umgekehrt. Das Rückschlagventil 19 wird hierdurch sofort geschlossen, so dass die Kolben-Zylinder-Einheit 5 alleine für die Förderung des Flusses am Ausgangsport 15 verantwortlich ist. Dementsprechend muss die Pumpensteuereinrichtung 21 die Antriebe 23, 25 so ansteuern, dass die Antriebsgeschwindigkeit (zumindest für die Antriebseinrichtung 25) wieder erhöht wird, um den gewünschten konstanten Fluss am Ausgangsport 15 zu gewährleisten.

Durch die Rückwärtsbewegung des Kolbens 3a wird das Zylindervolumen wieder mit neuem, zu förderndem Medium gefüllt. Nach dem Ende dieser Ansaugphase wird die Kolbenbewegung des Kolbens 3a wieder umgekehrt und eine erneute Kompressionsphase beginnt. Der vorbeschriebene Ablauf wird zyklisch wiederholt.

Fig. 2 zeigt eine Doppelkolbenpumpe 40, welche zwei parallel geschaltete Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 aufweist. Ein Eingangsport 60 der Doppelkolbenpumpe 40 ist wiederum mit einem Reservoir 9 für das zu fördernde flüssige Medium verbunden. Der Eingangsport 60 ist mit einer Verzweigungseinheit 62 verbunden, welche den Fluidstrom über jeweils einen Ausgang 62a, 62b mit jeweils einem Eingangsport 32, 52 der Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 verbindet. Ausgangsports 34, 54 der Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 sind mit jeweils einem Eingang 64a, 64b einer Zusammenführeinheit 64 verbunden, deren Ausgang gleichzeitig den Ausgangsport 66 der Doppelkolbenpumpe 40 darstellt.

Die Funktionsweise dieser bekannten Doppelkolbenpumpe lässt sich wie folgt kurz erläutern: Eine Pumpensteuereinrichtung 68 steuert Antriebseinrichtungen 70, 72 für die Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 so an, dass am Ausgangsport 66 der gewünschte konstante Fluss des zu fördernden Mediums abwechselnd jeweils ausschließlich von einer der beiden Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 erzeugt wird. Dementsprechend werden die Antriebseinrichtungen 70, 72 so angesteuert, dass deren zyklische Bewegungen eine vorbestimmte Phasenverschiebung, beispielsweise 180° , aufweisen. Wird beispielsweise der Fluss am Ausgangsport 66 in einer bestimmten Förderphase ausschließlich von der Kolben-Zylinder-Einheit 30 erzeugt, so kann währenddessen zunächst das Zylindervolumen der Kolben-Zylinder-Einheit 50 durch ein Zurückbewegen des betreffenden Kolbens mit dem flüssigen Medium gefüllt werden (Ansaugphase). Nach dem Beenden dieser Ansaugphase wird die Kolbenbewegung umgekehrt, wobei zunächst eine Kompression des im Zylindervolumen befindlichen Mediums erfolgt. Wie bereits vorstehend in Verbindung mit der Doppelkolbenpumpe 1 gemäß Fig. 1 erläutert, weisen bei der Doppelkolbenpumpe gemäß Fig. 2 beide Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 jeweils zwei Rückschlagventile 36, 38 bzw. 56, 58 auf, deren Funktionsweise der der Rückschlagventile 17, 19 der Kolben-Zylinder-Einheit 3 der Doppelkolbenpumpe 1 gemäß Fig. 1 entspricht.

Dabei wird jeweils während einer Ansaugphase das mit dem betreffenden Eingangsport 32, 52 verbundene Rückschlagventil 36, 56 der betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit geöffnet und das entsprechende Rückschlagventil 38, 58 geschlossen. Während der jeweiligen Kompressionsphase sind zunächst beide Rückschlagventile 36, 38 und 56, 58 geschlossen. Erst bei Erreichen des Arbeitsdrucks auf der Hochdruckseite der Doppelkolbenpumpe 40 (Druck des Mediums am Ausgangsport 66 und damit fluidisch verbundener Leitungen) öffnet sich das zugehörige Rückschlagventil 34 bzw. 54. Ab diesem Zeitpunkt wird in einer Übergangsphase der Fluss des Mediums am Ausgangsport 66 von beiden Kolben-Zylinder-Einheiten erzeugt (in dieser Übergangsphase steuert die Pumpensteuereinrichtung 68 die Antriebseinrichtungen 70, 72 so an, dass beide Kolben eine Vorwärtsbewegung ausführen, d.h. eine Bewegung, die zu einer Verringerung des effektiven Zylindervolumens führt).

Wie auch bei der Ausführungsform einer Doppelkolbenpumpe 1 mit seriell geschalteten Kolben-Zylinder-Einheiten muss die Pumpensteuereinrichtung 68 auch hier dafür Sorge tragen, dass die Vorwärtsbewegung der Kolben der beiden Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 so reduziert wird, dass auch während der Übergangsphase ein konstanter Fluss am Ausgangsport 66 erzeugt wird. Es ist somit eine entsprechende Verringerung der Antriebsgeschwindigkeit für die Kolben nötig.

