

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 682 749 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

14.04.1999 Patentblatt 1999/15

(51) Int Cl.⁶: **F04B 23/06, F04B 53/00**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/DE93/01031

(21) Anmeldenummer: **93924007.3**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 94/10445 (11.05.1994 Gazette 1994/11)

(22) Anmeldetag: **28.10.1993**

(54) **HOCHDRUCKPUMPE ZUR FLÜSSIGKEITS-FEINDOSIERUNG**

HIGH PRESSURE PUMP FOR ACCURATE DOSING OF LIQUIDS

POMPE HAUTE PRESSION POUR LE DOSAGE PRECIS DE LIQUIDES

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT CH DE FR GB LI SE

(72) Erfinder: **Funke, Herbert**

85235 Odelzhausen (DE)

(30) Priorität: **28.10.1992 DE 4236445**

23.12.1992 DE 4243911

03.03.1993 DE 4308467

(74) Vertreter: **Leonhard, Frank Reimund, Dipl.-Ing.**

Leonhard - Olgemöller - Fricke

Patentanwälte

Josephspitalstrasse 7

80331 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

22.11.1995 Patentblatt 1995/47

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 228 628

EP-A- 0 270 130

DE-A- 3 203 722

DE-A- 3 619 821

DE-B- 2 737 062

US-A- 3 792 939

US-A- 3 917 531

(73) Patentinhaber: **FLUX Instruments AG**
4002 Basel (CH)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 682 749 B1

Beschreibung

[0001] Das technische Gebiet der Erfindung ist die Feindosierung von Flüssigkeiten auch bei hohem Druck (insbesondere die HPLC-Analysen-Technik, wobei HPLC für Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie steht). Bei ihr werden pulsationsfrei bzw. pulsationsarm fördernde Pumpen benötigt, die in zwei verschiedenen grundsätzlichen Bauweisen eingesetzt werden. Zum einen ist dies - als häufigster Vertreter - eine Schubkolben- oder Hochdruck-Pumpenanordnung mit zwei parallel geschalteten Zylindern bzw. Pumpeinheiten. Zum anderen ist dies eine serielle Anordnung der Pumpeinheiten.

[0002] Zwar ist mit den parallel geschalteten Pumpeinheiten in der Regel eine geringe Pulsation - also eine sehr gleichförmige und konstante Massenförderung - möglich, gleichzeitig birgt eine solche Anordnung der Pumpeinheiten aber einen großen Raumbedarf in sich. Beide Zylinder sind nebeneinander angeordnet und entsprechende Kanäle auf der Hochdruck- und der Niederdruckseite verbinden die parallelen Pumpeinheiten mit den gegenläufig arbeitenden Schubkolben. Beispiele der parallelen Hochdruckpumpen-Anordnung sind in den Fundstellen **DE-A 27 37 062** (Zumtobel) und **US-A 3,917,531** (Magnussen) beschrieben. Neben den parallelen Hochdruckpumpenanordnungen gibt es auch die - erwähnten - in Serie geschalteten Hochdruckpumpen, deren beide Pumpeinheiten in Strömungsrichtung in Serie geschaltet sind. Grundsätzlich werden dabei die beiden Pumpeinheiten auch nebeneinander angeordnet - wie bei der erwähnten parallelen Bauweise - jedoch werden die Kanäle in Strömungsrichtung so geschaltet, daß die Flüssigkeit, die unter Druck die erste Pumpenkammer verläßt, über die zweite Pumpenkammer (als Speicher) geführt wird. Eine solche Anordnung ist - im Hinblick auf die besondere Ausgestaltung der zueinander koordinierten linear bewegten Schubkolben - Gegenstand der Fundstelle **DE-C 32 03 722** (Gynkotek). Dort geht es um die Vergleichmäßigung des Massenflusses für eine serielle Hochdruckpumpen-Anordnung. Zum technischen Hintergrund der Erforderlichkeit eines gleichmäßigen Massenflusses wird betont auf die dortige Spalte 6 (der genannten Patentschrift) verwiesen. Ziel und Zweck der dort beschriebenen Pumpenanordnung ist es, die Messgenauigkeit nach der Trennsäule durch möglichst geringe Restpulsation beim Substanznachweis zu verbessern, wobei **keine Störimpulse** auftreten dürfen, die infolge (geringer) spezifischer Kompressibilität der Flüssigkeit (das Eluens) entsteht, die von der Hochdruckpumpen-Anordnung gefördert wird.

[0003] Die **DE-A 36 19 821** (Geiger) beschreibt eine Seriell-Förderpumpe als Dosierkolbenpumpe (dort Spalte 2, Zeile 60 ff.). Bei Hintereinanderschaltung mehrerer Pumpeneinheiten in einem verlängerten Pumpenkopf mit zwei oder mehreren Kolbeneingängen können die dazugehörigen Kammereinsätze (dort mit 20, 51, 53 in dortigen Figuren 2 und 6 auch als "Verdrängungskam-

mereinsätze" bezeichnet) ohne Verrohrung in geeigneter Ausführung aneinandergereiht werden.

[0004] Die Aneinanderreihung ist so gestaltet (vgl. dort Spalte 4, Zeile 57 bis Spalte 5, Zeile 22), daß eine Verdrängungskammer (dort 51) ein Auslaß-Ventilsatz (dort 52) sowie eine Verdrängungskammer (dort 53) flüssigkeitsdicht gegeneinander gepreßt werden, was durch Verschraubungen (dort 56, 57) bewirkt wird. Zwischen zwei jeweiligen Verdrängungskammern der Seriell-Pumpenanordnung ist damit **ein definierter Abstand** vorgesehen, der durch einen Auslaß-Ventilsatz (dort 52) ausgefüllt wird. Am Eingang ist ein Einlaß-Ventilsatz (dort 50) flüssigkeitsdicht (mittels Schraube) angepreßt. Die Gehäuseteile (dort 72,73) haben in diesem Stand der Technik abgesetzte Enden, um Kräfte, die vom Einschrauben einer Einlaß-Armatur (dort 91) ausgehen **nicht** auf die dortige Verdrängerkammer sondern auf den Pumpenkopf (dort 54) zu übertragen. Jedes des genannten Einlaß- und Auslaß-"Ventilsatzes" besteht aus den genannten Gehäuseteilen (72,73), um zwischen sich eine Ventilkugel und einen Ventilsitz einzuschließen (vgl. dort Spalte 5, Zeilen 3 bis 7 und 50 bis 60).

[0005] Die **Aufgabe** der vorliegenden Erfindung liegt darin, die Gleichmäßigkeit des Masseflusses weiter zu erhöhen, den Pumpwirkungsgrad zu erhöhen und ein Totvolumen im Verdrängersystem zu minimieren.

[0006] Diese Aufgabe wird von einer Zweikolben-Druckpumpen-Anordnung gemäß Anspruch 1 gelöst. Dieselbe Aufgabe findet ihre Lösung auch in einem Montageverfahren gemäß Anspruch 13 für die erwähnte Pumpenanordnung gemäß Anspruch 1 oder 12. Eine weitere Lösung derselben Aufgabe findet sich im Anspruch 15, der die Anordnung von Anspruch 1 verwendet.