Diese Übergangsphase wird beendet, indem die Pumpensteuereinrichtung 68 die betreffende Antriebseinrichtung 70, 72 derjenigen Kolben-Zylinder-Einheit 30, 50, die vor der Übergangsphase ausschließlich den Fluss am Ausgangsport 66 erzeugt hat, in eine Rückwärtsbewegung steuert. Dies führt dazu, dass sich das betreffende Rückschlagventil am Ausgangsport 34, 54 der betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit 30, 50 schließt und das zugehörige Rückschlagventil 32, 52 am Eingang der betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit 30, 50 öffnet. Eine neue Ansaugphase für die jeweilige Kolben-Zylinder-Einheit 30, 50 beginnt. Die jeweils andere Kolben-Zylinder-Einheit 30, 50 übernimmt während dieser Ansaugphase und der sich anschließenden Kompressionsphase der anderen Kolben-Zylinder-Einheit die ausschließliche Erzeugung des Flusses am Ausgangsport 66. Dieser Funktionsablauf wird wiederum zyklisch wiederholt.

Es ist somit auch bei dieser Ausführungsform einer Doppelkolbenpumpe 40 mit parallel geschalteten Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 erforderlich, den Zeitpunkt möglichst genau zu ermitteln, zu dem am Ende der Kompressionsphase einer Kolben-Zylinder-Einheit 30, 50

der Druck im betreffenden Zylindervolumen den Arbeitsdruck auf der Hochdruckseite erreicht, da sich zu diesem Zeitpunkt das betreffende Rückschlagventil 34, 54 öffnet und der Fluss während einer Übergangsphase von beiden Kolben-Zylinder-Einheiten 30, 50 erzeugt wird und dementsprechend eine Reduktion der Geschwindigkeiten der Kolbenbewegungen erforderlich ist.

Wie bereits vorstehend erläutert, lassen sich diese Zeitpunkte dadurch ermitteln, dass Werte einer physikalischen Größe detektiert werden, die ein Maß für den Druck in dem betreffenden Zylindervolumen darstellt. Dabei soll erfindungsgemäß auf das Vorsehen von externen Drucksensoren verzichtet werden, deren Anschluss jeweils mit dem Zylindervolumen oder dem Volumen einer das flüssige Medium führenden Leitung verbunden werden müsste. Hieraus resultierende Nachteile, wie das Einführen eines zusätzlichen Totvolumens oder das Verwenden von Drucksensoren, die jeweils mit dem flüssigen Medium in Kontakt gelangen, soll erfindungsgemäß vermieden werden.

Die Art und Weise, wie aus einem derartigen Signal, welches mit ausreichend guter Genauigkeit dem Druck im Zylindervolumen entspricht, eine möglichst optimale Ansteuerung der Antriebseinrichtungen für die betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit ermittelt wird, ist im Stand der Technik bekannt und bedarf im Rahmen der Beschreibung der vorliegenden Erfindung keine detaillierte Erläuterung.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Kolben-Zylinder-Einheit 100, welche eine Sensoreinrichtung 110 zur Erfassung einer physikalischen Größe, die ein Maß für den Druck des flüssigen Mediums im Zylindervolumen 102 aufweist.

Die Kolben-Zylinder-Einheit 100 weist ein Zylindergehäuse 104 auf, in welchem eine Ausnehmung 106 vorgesehen ist, in welcher ein Kolben 108 verschiebbar geführt ist. Die Ausnehmung 106 kann beispielsweise zylindrisch ausgebildet sein.

In einem rückwärtigen Bereich erweitert sich die Ausnehmung 106 der Kolben-Zylinder-Einheit 100 gemäß Fig. 3 stufenartig, wobei in diesem Bereich ein ringförmiges Dichtelement 112 vorgesehen ist, welches vom Kolben 108 durchragt wird. Das Dichtelement 112 dichtet einen vorderen Teil der Ausnehmung 106 (dieser ist bei der Ausführungsform in Fig. 3 im Wesentlichen durch den zylindrischen Teil mit geringerem Querschnitt gebildet) ge-

genüber einem rückwärtigen Teil der Ausnehmung 106 ab. Auch gegenüber dem Außenumfang des Kolbens 108 wird eine Dichtwirkung erreicht. Das Dichtelement kann beispielsweise aus einem ausreichend flexiblen und inerten Kunststoffmaterial bestehen, beispielsweise aus PE, PTFE oder PEEK.

Um bei hohen Drücken, wie sie beispielsweise in der HPLC verwendet werden, zu vermeiden, dass sich das Dichtelement 112 verformt und dadurch seine Dichtwirkung verliert, ist an der rückwärtigen Seite des Dichtelements 112 ein Stützelement 114 angeordnet. Dieses unterstützt das ringförmige Dichtelement 112 an der gesamten Oberfläche der rückwärtigen Stirnseite des Dichtelements 112. Das Stützelement 114 ist ebenfalls ringförmig ausgebildet und wird vom Kolben 108 durchgriffen. Das Stützelement 114 ist mit ausreichend geringen Toleranzen hergestellt, so dass sich sowohl gegenüber dem dieses durchgreifenden Kolben 108 als auch gegenüber der Innenwandung des sich erweiternden Teils der Ausnehmung 106 praktisch kein oder allenfalls ein sehr geringer ringförmiger Spalt ergibt. Dabei muss selbstverständlich sichergestellt sein, dass zwischen der Innenwandung des Stützelements 114 und dem Außenumfang des Kolbens 108 keine oder allenfalls eine geringe Reibung entsteht. Die vorgenannten zulässige Ringspalte dürfen allenfalls so groß sein, dass auch bei hohen Drücken keinerlei Gefahr besteht, dass das Dichtelement 112 in Folge eines Hineindrückens in den Ringspalt zerstört wird oder die Dichtwirkung des Dichtelements 112 verloren geht.

Die rückwärtige Stirnseite des Stützelements 114 wird bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform von einem Sensorelement 116 beaufschlagt, welches als Buchsenteil ausgebildet ist. Das Sensorelement 116 wird ebenfalls vom Kolben 108 durchgriffen und mittels einer Befestigungsplatte 118 des Zylindergehäuses 104 in der Ausnehmung 106 fixiert.

Das Sensorelement 116 weist dabei in seinem rückwärtigen Bereich einen Flansch 116a auf, welcher auf der Oberfläche des Teils des Zylindergehäuses 104, in welchem die Ausnehmung 106 vorgesehen ist, aufliegt. Mittels der Befestigungsplatte 118, die an den in Fig. 3 gestrichelt dargestellten Positionen mit dem betreffenden Teil des Zylindergehäuses 104 verschraubt wird, wird das Sensorelement 116 ausreichend genau in der Ausnehmung 106 gehalten.

Auf der Außenwandung des Teils des Sensorelements, welches einen Ringquerschnitt aufweist, der im Wesentlichen dem Ringquerschnitt des Stützelements 114 entspricht, ist ein Sensor 120 vorgesehen, welcher in der Lage ist, mechanische Spannungen, Kräfte oder Deformationen in dem betreffenden Teilbereich des Sensorelements 116 zu detektieren. Der Sensor 120 kann beispielsweise als Dehnungsmessstreifen, optischer Sensor oder dergleichen ausgebildet sein.

Nach einer anderen Ausführungsform kann auch das Sensorelement 116 oder ein geeigneter Teilbereich aus einem piezoelektrischen Material oder einem magnetorestriktiven Material bestehen.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass das Sensorelement 116 und das Stützelement 114 aus einem ausreichend festen/harten Material bestehen, welches in der Lage ist, Druckkräfte oder Spannungen aufzunehmen und diesen Stand zu halten, welche von einem gegebenenfalls extrem hohen Druck im Zylindervolumen 102 über das Dichtelement 112 ausgeübt werden.

Die Sensoreinrichtung 110 umfasst neben dem Sensorelement 116 und dem darauf angeordneten Sensor 120 auch eine Sensoreinheit 122, die so ausgebildet ist, dass diese durch eine (elektrische oder mechanische oder abhängig von der Ausbildung des Sensor 120 in anderer geeigneter Weise ausgebildete) Verbindung mit dem Sensor 120 ein Signal erzeugt, welches dem Druck des Mediums im Zylindervolumen 102 entspricht oder zumindest ausreichend genau damit korreliert. Dabei können sowohl relative oder auch absolute Druckwerte ermittelt werden, abhängig von den Erfordernissen der weiteren Verarbeitung des Signals in einer mit der Sensoreinheit 122 verbundenen Pumpensteuereinrichtung 124. Die Pumpensteuereinrichtung 124 erzeugt abhängig von dem ihr zugeführten Signal der Sensoreinrichtung 110 bzw. der Sensoreinheit 122 ein Signal, mit welchem eine Antriebs-einrichtung 126 angesteuert wird, welche mit dem Kolben 108 gekoppelt ist.

Die Verwendung eines separaten Sensorelements 116, welches im Gehäuse 104 der Kolben-Zylinder-Einheit 100 angeordnet werden kann, bietet den Vorteil, dass sich eine einfache Montage ergibt und das Sensorelement im Fall eines Defekts des Sensors 120 einfach ausgetauscht werden kann. Es ist jedoch ebenfalls möglich, das Zylindergehäuse 104 so auszubilden, dass über das Dichtelement und ggf. ein Stützelement Kräfte, die in Folge des

im Zylindervolumen 102 vorhandenen Drucks auf einen einstückig mit dem Gehäuse verbundenen Sensorbereich ausgeübt werden. Der Sensor kann dann an einer geeigneten Position mit dem Sensorbereich des Zylindergehäuses verbunden sein.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform kann der vordere Bereich des Sensorelements 116 noch bis in den Teil der Ausnehmung 106 ragen, in welchem auch das Stützelement 114 angeordnet ist. Allerdings muss dieser Teil des Sensorelements 116 nicht mehr mit einer so hohen Genauigkeit gefertigt sein, wie das Stützelement 114, da die vordere Stirnseite des Sensorelements 116 das Stützelement 114 lediglich in seiner Position fixieren muss. In diesem Fall kann der Querschnitt des Sensorelements 116 auch deutlich kleiner sein als der Querschnitt des Teilbereichs der Ausnehmung 106, in welchem das Stützelement 114 und das Dichtelement 112 gehalten sind.