[0007] Bei der Ausführung der Erfindung ergibt sich auch das überraschende Ergebnis, daß die Seriell-Pumpenanordnung nur noch ein Kleinstmaß an Bauvolumen benötigt. Dieser Erfolg ergibt sich tragend aus der erfindungsgemäßen Erkenntnis der Zerlegung einer Seriell-Pumpenanordnung in ihre - mehreren - Funktionseinheiten. Diese Funktionseinheiten können dann in Sandwich-Bauweise (Anspruch 4) auf engstem Raum zusammengefügt und gespannt werden. Die Funktionseinheiten sind die blockscheibenartigen Bauelemente. Sie können auch aus nichtmetallischem Werkstoff bestehen. Sie werden zu dem erfindungsgemäßen Stapel zusammengesetzt (Anspruch 13), mit dem sich bereits die Seriell-Pumpenanordnung ergibt. Quer zu der Stapelachse dieser zusammengesetzten blockscheibenartigen Bauelemente sind die Verdrängerkammern orientiert (Anspruch 1,13); in ihnen laufen die beiden im Gentakt arbeitenden Schub- oder Förderkolben (kurz: Kolben). Ergänzend zu der Stapelbauweise der blockscheibenartigen Bauelemente werden ihre Verdrängerkammern über Zuströmbohrungen (Einlaß) und Abströmbohrungen (Auslaß) miteinander verbunden, die ihrerseits parallel zur Stapelachse orientiert sind. Der

Saug- und Druckseite werden Rückschlagventile zugeordnet, die mit ihren peripheren Bauteilen Ausrichthilfen darstellen und dabei jeweils direkt in den Pumpeneinheiten sitzen.

[0008] Begünstigend für die Anordnungen dieser Rückschlagventil-Patronen ist die Stapelbauweise der direkt aneinanderliegenden blockscheibenartigen Bauelemente. Es werden demgemäß also keine Verbindungsleitungen mehr zwischen den Pumpeneinheiten - jedes blockscheibenartige Bauelement bildet die Basis einer solchen Pumpeneinheit oder Fördereinheit - mehr benötigt und das Einlaß- und das Auslaß-Rückschlagventil kann unmittelbar in dem blockscheibenartigen Bauelement angeordnet sein; dabei muß jeweils nur ein Ventil jedem der blockscheiben-artigen Bauelemente zugeordnet werden (Anspruch 2). Dies begünstigt einen weiteren erfindungsgemäßen Erfolg, den der Minimierung des Totvolumens im Verdrängersystem. Für die beiden blockscheibenartigen Bauelemente kann das verbindende Ventil in Einlaß- und Auslaßventilkonfiguration baugleich sein. In besonderer Weise kommt der Seriellpumpe mit ihrer unmittelbaren Verbindung der beiden in Strömungsrichtung seriell zueinander angeordneten Pumpeinheiten (oder: Verdrängerkammern) der **Wegfall jedweder zwischenliegender Verbindungsleitungen** zwischen den Pumpeinheiten zugute. Dadurch reduziert sich die Verbindungs-Leitungslänge auf nahezu Null und die Ventile können - da sie unmittelbar zwischen den Pumpeinheiten, bzw. den anderen blockscheibenartigen Bauelementen mit ihren besonderen Funktionen, angeordnet sind - präziser ansprechen, was wiederum zu verminderter Restpulsation des Förderstroms führt.

[0009] Weiter unterstützt wird die geringe Pulsation der geförderten - ggf. feindosierten - Flüssigkeitsmengen im Wege der Gestaltung der Ventile (Anspruch 3); dabei sind Ventil-Kugelführung und der Kugelstopp direkt in die Verdrängerkammer eingearbeitet.

[0010] Eine besonders vorteilhafte Gestaltungsvariante der zwischen den blockscheibenartigen Bauelementen angeordneten Ventileinheiten ist die in Form von Ventilpatronen (Anspruch 6). Solche Patronen enthalten ein oder zwei Kugelventile. Die Ventilpatronen werden zwischen jeweils zwei aneinandergrenzende blockscheibenartige Bauelemente eingesetzt, so daß je eine Hälfte der Ventilpatrone in eines der aneinandergrenzenden Bauelemente eingreift. Mit dieser Ventilpatrone wird nicht nur die ventilbehaftete Förderverbindung zwischen den Funktionsscheiben begründet, sondern auch eine Zentrierwirkung erreicht, die es erlaubt, die blockscheibenartigen Bauelemente in der Hochachse zueinander fluchtend zu stapeln.

[0011] Ventilpatronen bzw. Blindpatronen können zwischen allen im Stapel befindlichen blockscheibenartigen Bauelementen eingesetzt werden; so zwischen Speicherkopf und Förderkopf, zwischen Einlaß-Drehventil und Förderkopf bzw zwischen Speicherkopf und Drucksensor-/ Entlüftungsspindelventil-Einheit. Abhän-

gig von der jeweils gewünschten Funktion kann die Ventilpatrone dann ein oder zwei Kugelventile aufweisen. Auch ist es möglich, eine Blindpatrone einzusetzen, die lediglich eine Bohrung als Flüssigkeitskanal besitzt. So kann z.B. die Auslaßseite des Speicherkopfes eine solche Blindpatrone aufweisen, mit welcher der Speicherkopf strömungsmäßig verbunden wird mit dem Entlüftungsventil-/ Drucksensor-Modul, das den vierten Baustein der Seriell-Pumpenanordnung (Einlaßdrehventil, Förderkopf, Speicherkopf und Auslaßmodul) bildet.

[0012] Ersichtlich ist auch die **schnellere Montierbarkeit** (Anspruch 13) der jeweils eine bestimmte Funktion tragenden blockscheibenartigen Bauelemente, die nur in einen entsprechenden Stapelraum eingebracht werden müssen, um bereits die grundsätzliche serielle Pumpenanordnung zu erhalten. Sowohl Wartung als auch Austausch beschädigter Funktionseinheiten wird zielführend begünstigt. Die erwähnten Zuström- und Abströmbohrungen bzw. die Einlaß- und Auslaßbohrungen in den blockscheibenartigen Bauelementen können zueinander fluchtend ausgerichtet sein und liegen fertigungstechnisch besonders günstig im Zentrum (Anspruch 8). Es ergibt sich so der kürzestmögliche Verbindungsweg zwischen den Verdrängerkammern, was **minimales Totvolumen** begründet.

[0013] Die erwähnten Funktionseinheiten sollen noch einmal kurz herausgestellt werden.

(a) Eine Funktionseinheit ist der "Hauptkopf"; dieser bildet die Haupt-Pumpeinheit (Anspruch 1).

(b) Eine weitere Funktionseinheit ist der "Speicherkopf"; dieser bildet die Speicher-Pumpeinheit, die dem Hauptkopf nachgeschaltet ist. In dieser Funktionseinheit kann auch das Auslaßventil des Hauptkopfes integriert sein, was die Kürze der zwischen Hauptkopf und Speicherkopf erforderlichen Verbindungskanäle begründet. Dadurch wird im Verdrängersystem schädliches Totvolumen minimiert, das aufgrund der spezifischen Kompressibilität des gepumpten Mediums zu Restpulsation des Förderstroms und Pumpwirkungsgradverlusten führt (Anspruch 1).

(c) Eine Funktionseinheit kann Schaltventilfunktion auf der Saugseite haben; diese Funktionseinheit wird dem Hauptkopf vorgelagert und ermöglicht das Umschalten auf unterschiedliche Fördermedien (Anspruch 5) oder das Einschleusen saugseitig erzeugter Flüssigkeitsgradienten (gesteuert variiertes Mischungsverhältnis unterschiedlicher Flüssigkeiten während einer bestimmten Förderdauer, vgl. Anspruch 4).

(d) Eine Funktionseinheit kann Druckmeß- und gleichzeitig Entlüftungsfunktion haben; diese Funktionseinheit wird dem Speicherkopf nachgeschaltet. Sie bildet in einfachster Ausgestaltung des Aus-

legungskonzeptes das hochdruckseitige Ende der gesamten Seriell-Hochdruckpumpen-Anordnung und bietet die Möglichkeit, den erreichten Systemdruck durch Auflenken des Förderstroms auf einen eingebauten Druckaufnehmer zu messen (Anspruch 7).