Nach einer nicht dargestellten Ausführungsform kann jedoch selbstverständlich auch das Stützelement 114 mit seiner rückwärtigen Stirnseite aus dem betreffenden Teilbereich der Ausnehmung 106 heraus bis in einen weiteren Teilbereich der Ausnehmung 106 hineinragen, der nochmals einen deutlich größeren Querschnitt aufweist. In diesem Fall kann der die rückwärtige Stirnseite des Stützelements 114 beaufschlagende vordere Bereich des Sensorelements 116 (und auch dessen vordere Stirnseite) auch einen deutlich größeren Querschnitt aufweisen als das Stützelement 114 (bzw. dessen rückwärtige Stirnseite).

Selbstverständlich können mehrere Kolben-Zylinder-Einheiten 100 entsprechend bekannten Ausführungsformen für Mehrfachkolbenpumpen kombiniert sein. Sie können dabei auch in einem gemeinsamen Zylindergehäuse vorgesehen sein.

Die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsform einer Kolben-Zylinder-Einheit weist vor ihrem Ausgangsport 130 ein Rückschlagventil auf, welches sich automatisch öffnet, wenn der Druck des Mediums im Zylindervolumen 102 größer oder gleich dem Druck des Mediums auf der Hochdruckseite, das heißt am Ausgangsport 130, ist. In diesem Fall ist das weitere Rückschlagventil 134, welches vor dem Eingangsport 136 der Kolben-Zylinder-Einheit 100 angeordnet ist, geschlossen. Dieses öffnet sich selbsttätig, wenn der Druck des Mediums im Zylindervolumen 102 kleiner ist als der Druck des Mediums auf der Hochdruckseite, wobei in diesem Fall das Rückschlagventil 132 selbstverständlich geschlossen bleibt.

Damit können Kolben-Zylinder-Einheiten 100 gemäß Fig. 3 so verschaltet werden, wie dies in Fig. 2 zur Realisierung einer Mehrfachkolbenpumpe mit parallel geschalteten Kolben-Zylinder-Einheiten der Fall ist. Das oder die Signale der Sensoreinheiten der weiteren Kolben-Zylinder-Einheiten 100 können dann, wie in Fig. 3 angedeutet, ebenfalls der Pumpensteuereinrichtung 124 zugeführt sein, die dann auch das oder die weiteren Signale zur Ansteuerung der Antriebe für die weiteren Kolben-Zylinder-Einheiten 100 erzeugt.

Wie bereits vorstehend ausgeführt, können die mehreren Antriebe für die mehreren Kolben-Zylinder-Einheiten 100 auch als ein einziger Antrieb mit mehreren, beispielsweise mechanisch gekoppelten, Abtrieben für die betreffenden Kolben ausgebildet sein.

Zur Erzeugung einer Doppelkolbenpumpe mit seriell geschalteten Kolben-Zylinder-Einheiten muss die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsform einer Kolben-Zylinder-Einheit 100 mit einer weiteren Kolben-Zylinder-Einheit gekoppelt werden, die jedoch nicht über Rückschlagventile verfügen muss.

Diese weitere Kolben-Zylinder-Einheit muss auch nicht über eine Sensoreinheit verfügen. Es ist jedoch selbstverständlich auch möglich, bei der weiteren Kolben-Zylinder-Einheit eine Sensoreinheit gemäß der Ausführungsform in Fig. 3 vorzusehen, wobei diese Sensoreinheit ein Signal erzeugt, welches dem Druck des Mediums auf der Hochdruckseite entspricht.

Dieses Signal kann ebenfalls der Pumpensteuereinrichtung zugeführt sein, wobei die Pumpensteuereinrichtung die Werte des Signals, welches dem Druck auf der Hochdruckseite entspricht, mit den Werten des Signals des Mediums im Zylindervolumen der Arbeits-Kolben-Zylinder-Einheit vergleichen kann (dies ist die Kolben-Zylinder-Einheit, welche mit ihrem Eingangsport mit dem Reservoir des zu fördernden Mediums verbunden ist). Die Zeitpunkte für das Reduzieren der Antriebsgeschwindigkeit für die Kolben können dann aus diesem Vergleich der Sensorsignale ermittelt werden.

Patentansprüche

1. Kolben-Zylinder-Einheit für eine Kolbenpumpe, insbesondere für die Hochleistungs-flüssigkeitschromatographie,
 - (a) mit wenigstens einer Zylinder-Kolben-Einheit (100) um ein flüssiges Medium aus einem Zylindervolumen (102) durch eine Bewegung eines Kolbens (108) an einem Ausgangsport (130) der Zylinder-Kolben-Einheit (100) abzufördern, wobei der Kolben (108) durch ein dieses axial umgebendes Dichtelement (112) in das Zylindervolumen (102) ragt,
 - (b) mit einer Antriebseinrichtung (126) zum Antreiben des Kolbens (108) der wenigstens einen Zylinder-Kolben-Einheit (100) und
 - (c) mit einer Sensoreinrichtung (110) zur Erfassung relativer oder absoluter Werte für den Druck des flüssigen Mediums im Zylindervolumen (102),

dadurch gekennzeichnet,

- (d) dass die Sensoreinrichtung (110) ein Sensorelement (116) oder einen Sensorbereich des Zylindergehäuses (104) umfasst, wobei das Sensorelement (116) oder der Sensorbereich mittelbar über das Dichtelement durch den Druck des flüssigen Mediums im Zylindervolumen (102) beaufschlagt ist,
- (e) dass die Sensoreinrichtung (110) absolute oder relative Werte einer physikalischen Größe des Sensorelements (116) oder des Sensorbereichs detektiert, welche ein Maß für den Druck des flüssigen Mediums im Zylindervolumen (102) darstellt, und
- (f) dass die Sensoreinrichtung (110) abhängig von den erfassten Werten ein Signal erzeugt, welches ein Maß für den in dem flüssigen Medium im Zylindervolumen (102) wirkenden Druck darstellt.

2. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensorelement (116) ein Buchsenteil ist, welches der Kolben (108) durchragt, oder dass der Sensorbereich des Zylindergehäuses (104) ein buchsenartig ausgebildeter Bereich ist, welchen der Kolben (108) durchragt.
3. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem als Buchsenteil ausgebildeten Sensorelement (116) oder dem buchsenartig ausgebildeten Sensorbereich des Zylindergehäuses (104) und einem ebenfalls vom Kolben (108) durchragten Dichtelement ein Stützelement (114) vorgesehen ist, welches der Kolben (108) durchragt, wobei das Buchsenteil (108) oder der buchsenartige Sensorbereich des Zylindergehäuses (104) vorzugsweise an einer dem Zylindervolumen (102) zugewandten Stirnseite mittelbar über das Stützelement (114) vom Druck des flüssigen Mediums beaufschlagt wird.
4. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoreinrichtung (110) eine mechanische Deformation des Sensorelements (116) oder des Sensorbereichs des Zylindergehäuses (104) detektiert.
5. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoreinrichtung (110) wenigstens einen Dehnungsmessstreifen oder einen optischen Sensor aufweist, der auf dem Sensorelement (116) oder dem Sensorbereich des Zylindergehäuses (104) angeordnet ist.
6. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensorelement (116) oder der Sensorbereich aus einem piezoelektrischen Material besteht und dass die Sensoreinrichtung (110) zur Erfassung der Spannung ausgebildet ist, welche durch die mechanische Deformation des Sensorelements (116) oder des Sensorbereichs des Zylindergehäuses (104) erzeugt wird.
7. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensorelement (116) oder der Sensorbereich des Zylindergehäuses (104) aus einem magnetostriktivem Material besteht und dass die Sensoreinrichtung (110) zur Erfassung der Magnetisierung des Sensorelements (116) oder des Sensor-

bereichs des Zylindergehäuses (104) ausgebildet ist, welche durch die mechanische Deformation des Sensorelements (116) oder Sensorbereichs des Zylindergehäuses (104) erzeugt wird.

8. Kolbenpumpe mit wenigstens einer Kolben-Zylinder-Einheit (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
9. Kolbenpumpe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**,
 - (a) dass die wenigstens eine Kolben-Zylinder-Einheit (100) zur Bildung einer Mehrfachkolbenpumpe mit einer weiteren Kolben-Zylinder-Einheit in Serie geschaltet ist, deren Kolben ebenfalls von der Antriebseinrichtung angetrieben ist,
 - (b) dass im fluidischen Pfad vor dem Ausgangsport (130) der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (100) oder im fluidischen Pfad zwischen dem Ausgangsport (130) der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (100) und einem Eingangsport der weiteren Kolben-Zylinder-Einheit ein Ventil (132) vorgesehen ist und wobei ein Ausgangsport der weiteren Kolben-Zylinder-Einheit einen Ausgangsport der Doppelkolbenpumpe bildet, und
 - (c) dass eine Pumpensteuereinrichtung (124) vorgesehen ist, welcher das Signal der Sensoreinrichtung (110) der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (100) zugeführt ist, wobei die Pumpensteuereinrichtung (124) die Antriebseinrichtung (126) für die Kolben-Zylinder-Einheiten abhängig vom Signal der wenigstens einen Sensoreinrichtung (100) derart ansteuert, dass am Ausgangsport der Doppelkolbenpumpe auch in der Übergangsphase zwischen den Förderphasen, während der das Medium ausschließlich von einer der beiden Kolben-Zylinder-Einheiten gefördert wird, die Flussrate des Mediums im Wesentlichen konstant ist oder eine Abweichung von einem vorgegebenen Wert für die Flussrate aufweist, die kleiner ist als eine vorgegebene maximale Abweichung.
10. Kolbenpumpe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**,
 - (a) dass zwei oder mehr Kolben-Zylinder-Einheiten (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Bildung einer Mehrfachkolbenpumpe parallel geschaltet sind,

wobei im fluidischen Pfad vor dem Ausgangsport (130) jeder Kolben-Zylinder-Einheit (100) oder im fluidischen Pfad zwischen dem Ausgangsport jeder Kolben-Zylinder-Einheit (100) und jeweils einem zugeordneten Port einer Zusammenführeinheit jeweils ein Ventil (132) vorgesehen ist und wobei der Ausgangsport der Zusammenführeinheit einen Ausgangsport der Mehrfachkolbenpumpe bildet, und