[0014] Zur Aufnahme der Kräfte, die durch die hydraulische Beaufschlagung entstehen, und ebenso für die interne und externe Abdichtung des gesamten Verdrängersystems ist eine mechanische Entlastung bzw. Verspannung der Einzelelemente vorgesehen. Diese kann so bewirkt werden, daß die sandwichartig gestapelten Blockscheiben-Bauelemente zwischen den Schenkeln eines Jochkörpers oder in einer gemeinsamen Bohrung eines Gehäuseblocks angeordnet und unter Einfügen entsprechender peripherer Dichtelemente verspannt werden (Anspruch 9).

[0015] Sind die blockscheibenartigen Bauelemente zylindrisch gestaltet und bilden sie demnach in sandwichartig gestapelter Weise eine zylindrische Seriell-Hochdruckpumpe, so können die einzelnen Blockscheiben jeweils eine umfängliche Abflachung aufweisen, an die eine Kolbenführung abdichtend ansetzbar ist, in welcher die quer zur Stapelachse bewegten Förderkolben laufen (Anspruch 10); eine solche Führungs kann aus einer Metallhülse (Edelstahl oder Titan) mit zwei Führungsringen aus keramischem Werkstoff bestehen, die axial beabstandet sind (Anspruch 11). Zwischen den Führungsringen wird so eine Spülkammer gebildet, deren diskontinuierlich oder kontinuierlich erneuerter Vorrat an Spülflüssigkeit (Wasser) verhindert, daß sich beim Pumpen von Pufferlösungen Salzkristalle ausbilden, die auf die Kolbendichtung abrasiv wirken. Auch kann außerhalb der Führungsringe je ein peripheres Dichtelement angeordnet sein, das den Spülraum dichtet. Die Keramik-Führungsringe können mit ihrer Kolben-Führungsbohrung fluchtend zueinander in der Hülse eingeschrumpft sein. Die Spülkammer wird durch Kapillarrohr-Zuleitungen und -Ableitungen mit Flüssigkeit versorgt.

[0016] Weiterer Ausdruck des grundsätzlich veränderten Aufbaus der Seriell-Hochdruckpumpe mit den beiden Pumpeinheiten - Hauptkopf und Speicherkopf - ist das Montageverfahren für eine solche Pumpenanordnung (Anspruch 13). Dabei tritt deutlich zutage, daß die Funktionseinheiten in einem Stapelraum aneinandergefügt werden, wo sie (zunächst) axial leicht verrückbar, jedoch radial unverrückbar fixiert sind. Die axiale Fixierung oder Verspannung wird (anschließend) mit einer Spannvorrichtung ausgeführt; sie begründet dann den insgesamt funktionstauglichen Bestand der aus Funktionseinheiten zusammengesetzten Seriell-Hochdruckpumpe (Anspruch 1,12). Ersichtlich ist die sich daraus ergebende **einfache Zusammenbaubarkeit und Zerlegbarkeit**, die einfache **Demontagemöglichkeit** des Systems, sowie die Eröffnung der Möglichkeit einer miniaturisierten Bauweise.

[0017] Die Funktionseinheiten können im wesentlichen zylindrisch gestaltet sein; hierdurch wird die Fertigung und Paarung der Teile vereinfacht. In spezieller Auslegung kann das Auslaßventil am Hauptkopf in diese Funktionseinheit direkt integriert oder (teilweise) in den nachgeordneten Speicherkopf verlagert werden. Die Ventile können auf Kugelventilen beruhen; die zugehörigen Schließkugeln können bei der Sandwichanordnung der einzelnen Funktionseinheiten am jeweils erforderlichen Ort eingefügt werden. Zusätzliche Befestigungen oder Halterungen für die direkt integrierten Ventil entfallen, nur die Ventilkugel erhält einen Sitz, der nach Einbringen in die anintegrierte Kugelstopp/Kugelführungsbohrung in die Ventilkammer eingeschoben wird. Zusätzlich kann eine - abdichtende - Flanschdichtung auf den Sitz aufgelegt werden. Die erwähnte Dichtung ist dann hilfreich beim insbesondere radialen Ausrichten des Stapels.

[0018] Hervorzuheben ist auch die mehrkanalige Kugelführungsbohrung, die eine direkte Einarbeitung des Ventils in das Blockscheiben-Bauteil ermöglicht, ohne daß gesonderte Einzelteile, wie Kugelführungen und Kugelstopps, einzufügen sind. Das Ventil umfaßt dadurch weniger Peripherieteile.

[0019] Sowohl für den Haupt- als auch für den Speicherkopf kann der Einsatz nur einer (baugleichen) Verdrängerkammereinheit vorgesehen sein. Dies mit dem Ziel, eine Pumpen-Anordnung (Anspruch 1,12) rationell zu fertigen. In der Verdrängereinheit ist eine Verdrängerraumböhrung mit Kolbendichtung vorgesehen und hierzu querliegende Stichbohrungen mit einlaßseitig angeordnetem Ventil. Die beschriebene Einheit kann zu funktionsmäßig erweiterter Verwendung modifiziert sein.

[0020] Für die Gleichmäßigkeit des Förderstroms ist auch von Bedeutung, den **Antrieb der Förderkolben** zu beachten (Anspruch 18). Um nicht den überraschenden Erfolg, daß die Seriell-Hochdruckpumpe (Anspruch 1, Anspruch 12) nur noch ein Kleinstmaß an Bauvolumen benötigt, wieder zunichte zu machen, sollte der Antrieb sowohl der Gleichmäßigkeit des Förderstroms dienen, als auch ein Mindestmaß an Raum beanspruchen. Anderenfalls würde die nun besonders klein herstellbare Seriell-Pumpe durch eine übergroße Antriebs-Einheit belastet werden. Dazu kann ein Z-förmiger Antriebskolben dienen (Anspruch 18). Der Z-Antriebskolben weist dabei einen ersten Schenkel und einen zweiten Schenkel auf, die im wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind. Auf den ersten Schenkel wirkt mittelbar eine drehbare Kurvenscheibe. Diese Kraftübertragung erlaubt es, daß der Z-Antriebskolben - geführt an zwei beabstandeten Führungsstangen - hubbewegt werden kann. Weil zwei Führungslager vorgesehen sind, die auf den beiden ortsfesten Führungsstangen gleiten, wird eine hochgenaue Parallelverschiebung des Z-Antriebskolbens erreicht. Ein zusätzlicher Kipp- und Verdrehungsschutz wird entbehrlich. Der Z-Antriebskolben begründet neben Raumersparnis und der Unterstützung

der Gleichmäßigkeit des Förderstroms durch weitgehendes Ausschalten von Systemelastizität letztlich auch die einfache Montage und Justage dieses Antriebs.

[0021] Die beiden erwähnten Schenkel können über einen Zwischenschenkel verbunden sein. Das ändert nichts daran, daß die beiden Schenkel mechanisch starr in Verbindung stehen, denn auch der Zwischenschenkel verbindet diese beiden Schenkel mechanisch starr, während er im wesentlichen senkrecht zu den beiden zuerst genannten Schenkeln ausgerichtet ist.

[0022] Die Kurvenscheibe, mittels welcher die Antriebsleistung auf den Z-Antriebskolben übertragen wird, kann über eine drehbare Rolle (mittelbar) auf den ersten Schenkel einwirken; eine Druck- oder Zugfeder dienen zur Erzeugung des Saughubes durch Entfalten einer Gegenlast am ersten Schenkel, so daß der Kraftschluß zwischen Rolle und Kurvenscheibe stets gewahrt bleibt. Bei Einsatz einer Zugfeder, greift diese an derjenigen Seite des ersten Schenkels an, auf den die Rolle nicht einwirkt.

[0023] Werden die beiden ortsfesten Führungsstangen beidseitig des Krafteinlenkungspunktes des unteren Schenkels angeordnet, so ergibt sich eine symmetrische Auslegung, die eine besonders saubere Hubbewegung des Z-Antriebskolbens erlaubt. Eine weitere Erhöhung der Genauigkeit der Hubbewegung und der Ausschluß jeder Kipp- und Verdrehungsbewegung wird dann erreicht, wenn die eine Führungsstange durch den Zwischenschenkel hindurch verläuft und dieser Zwischenschenkel zwei Lager trägt, die das Gleiten auf der Führungsstange erlauben.