- (b) dass eine Pumpensteuereinrichtung (124) vorgesehen ist, welcher die Signale der Sensoreinrichtungen (110) zugeführt ist, wobei die Pumpensteuereinrichtung (124) die Antriebseinrichtungen (124) oder eine gemeinsame Antriebseinrichtung für die Kolben-Zylinder-Einheiten abhängig von den Signalen der Sensoreinrichtungen (110) derart ansteuert, dass am Ausgangsport der Mehrfachkolbenpumpe auch in der Übergangsphase zwischen den Förderphasen, während der das Medium ausschließlich von einer der Kolben-Zylinder-Einheiten (100) gefördert wird, die Flussrate des Mediums im Wesentlichen konstant ist oder eine Abweichung von einem vorgegebenen Wert für die Flussrate aufweist, die kleiner ist als eine vorgegebene maximale Abweichung.

11. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kolben-Zylinder-Einheiten (100) oder die Kolben-Zylinder-Einheiten (100) und die weiteren Kolben-Zylinder-Einheiten in einem gemeinsamen Gehäuse ausgebildet sind.
12. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pumpensteuereinrichtung (124) den Wert des Signals der wenigstens einen Sensoreinrichtung (110) am Ende jeder Kompressionsphase oder am Ende vorbestimmter Kompressionsphasen der betreffenden Kolben-Zylinder-Einheit (100) als Referenzwert erfasst und während der folgenden Kompressionsphase oder während mehrerer folgender Kompressionsphasen mit den jeweils aktuell erfassten Werten des betreffenden Signals vergleicht und bei Erreichen des Referenzwertes oder eines hiervon abgeleiteten Wertes die Antriebseinrichtung so ansteuert, dass am Ausgangsport der Mehrfachkolbenpumpe auch in der Übergangsphase zwischen den Förderphasen, während der das Medium ausschließlich von einer der beiden Kolben-Zylinder-Einheiten gefördert wird, die Flussrate des Mediums im Wesentlichen konstant ist o-

der eine Abweichung von einem vorgegebenen Wert für die Flussrate aufweist, die kleiner ist als eine vorgegebene maximale Abweichung.

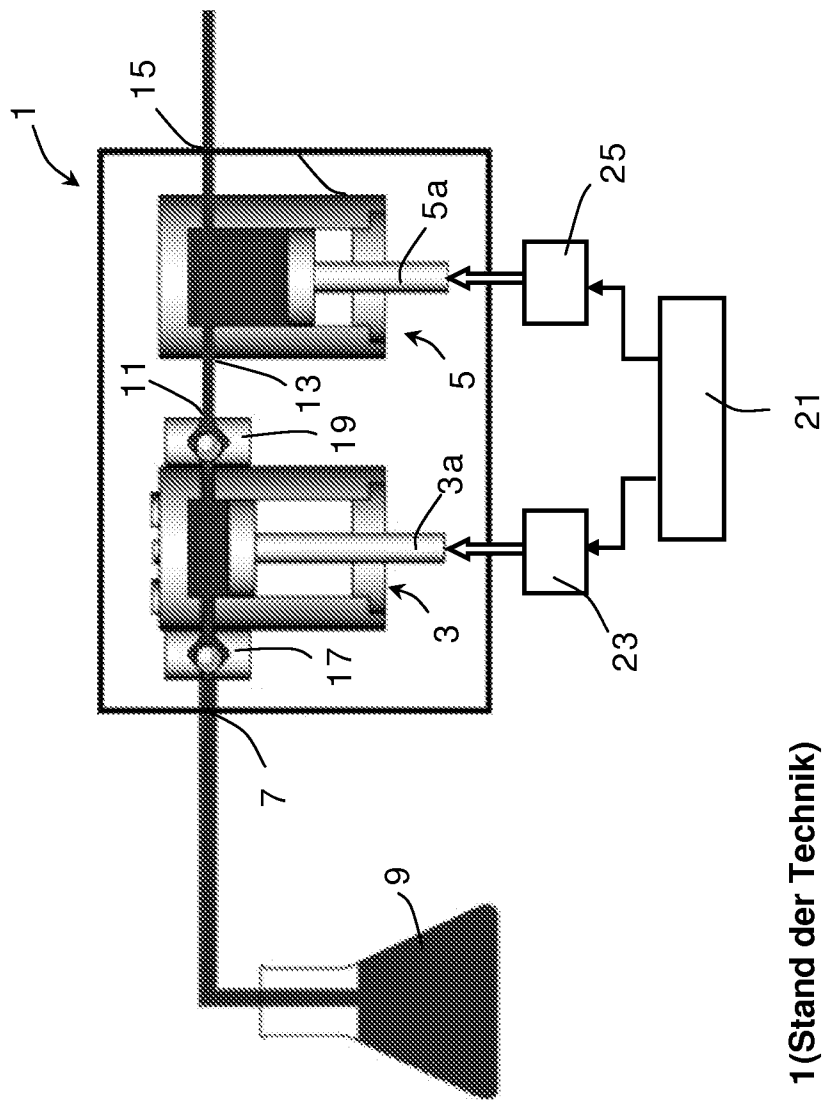


Fig. 1 (Stand der Technik)

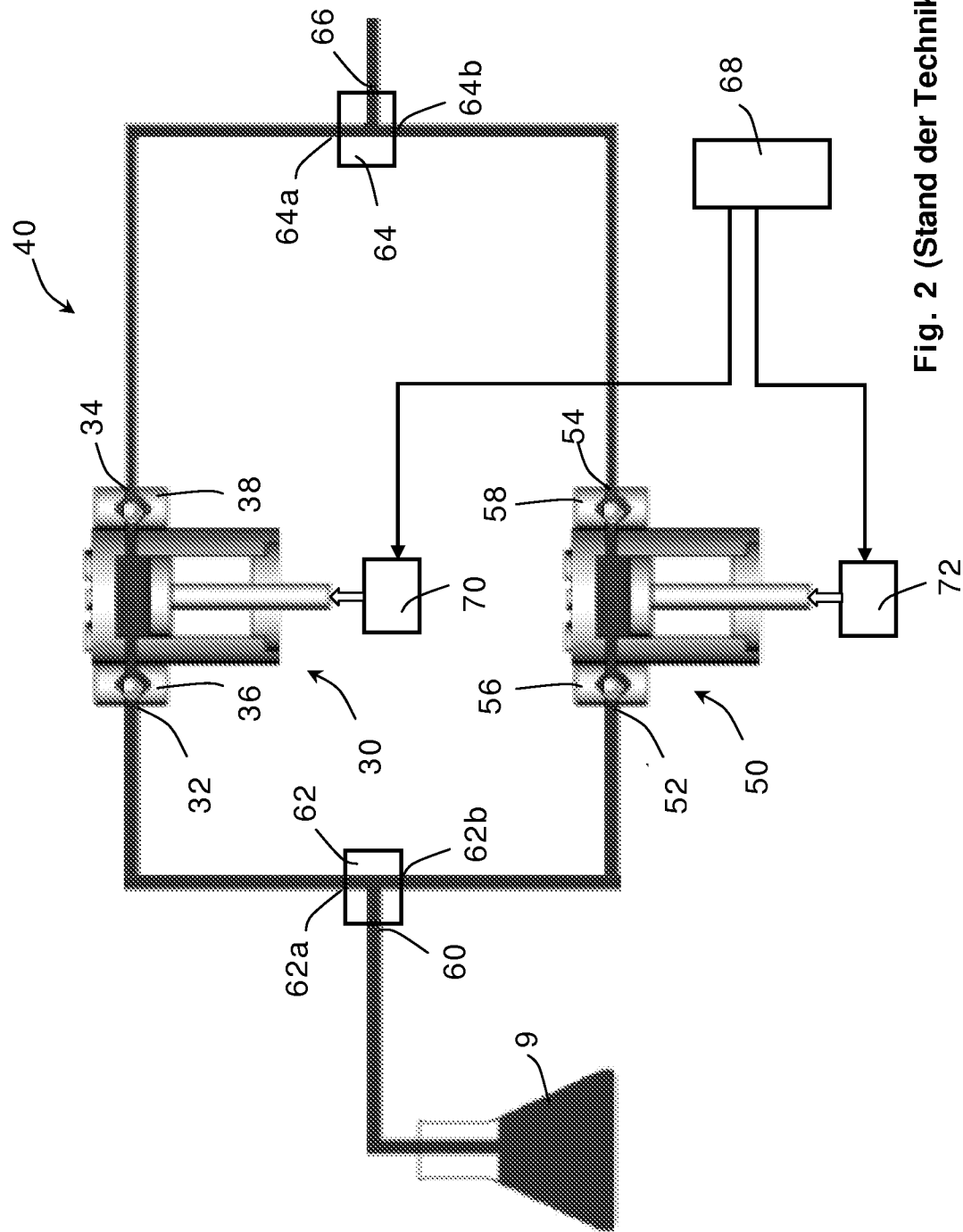


Fig. 2 (Stand der Technik)