[0024] Sowohl der Schubkolben des Hauptkopfes als auch der des Speicherkopfes für die Seriell-Pumpen-Anordnung werden von einem Antriebskolben der beschriebenen Art hubbewegt. Zur - bezogen auf die Ausrichtung in der Kolbendichtung - seitenlastfreien Hubbewegung werden diese Kolben in einer Hülse aus Edelstahl oder Titan mit zwei beabstandeten Keramikringen als eigentliche Führungselemente gelagert (Anspruch 11).

[0025] Damit die Kolbenführung genau fluchtend und mit einer Kraft an die den Hauptkopf und den Speicherkopf bildenden blockscheibenartigen Bauelemente gedrückt wird, die ein Nachgeben unter dem Einfluß der Kräfte, die im Pumpbetrieb auf die Kolbendichtung wirken, sicher ausschließen, wird eine besondere Zuspännvorrichtung verwendet (Anspruch 14). Eine solche Zuspännvorrichtung kann beispielsweise eine Schraubverbindung sein, mit der die Kolbenführungshülse gegen eine Planfläche am Ende der Verdrängerraumböhrung des betreffenden blockscheibenartigen Bauelementes gepreßt wird. Dazu bedarf es einer Lagerung, die ausgerichtet auf die Kolbendichtung der Führungshülse seitenlastfrei führt. Als eine - auch fertigungstechnisch einfache - Lösung wird vorgeschlagen, eine Zuspännvorrichtung einzusetzen, die einen der Form nach am Gehäusekörper der Seriell-Pumpe leicht

zu führenden langgestreckten Rumpf und eine quer zu dessen Längsachse abstehende Gabel als Zughaken aufweist (Anspruch 14).

[0026] Am einen Ende des langgestreckten Rumpfes ist die Spanneinrichtung vorgesehen, die eine in ein Schraubgewinde im Rumpf eingreifende Schraube sein kann, die ihrerseits am Gehäusekörper der Seriell-Pumpenanordnung gehalten wird. Mit dieser Spanneinrichtung wird der aus Gabelschuh und Rumpf gebildete L-Spannhaken zum Förderkolben parallel verschieblich. Eine sehr genaue Parallelverschiebung des L-Spannhaken wird durch zwei Anlager erreicht, die am Rumpf angebracht und gegeneinander versetzt sind; der Versatz der Anlager gegeneinander kann dabei sowohl gegenüber einer Längsachse als auch gegenüber einer Querachse des Rumpfes vorgesehen sein.

[0027] Infolge der Ausformung eines Widerlagers durch eine vom Rumpfteil vorstehende Gabel entsteht eine Durchgangsnut, in der sich der Förderkolben bewegen kann. Auf diese Weise wird ein Höchstmaß an Zugänglichkeit erreicht. In die Gabel des L-Spannhakens kann auch noch nach dem Zusammenbau der Blockscheiben mit den Kolben-Führungshülsen der darin laufende Förderkolben eingeschwenkt und die Führungshülse unter stirnseitigem Angriff mittels der Spanneinrichtung gegen die Blockscheibe gepreßt bzw. nachgezogen werden. In gleicher Weise - jedoch in umgekehrter Reihenfolge - verläuft der Ausbau der Kolben-Führungshülse von den blockscheibenartigen Verdrängerkamern im Sandwich-Stapel; der Kolben wird dabei vollständig herausgefahren und mitsamt der Führungshülse nach ausreichendem Lösen des L-Spannhakens aus dem Gabelschuh-Widerlager gezogen und damit von den blockscheibenartigen Bauelementen entfernt. Aufgrund der erreichten guten Zugänglichkeit ergibt sich ein besonders wartungsfreundlicher Aufbau. Gleichzeitig ist dieser Spannhaken besonders einfach zu verstellen, denn er kann durch Drehen an der stets zugänglichen Spanneinrichtung jederzeit nachjustiert werden.

[0028] Eines der erwähnten Anlager des L-Spannhakens kann als Querstift ausgeführt sein, der im Übergangsbereich zwischen Rumpf und Gabelschuh angeordnet ist und an beiden Seiten des langgestreckten Rumpfes übersteht. Mit dem beidseitig überstehenden Querstift - der auch zweigeteilt sein kann - liegt der Spannhaken dann auf den seitlichen Schultern einer Führungsnut an einem Befestigungsflansch des Gehäusekörpers, in welche der langgestreckte Rumpf des Spannhakens selbst mit ausreichendem Bewegungsspiel eingepaßt ist.

[0029] Besonders geeignet ist der L-Spannhaken (Anspruch 14) in Verbindung mit dem beschriebenen Z-Antrieb (Anspruch 18), wobei der L-Spannhaken zwischen Z-Antriebskolben und den funktionstragenden Blockscheiben der Seriell-Pumpenanordnung (Anspruch 1,12) angeordnet wird. In Kombination fördern sie beide - der Z-Antriebskolben und der L-Spannhaken

- eine insgesamt miniaturisierte Bauweise. Daneben wird durch den aufgebrachtten Anpreßdruck der Spannhaken die Kolben-Führungshülse so stark gegen die funktionstragenden Blockscheiben gepreßt, daß unter Vermeidung elastischen Arbeitens die auf die Kolbendichtungen wirkenden beträchtlichen hydraulischen Kräfte während des Förderhubes zuverlässig aufgenommen werden (Vermeidung von Systemelastizität zum Erhalt eines möglichst hohen Pumpwirkungsgrades).

[0030] Zur optimalen Kraftbeaufschlagung der Kolbenführungshülse durch den L-Spannhaken ist an der freien Stirnfläche ein Beilagrings vorgesehen, der zusätzlich als Stützring für eine sekundäre Kolbendichtung dient, die für eine dynamische Abdichtung des Spülraums in der Führungshülse eingebaut ist.

[0031] Das vorstehend in Einzeldarstellung beschriebene Konzept der Sandwich-Bauweise für eine Seriell-Pumpenanordnung kann in Erweiterung durch ergänzende funktionelle Untereinheiten Grundlage bilden für unterschiedliche Kompakt-Analysensysteme, die auf der Feindosierung von Flüssigkeiten zur Substanztrennung oder für chemische Nachweisreaktionen beruhen (Anspruch 15). Verwendet werden dabei Einheiten gemäß den Ansprüchen 1 bis 12.

[0032] Fußend auf dem Konzept der Stapelanordnung der Funktionseinheiten des Verdrängersystems einer Seriell-Pumpenanordnung (Anspruch 1) wird vorgeschlagen, durch unmittelbare Angliederung einer Probenaufgabe-, Trennsäulen- und Detektorzellen-Blockscheibe den gesamten Naßteil eines dann sogar bequem tragbaren, sehr klein bauenden HPLC-Analysensystems zu erstellen (Anspruch 15).

[0033] Es ist vorgesehen, daß die ergänzenden Funktionsbausteine ebenfalls ohne eigene (das Trennergebnis an bestimmter Stelle, an der Verbindung von Trennsäule und Detektorzelle, nachträglich verschlechternde) Leitungsverbindungen für das Eluens aneinanderzufügen (Anspruch 16). Um Kongruenz auch hinsichtlich der Bauform der (HPLC) Trennsäule zu erzielen, die üblicherweise die Gestalt eines geraden Rohres aufweist, wird deren Ausbildung als Säulenbündel mit Packung in mehreren Parallelen eines Grundkörpers, der mittels endständiger, über zick-zack-förmige Feinbohrungen Quer- und Durchgangsverbindungen schaffender Plattenelemente eine in sich geschlossene Einheit bildet, oder als ebenfalls planer Trennsäulenbaustein, mit Packung in Mäander- oder Spiralförmigkeit vorgeschlagen.