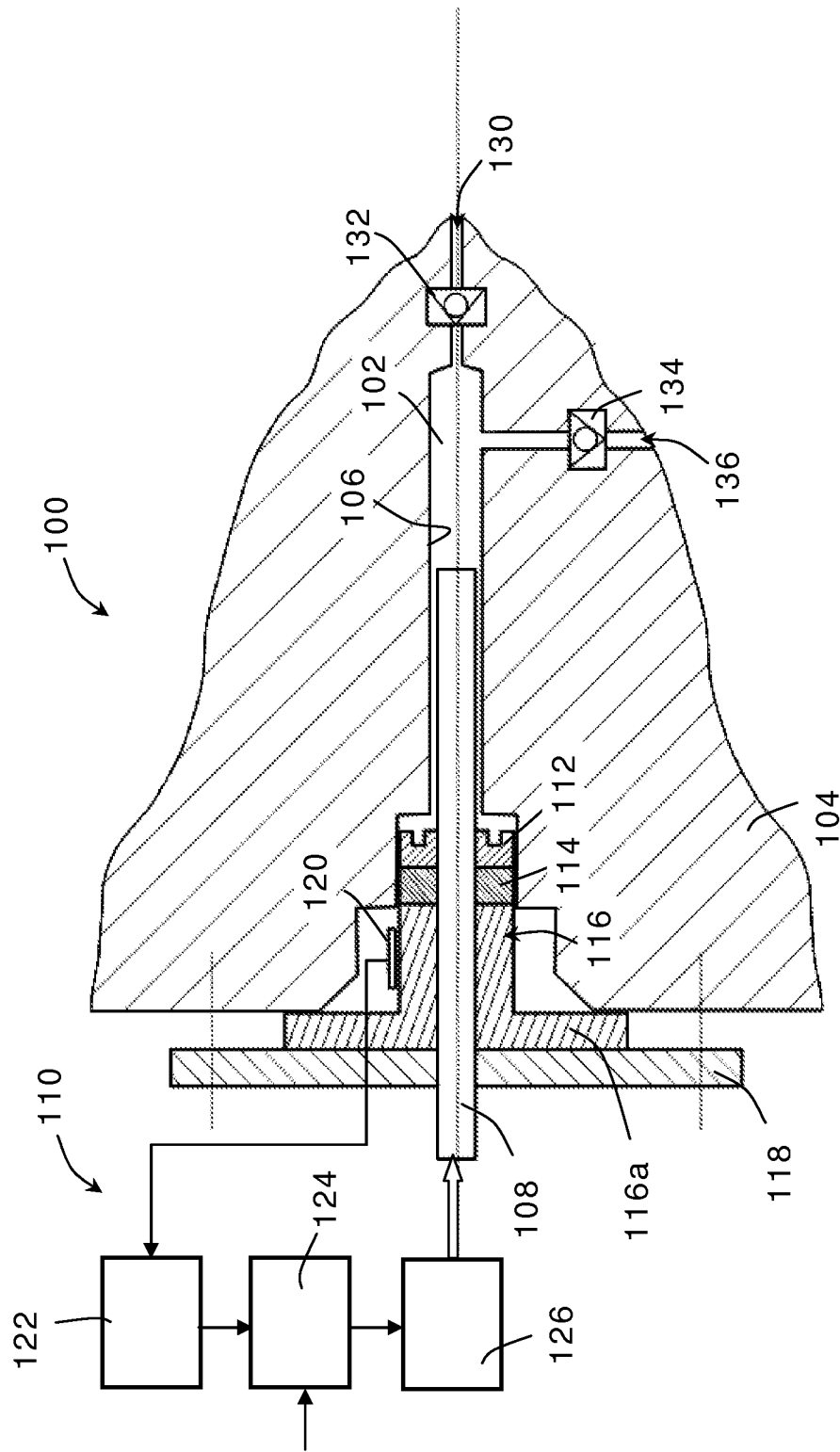


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2012/100060

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F04B13/00 F04B49/06 F04B49/08 F04B53/16
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2008/127471 A1 (LEMAN WILLIAM W [US]) 23 October 2008 (2008-10-23)	1,8
A	abstractparagraph 33-37; figure 2b -----	2-7,9-12
X	EP 1 918 585 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 7 May 2008 (2008-05-07)	1,8
A	abstractparagraph 23-27; figure 2 -----	2-7,9-12
A	GB 1 394 648 A (TOYO SODA MFG CO LTD) 21 May 1975 (1975-05-21) claims; figures -----	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 July 2012

Date of mailing of the international search report

12/07/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pinna, Stefano

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2012/100060

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008127471 A1	23-10-2008	US 2008257143 A1 WO 2008127471 A1	23-10-2008 23-10-2008
EP 1918585 A2	07-05-2008	DE 102006050943 A1 EP 1918585 A2 JP 2008111432 A US 2008101962 A1	30-04-2008 07-05-2008 15-05-2008 01-05-2008
GB 1394648 A	21-05-1975	GB 1394648 A JP 49012404 A	21-05-1975 02-02-1974

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2012/100060

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F04B13/00 F04B49/06 F04B49/08 F04B53/16 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F04B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2008/127471 A1 (LEMAN WILLIAM W [US]) 23. Oktober 2008 (2008-10-23)	1,8
A	Zusammenfassung Absatz 33-37; Abbildung 2b -----	2-7,9-12
X	EP 1 918 585 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 7. Mai 2008 (2008-05-07)	1,8
A	Zusammenfassung Absatz 23-27; Abbildung 2 -----	2-7,9-12
A	GB 1 394 648 A (TOYO SODA MFG CO LTD) 21. Mai 1975 (1975-05-21) Ansprüche; Abbildungen -----	1-12
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
4. Juli 2012		12/07/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Pinna, Stefano

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2012/100060

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung	
WO 2008127471 A1			23-10-2008		US 2008257143 A1			23-10-2008	
					WO 2008127471 A1			23-10-2008	

EP 1918585 A2			07-05-2008		DE 102006050943 A1			30-04-2008	
					EP 1918585 A2			07-05-2008	
					JP 2008111432 A			15-05-2008	
					US 2008101962 A1			01-05-2008	

GB 1394648 A			21-05-1975		GB 1394648 A			21-05-1975	
					JP 49012404 A			02-02-1974	