[0034] Zwischen der Seriell-Pumpenanordnung und dem ergänzenden Trennsäulen-Sandwich-Baustein wird ein Probenschleifenventil-Sandwich-Baustein zum Einschleusen der zu analysierenden Probe eingebaut. Direkt am Ausgang des Trennsäulen-Bausteins wird die (vom Detektor abgekoppelte) Meßzelle zum Substanznachweis angeflanscht. Gegenfalls ist die Verbindung zwischen Meßzelle und Meßelektronik über Lichtleiter zu erstellen.

[0035] Hinsichtlich der Sandwich-Bauweise der Seriell-Pumpenanordnung wird auf die Ansprüche 1 bis 12 verwiesen. Sie erzeugt den Eluens-Förderstrom, der die Entlüftungsventil-/ Drucksensor-Funktionseinheit verläßt und hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung durch die Versorgung über die Einlaß-Funktionseinheit (Verbindung zu unterschiedlichen Vorratsgefäßen über Mehrwege-Schieberventil) bestimmt.

[0036] Das Einlaßmodul kann ein Niederdruck-Gradientenformer sein (Anspruch 17), der dafür sorgt, daß sich im Saugstrom das Mischungsverhältnis parallel eingespeister Flüssigkeiten nach einem festgelegten Programm zeitabhängig verändert.

[0037] Die Pumpenanordnung gemäß Anspruch 1 erlaubt bei höherem Druck als dem Außendruck die Abgabe genau festgelegter Dosiermengen von Flüssigkeit. Die genaue Dosierung ist dabei auch reproduzierbar.

[0038] Ausführungsbeispiele sollen das Verständnis der Erfindung vertiefen.

[0039] Fig. 1 zeigt eine Seriell-Pumpenanordnung in Sandwich-Bauweise, bei der die Funktionsträger 4,5,6,7 in einem Stapelraum bzw. zu einem Stapel 3 zusammengefügt sind und dieser zwischen zwei Schenkeln 2a,2b eines U-Profils 2 in axialer Richtung gehalten wird.

[0040] Fig. 2 zeigt einen vergrößerten Schnitt der Seriell-Pumpenanordnung, die hier durch vier gestapelte Funktionseinheiten, wovon zwei Fördereinheiten sind, gebildet wird.

[0041] Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch einen Z-förmigen Antriebskolben für die Seriell-Pumpenanordnung gemäß den Figuren 1 und 2, der besonders raumsparend ist und eine kinematisch hochgenaue Hubbewegung des Förderkolbens bewirkt.

[0042] Fig. 4 und 4a zeigt einen Spannhaken 70,71 zur Halterung der als Hülse ausgebildeten Führungen 15,16 an den Blockscheiben-Funktionseinheiten 4,5, die in Stapelbauweise ("Sandwich") angeordnet sind; wobei die Fig. 4a eine Aufsicht auf die Rückseite des Förderkolbens 16,17 (Aufsicht auf die Förderkolben-Achsen 28,29) und die Fig. 4 einen Querschnitt durch den Z-Antriebskolben 51, den Spannhaken 70,71 und die Verdrängerkammer 4 oder 5 darstellt.

[0043] Fig. 5 zeigt dieselbe Schnittdarstellung wie die Fig. 1 und 2, allerdings mit veränderter Ventil-Anordnung, bei sonst unveränderter Gestaltung.

Fig. 5a und 5b zeigen Ventil-Patronen 80,81 in Bestückung mit einem oder zwei Kugelventilen. Diese Patronen und auch eine zusätzlich gezeigte Blindpatrone 82 werden zwischen den Funktionsscheiben 6,5 und 4 bzw. 4 und 7 gemäß Figur 5 angeordnet. Alle Patronen sorgen für eine Zentrierung der Blockscheiben und im Falle der Ventilpatronen für eine Steuerung des Förderstroms.

[0044] Fig. 6 zeigt einen Stapel von Funktionseinheiten, bei dem ein Einlaß-Modul 6, die seriell miteinander arbeitenden Verdrängerkammern 4,5, ein Auslaßmodul

mit Drucksensor und Entlüftungsventil 7, ein Probenaufgabeeventil 100, eine Trennsäule 200 mit mäanderförmiger Packung und eine Detektormeßzelle 300 zu einem Gesamtstapel kombiniert sind und derart den vollständigen Naßteil eines miniaturisierten HPLC-Analysensystems bilden.

[0045] Fig. 7 veranschaulicht mit einer Explosionszeichnung mehrere der zuvor beschriebenen Bauelemente zu einer Seriell-Pumpeneinheit. Mit A ist dabei eine der beschriebenen Ventiltronen 80 mit ihren Einzelteilen vergrößert dargestellt. Einer der Förderkolben 17 ist eingebaut, der andere Förderkolben 18 ist als Einzelteil mit dem L-Spannhaken 70, 71 in nicht montiertem Zustand gezeigt.

[0046] Die Funktionsträger 4 und 5 sind in Figur 1 und 2 im Schnitt und in Figur 7 in Explosionsdarstellung erläutert. Die Verdrängerraumborung im Funktionsträger 4, 5 erweitert sich gemäß Figur 7 am äußeren Ende zu einer Nut zur Aufnahme der Kolbendichtung 34 (z.B. Mantel aus PTFE mit Edelstahlfeder zur Vorspannung der Dichtlippe), deren Rücken auch für die statische Abdichtung der in der Kolbenführungshülse 16 vorgelegten Spülflüssigkeit sorgt. Zur dynamischen (drucklosen) Abdichtung am anderen Ende der Führungshülse 16 dient eine sekundäre Kolbendichtung 33, die durch den in die Führungshülse greifenden Bund eines Beilageringes Z gestützt wird. Die freibleibende Stirnfläche dieses Ringes bildet das Gegenlager für Spannhaken 71. Damit mittels des Gabelschuhs 71c an diesem Haken durch Festziehen der Spannschraube entfaltete Zugkräfte seitenlastfrei genau parallel zur Achse des (Keramik)-Förderkolbens 18 eingeleitet werden, ist die Kontaktfläche des Beilageringes 7 ballig gehalten. Um ein insgesamt genaues Fluchten des Förderkolbens 18 in der Verdrängungsbearbeitung relativ zur zugehörigen Kolbendichtung 34 zu gewährleisten, sind die zueinander gepaarten Flächen von Verdrängerkammer 4, 5 und Kolbenführungshülse 16, 15 hinsichtlich ihres maximal zulässigen Planschlags bezogen auf die Achse der Kolbenbohrung genau spezifiziert. Im weiteren gilt dies sinngemäß auch in bezug auf die Konzentrität der beiden, als Führung 15, 16 für die Kolben in der Hülse 30 fixierten Keramik-Ringe 31, 32. Diese Ringe sind zum Erreichen gewünschter Zweipunktlagerung beabstandet. Durch die Beabstandung der Ringe entsteht in der Hülse 30 der Kolbenführung 16, 15 eine Kammer, die über Anschlüsse eine Hinterspülung der Kolbendichtung 34 in der Verdrängerkammer 4, 5 erlaubt. Erreicht wird eine Verhinderung des Entstehens von Dichtungsverschleiß fördernden Salzkristallen beim Fördern von Pufferlösungen.

[0047] Um auch unter Last auslenkungsfreie (Bewegungsachse parallel zur Hubachse des Förderkolbens) Führung des Spannhakens 71 zu gewährleisten, wird dieser in horizontaler Richtung in einer Paßnut des Gehäuses 99 der Verdrängereinheit geführt, und in vertikaler Richtung kippfrei über einen Stützwulst 73a und einem dazu maximal beabstandeten, beidseitig über-

ragenden Querschnitt 74a gelagert. Dabei kommt der Stützwulst 73a auf der Grundfläche der erwähnten Führungsnut, und der Querstift auf der maßlich zur Referenzachse genau tolerierten Frontfläche 74b des betreffenden Befestigungsflansches (rechts) am Gehäuse 99 der Verdrängereinheit zur Auflage. Die Seitenfläche des gegenüberliegenden Befestigungsflansches (links) ist das Widerlager für die Schraube 72b, die ein Festziehen des Spannhakens bewirkt, wobei diese in eine Gewindebohrung an dessen stützwulstseitiger Stirnfläche eingreift. Die Aussparung im Gabelschuh 71c des Spannhakens 71c, der die Kolbenführungshülse 15, 16 beaufschlagt, ist so bemessen, daß darin der Förderkolben 18 berührungsfrei läuft.

[0048] Die Hubbewegung des Förderkolbens 18 bewirkt ein (an drei Punkten gelagerter) Z-förmiger Antriebskolben 51, der am frontseitigen Schenkel 51b ein mit zwei L-Haltestegen und einer zentralen Aussparung für den Förderkolbenflansch versehenes Kupplungsstück 77 trägt, das als Kontaktelement für das ballig gestaltete Förderkolbenende eine Keramikscheibe 77a aufweist. Zur in radialer Richtung frei schwimmenden, in axialer Richtung jedoch vollständig unnachgiebigen Kupplung des Antriebskolbens 51 und des Förderkolbens 18 dient eine Steckfeder 76, deren mittig gekröpfte Schenkel nach dem Einrasten im Kupplungsstück 77 gegen den Flanschring am Kolben drücken.

[0049] Jeder der Verdrängerkammern 4, 5 ist einlaßseitig eine (baugleiche und eingebaut gleichsinnig ausgerichtete) Ventiltrone 80 zugeordnet. Die Ventiltrone am Hauptkopf 5 (Einlaßventil) greift mit der einen Hälfte ihrer Länge in das Einlaß-Modul 6 (mit Zweiweg-Drehventil oder Niederdruck-Gradientenformer), und mit der anderen in die Aufnahmebohrung am Kopf selbst. Die zweite Ventiltrone (Auslaßventil) bildet entsprechend beschriebener übergreifender Einbauart das Verbindungsglied zwischen dem Hauptkopf 5 und dem nachgeordneten Speicherkopf 4 (Seriell-Hochdruckpumpenanordnung). Die Aufnahmebohrung für die Ventiltronen münden über feine Stichbohrung in den Verdrängerraumbearbeitungen (T-Profil-Penetration). Um für Hauptkopf 5 und Speicherkopf 4 eine baugleiche Konfiguration einsetzen zu können, schafft nach je zur Hälfte übergreifender Einbauart eine Blindpatrone 82 mit einfacher Zentralbohrung die hydraulische Verbindung zwischen Speicherkopf 4 und Auslaßmodul 7, dem dadurch Doppelfunktion zukommt, als es mit einem Druckfühler 10 zur Überwachung des Förderdruckes und einem Spindelventil 12 ausgerüstet ist, das bei manueller Betätigung die Entlüftung des Verdrängersystems ermöglicht. Die periphere Abdichtung an allen Übergangsstellen des gesamten Flüssigkeitsweges durch das Verdrängersystem geschieht mit Hilfe von Flansch-Dichtringen aus chemisch inertem Kunststoff an beiden Stirnflächen der Ventiltronen 80. Die zur Abdichtung erforderliche mechanische Vorspannung über die gesamte Sandwichanordnung bewirkt eine Spannschraube 98a im Deckelelement 98, dessen

Flanschstege in Nuten im Gehäusekörper 99a einrasten. Als Auflager wirkt das ebenfalls in Gehäusenuten 99b über einen Montageflansch fixierte Einlaßmodul 6.

[0050] Der Z-Antriebskolben 51 in **Figur 3** unterstützt in Kombination mit der über ein Getriebe mit dem Motor 60 verbundenen Kurvenwelle 50 die Vorteile der in Stapelbauweise ausgeführten Verdrängereinheit der Seriell-Pumpenanordnung 1; die Kopplung des Antriebes 50,51,60 mit der Verdrängereinheit 1,3 erfolgt an den Förderkolben 17,18; dabei ragt die Stapelachse 27 der Pumpenanordnung 1 aus der Papierebene, während die Hubbewegung des Z-Antriebskolbens 51 - der drei gegeneinander um jeweils 90° versetzte Schenkel 51a, 51b,51c aufweist - des Antriebes in Papierebene erfolgt. Die Hubbewegung des Z-Antriebskolbens erfolgt längs zweier Führungsstangen oder -schienen 52a,52b. Auf ihnen laufen Axiallager 53a,53b,53c; das eine Lager 53b ist im äußeren Bereich (außen) des einen Schenkels 51b (kurvenscheibenseitiger Querschenkel) angeordnet und auf der einen der beiden Führungsstangen 52a,52b gelagert. Der zum kurvenscheibenseitigen Querschenkel 51b parallele (pumpenseitige) Querschenkel 51a stellt mit seinem freien Ende den Kontakt mit dem Förderkolben her. An der Übergangsstelle bewirkt eine Steckfeder eine freischwimmende Lagerung des Förderkolbens, d.h. das selbständige radiale Ausrichten beim Montage des Kolbens parallel zur Achse der Dichtung bzw. der Kolbenführungshülse. Die freischwimmende Lagerung gewährleistet eine seitenlastfreie Anbindung des Förderkolbens an den Z-Antriebskolben und erleichtert zugleich das Anflanschen der Verdrängereinheit 1 am Antriebsblock. Die beschriebene Auslegungskonfiguration ist für Haupt- und Speicherkolben gleich.

[0051] Zwischen den beiden Führungsstangen 52a, 52b - vorteilhafterweise mittig - greifen am kurvenscheibenseitigen Querschenkel 51b entgegengerichtete Kräfte an; In der einen Richtung wird die Antriebskraft über eine Kurvenscheibe 50 und eine Rolle 55 auf den kurvenscheibenseitigen Querschenkel 51b übertragen, in der anderen Richtung wirkt die Kraft einer Druckfeder 54, die unter Überwindung der Reibungskraft der Kolbendichtung dafür sorgt, daß der Kraftschluß zwischen Rolle 55 am Z-Antriebshebel 51 und der Antriebskurvenscheibe 50 während der gesamten Hubbewegung erhalten bleibt.

[0052] Die (unterschiedlichen) Kurvenscheibenprofile für die Kolben der beiden in Serie zueinander arbeitenden Verdränger-Funktionseinheiten 4,5 sind für minimale Restpulsation des Förderstroms infolge der Kompressibilität geförderter Flüssigkeit bei bestimmten Betriebsbedingungen ausgelegt. Ein Elektromotor 60 treibt über ein - nicht dargestelltes - Getriebe die Kurvenscheibe (-welle) an. Über seine Drehzahlregelung wird die Förderrate variiert.

[0053] Das Konzept die Rückholfeder 54 dem Querschenkel 51a des Z-Antriebskolbens 51 zuzuordnen und die Wahl einer Steckfeder 76 für die Kopplung des

Antriebskolbens und des Förderkolbens am gegenüberliegenden Schenkel 51a eröffnet die Möglichkeit des Gesamtsystems außerordentlich klein, aber zugleich mechanisch ausreichend steif zu bauen. Zugleich erleichtert sich die Montage.

[0054] Die beschriebene Dreipunktlagerung 53a,53b, 53c des Z-Antriebskolbens 51 auf den beiden Führungsstangen 52a,52b gewährleistet eine genauestens geführte Hubbewegung. Sie macht zudem übliche zusätzliche Vorrichtungen für einen Verdrehungs-(Kipp-)schutz überflüssig.

[0055] Die Antriebselemente 50,51,55 können Teil eines Antriebsblocks sein, in dem sich die ortsfeste Anbringung der Führungsstangen 52a,52b unschwer bewerkstelligen läßt. Dabei besteht die Möglichkeit den Elektromotor zur besseren Verlustwärmeabführung außen anzubringen.

[0056] Durch eine Ausschlitzung an der Frontseite des Antriebsblocks kragen dann mitsamt den Kuppelungsstücken für die Steckfedern die beiden Antriebschenkel 51a zu den Förderkolben des Hauptkopfes 5 und des Speicherkopfes 4.

[0057] Die gesamte Verdrängereinheit der Seriell-Pumpenanordnung 1 die außer mit den Pumpenkammern 5,4 mitsamt der zugehörigen Kolben und Kolbenführungshülsen auch mit einem Einlaßmodul (Drehventil/Niederdruck-Gardienten-Ventilsystem) und mit einem Auslaßmodul (Drucksensor/Entlüftungsventil) bestückt ist, muß in diesem Fall nur noch als in sich geschlossene Baugruppe am Antriebsblock angeflanscht und nachfolgend die Förderkolben mittels der Steckfedern mit den Antriebskolben gekoppelt werden.

[0058] Fig. 4 zeigt die Spannvorrichtung 70 zu den Kolbenführungshülsen 15,16 in denen die Förderkolben 17,18 der Seriell-Pumpeneinheit in Verbindung mit dem Hauptkopf 5 bzw. dem Speicherkopf 4 gleitet. Diese Hülsen erlauben zur Verhinderung der Bildung von Salzkristallen beim Fördern von Pufferlösungen über Anschlüsse eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Hinterspülung der Kolbendichtungen im Hauptkopf 5 und im Speicherkopf 4.

[0059] Der Spannhaken 70 drückt über einen Beilagering 7 auf die Kolbenführungshülse 15. Dieser Beilagering dient zugleich als Stützring für eine vorgeordnete sekundäre Kolbendichtung, die für die dynamische Abdichtung des Spülraums in der Kolbenführung 15 nach außen hin sorgt.

[0060] Der Förderkolben 17 ragt durch die Kolbenführungshülse 15 fluchtend zur Kolbendichtung in die Verdrängerkammer des Hauptkopfes 5 bzw. des Speicherkopfes 4 (Flüssigkeitsförderung-Funktion nach dem Seriell-Pumpenprinzip). Die Stapelachse versteht sich als aus der Papierebene herausragend.

[0061] Oberhalb des Spannhakens 70,71 ist schematisch der Z-Antriebskolben 51 dargestellt, der mit dem äußeren Ende des Förderkolbens 17 nach dem Steckfedern-Prinzip verbunden ist. Die dadurch erreichte freischwimmende Lagerung an der Kopplungsstelle ge-

währleistet eine seitenlastfreie Führung des Förderkolbens bezogen auf die Montagelage der Kolbendichtung.

[0062] Fig. 4a zeigt die Darstellung der Fig. 4 in stirnseitiger Aufsicht, wobei hier die Förderkolben-Achsen 28,29 (längs der Förderkolben 17,18) aus der Papierebene herausragend zu betrachten sind.

[0063] Der Spannhaken 70,71 weist einen langgestreckten Rumpf 70 auf, der an einem Ende in einen überkragenden Gabelschuh 71 übergeht. Der Übergangsbereich kann angeschrägt oder leicht versetzt sein. Der Gabelschuh 71 bildet - wie aus Fig. 4a hervorgeht - mit den Zinken 71a,71b eine Nut 71c für einen berührungsfreien Durchgriff des Förderkolbens 17. Mit dem Gabelschuh 71 als Widerlager für den Beilagrings 7 wird die Führungshülse 15 an den Funktionsblock 4 (hier ist der Förderkopf dargestellt) angepreßt. Zum Anpressen wird die Schraube 72b festgezogen, die über ein Gewinde 72a am hinteren Ende des Rumpfes 70 im Spannhaken 70,71 eingreift. Das Festziehen bewirkt ein Verschieben des Spannhakens 70,71 parallel zur Achse 28 der Kolbenführungshülse.

[0064] Zur Lagerung des parallel verschiebbaren Spannhakens 70 sind zwei Auflager 73a,73b bzw. 74a, 74b vorgesehen. Sie sind sowohl in Längsrichtung als auch in Querrichtung des Spannhakens gegeneinander versetzt angeordnet. Das Lager 74a ist als querverlaufender Stift gestaltet, der im Übergangsbereich zwischen Rumpf 70 und Gabelschuh 71 im Spannhaken eingepreßt ist. Die dementsprechend beidseitig überstehenden Stiften ruhen auf Schultern einer Führungsnut 75 für den Spannhaken im Hauptkörper des Verdrängersystems. Das andere Lager wirkt als Gleitlagerung, bei dem ein Auflagerwulst 73a aus dem Rumpf 70 des Spannhakens hervorsticht und auf einer Widerlager-Fläche 73b gleiten kann. Der Auflagepunkt des flächigen Lagers 73a auf der Gleitfläche 73b und die Auflagebereiche der Stiften 74a auf den Schultern 74b der Aufnahme- und Führungsnut 75 sind - quer zur Achse 28 des Förderkolbens 17 - gegeneinander versetzt. Kräfte, die durch die hydraulische Beaufschlagung über die Kolbendichtung auf die Kolbenführungshülse 15 wirken, können so nicht zu einem Verdrehen des L-förmigen Spannhakens 70,71 führen, da beide räumlich versetzte Auflager das entstehende Drehmoment auffangen. Beide Lager 73,74 erlauben dabei ein unnachgiebiges Parallelverschieben des Spannhakens mit hoher Genauigkeit, die ein feinfühlig zu dosierendes Anpressen der Führungshülse 15 über den Beilagrings 7 am Ausgang der Verdrängerraumborung im Funktionsblock 4,5.

[0065] Hinter der Spannanordnung zu der Kolbenführungshülse erfolgt die Hubbewegung des Z-Antriebskolbens 51. Dessen Hubbewegung, die Längsverschiebung des Spannhakens 70,71 und die Hubbewegung des Förderkolbens 17,18 erfolgen sämtlich parallel zueinander und quer zur Stapelachse 27 der Funktionsbausteine 4,5,6,7.

[0066] Fig. 5 zeigt eine teilweise geschnittene Dar-

stellung, wie sie auch die Fig. 1 und 2 zeigen, unter schematischer Hervorhebung der Förderkolben 17,18 und des Wesens der Sandwich-Seriell-Pumpenanordnung 6,5,4,7 mit seinen in einem Stapel unmittelbar aneinandergrenzend angeordneten Blockscheiben-Funktionsträgern.

[0067] Quer zur Stapelachse 27 liegen die Achsen 29,28 der Förderkolben und entsprechend auch die der Verdrängerräume 25,26 im Hauptkopf und Speicherkopf. Die Funktionseinheiten 6,5 sowie 5,4 sind durch Ventilpatronen 80,81 und die Funktionseinheiten 4,7 durch eine Blindpatrone 83 flüssigkeitsleitend miteinander verbunden. Ventilpatronen und Blindpatrone sind schematisch in Einbaulage zu einer Ausfräsung 83 im Gehäusekörper 99 für den Sandwich-Stapel mit den Bausteinen 4,5,6,7 ersichtlich gezeichnet.

[0068] Die Ventilpatronen stellen in sich geschlossene Untereinheiten dar, die wahlweise mit einem oder zwei Kugelventilen 80b,80c,81b bestückt sein können. Eine Blindpatrone 82 mit einer einfachen Durchgangsborung erlaubt die Erstellung eines bloßen Verbindungskanals zwischen zwei entsprechenden Funktionseinheiten. Die unterschiedlichen Patronen sind geeignet die gegenseitig verspannt aufeinander gestapelten Funktionseinheiten flüssigkeitsdicht miteinander zu paaren und zueinander auszurichten. Sie kommen mit je zur Hälfte ihrer Länge in den dafür vorgesehenen zentralen Aufnahmebohrungen in den Funktionselementen zum Einbau. Bei dem Hauptkopf und dem Speicherkopf münden diese Aufnahmebohrungen ihrerseits über Stichbohrungen in den Verdrängerraumborungen.

[0069] Die Ventilpatrone 80 zeigt die Konfiguration der Doppelbestückung mit einem - für feinfühliges Ansprechen der Kugel auch bei extrem kleinen Förderraten - miniaturisiertem Kugelventil, die Ventilpatrone 81 wiederum zeigt die Konfiguration der Bestückung mit einem Kugelventil größerer Abmaße.

[0070] Fig. 5a und Fig. 5b zeigen den prinzipiellen Aufbau der Ventilpatronen.

[0071] Die Kugelventile als Basisbauteile bestehen bevorzugtermaßen aus einer Rubinkugel und einem Saphir/Keramik-Ventilsitz mit speziell angeschliffener Dichtkante. Sie können, wie gezeigt, in Kombination mit besonderen, maßlich angepassten Kugelstopp/Kugelführungselementen und peripheren Dichtring aus chemisch beständigen Kunststoffen in Gehäusehülsen (z. B. aus Edelstahl oder Titan) zu geschlossenen funktionellen Einheiten vervollständigt sein.

[0072] Auch Fig. 5c zeigt im Querschnitt eine Blind-Ventilpatrone 82 mit zentraler Durchgangsborung 82a. Diese Patrone oder Verbindungshülse kann Kupplungselement zwischen Speicherkopf-Funktionseinheit 4 und Entlüftungsventil-/ Drucksensor-Funktionseinheit 7 bilden, zwischen denen kein Ventil, gleichwohl aber ein ebenfalls im Paßsitz einzubauendes Übergangsstück benötigt wird.

[0073] Prinzipmäßig zeigt Fig. 6 ein HPLC-Analysensystem, das vollständig in Stapelbauweise ausgeführt

ist. Die bereits erläuterten Funktionseinheiten 4 bis 7 sind nur schematisch dargestellt, wobei das Eingangs-Modul beispielsweise der strichliniert dargestellte Niederdruck-Gradientenformer 6a sein kann. An den Gradientenformer schließt sich die erste Ventilpatrone 80 (Einlaßventil) an, die in den Hauptkopf 5 überleitet, welcher mit dem Förderkolben 17 arbeitet (dessen Zentralachse 28 dargestellt ist). Es schließt sich in Abströmrichtung eine weitere Ventilpatrone 81 (Auslaßventil), die den Hauptkopf 5 mit dem Speicherkopf 4 verbindet. In dem Speicherkopf arbeitet der Förderkolben 18 (dessen Zentralachse 29 dargestellt ist). Über die Blind-Patrone 82 gelangt der Förderstrom aus dem Verdrängersystem in das Entlüftungsventil-/ Drucksensor-Modul 7 (Funktionen 10 und 12) und von dort direkt in die Probeaufgabeventil-Funktionseinheit 100 mit einem Kanal 101 zum Einschleusen der zu analysierenden Probe in den (Eluens)-Förderstrom. Diese Funktionseinheit kann auch mit einem automatischen Probeaufgabesystem kombiniert sein.

[0074] Direkt daran gekoppelt folgt die Trennsäule in spezieller, zum Konzept eines Gesamtaufbaus nach dem Sandwich-Prinzip passender Ausformung. Die Trennsäule ist entweder als Funktionseinheit aus in einem Block gebündelten kurzen Segmenten aufgebaut, die auf engstem Raum an den Stirnseiten alternierend miteinander verbunden sind oder beinhaltet Packungen von mäanderförmiger oder spiraliger Struktur.

[0075] Der (Eluens)-Förderstrom tritt von der Trennsäulen-Funktionseinheit abschließend direkt in die, von dem das Meßsignal verarbeitenden elektronischen Detektorteil abgekoppelten Meßzelle zum Substanznachweis. Gezeigt ist die Prinzipdarstellung zu einer optischen Meßzelle. Infrage kommt z.B. auch in analoger Art der Einfügung die Meßzelle zu einem elektrochemischen Detektor.

[0076] Auf die beschriebene Weise ergibt sich eine Geräteauslegung, die alle Funktionseinheiten des Naßteils eines bestimmten HPLC-Analysesystems in kompakter Anordnung mit geringstem, das erzielte Trennergebnis zum Teil rückgängig machenden Totvolumen. Zugleich lassen sich die verschiedenen Funktionseinheiten mechanisch auf einfache Weise miteinander Haltern.

[0077] Fig. 7 zeigt anhand einer Explosionszeichnung zu einem Implementationsbeispiel des Konzeptes einer Verdrängereinheit für eine Seriell-Hochdruckpumpe in Stapelbauweise unter Veranschaulichung des Zusammenbaus der Bestandteile.

[0078] Grundlage bilden die vier Funktionseinheiten 6,5,4 und 7, die in einer gemeinsamen Aufnahmebohrung in einem vorspringenden Teil des Gehäusekörpers 99 untergebracht sind. Dadurch, daß die Aufnahmebohrung an mehreren Stellen durch Schlitze und Bohrungen nach vorn und zu den Seiten hin geöffnet ist, sind die eingesetzten Funktionseinheiten visuell zugänglich und ihr Ein- und Ausbau erleichtert sich.

[0079] Als Widerlagerbasis für eine gegeneinander

flüssigkeitsdichte vorgespannte Halterung der gestapelten Funktionseinheiten befinden sich am oberen und unteren Rand der Aufnahmebohrung Einschubnuten für eine Deckeplatte 98 bzw. für einen Flanschring 6a am Einlaßmodul 6. Sowohl dieses Modul als auch die Speicherkopf-Einheit sind mit der zwischenliegenden Hauptkopf-Funktionseinheit 5 hinsichtlich der Flüssigkeitsleitungswege und um eine genaue mechanische Ausrichtung zueinander zu bewirken über je eine Ventilpatrone 81 verbunden, die zugleich den Förderstrom im Takt der Hubbewegung des Förderkolbens im Hauptkopf steuern Einlaß-/Auslaßventil).

[0080] Die Aufnahmebohrungen für die Ventilpatronen sind als Bundbohrungen ausgeführt, die in weiterleitende englumige Stichbohrungen münden, so in die Verdrängerraumböhrung 25,26 im Hauptkopf und im Speicherkopf.

[0081] Gegen Abflachungen an den Funktions-Einheiten 4 und 5 werden fluchtend zu den darin befindlichen (Hochdruck)-Kolbendichtungen Führungshülsen 15,16 mit einer Kraft gepresst, die die hydraulische Beaufschlagung der Kolbendichtungen ohne Nachgeben unter maximalem Förderdruck kompensiert. Diese wird mittels des Spannhakens 70,71 ausgeführt, der zum einen mit einem beidseitig überstehenden Stift 74a auf den Schulterrund der Aufnahmenut im Bereich des Befestigungsflansches des Gehäusekörpers ruht, und zum anderen, mit einem Aufgewulst am gegenüberliegenden Ende gegen den Grund der Aufnahmenut gedrückt wird, wenn die im losen Zustand gezeigte Spannschraube festgezogen wird, woraus sich eine Längsverschieblichkeit des Spannhakens genau parallel zur Achse des Antriebskolbens und des Förderkolbens ergibt.

[0082] Die Förderkolben 18,19 sind sowohl im eingebauten (unter: Hauptkopf 5) als auch in Einzelteilwidergabe in Umfassung durch die Gabeln 71a,71b des Widerlagerschuhs am Spannhaken 70,71 dargestellt. Funktionell besehen wird der Kolben ohne Berührung mit diesem Gabelschuh hubbewegt.

[0083] Hinter der Spannhaken-Anordnung 70,71 ist der Z-förmige Antriebskolben 51 zum Hauptkopf gezeigt, hinsichtlich des Speicherkopfes 4 mit dem Endstück zum Einrasten der Steckfeder, die eine axial starre, radial jedoch eine gewisse Auslenkung erlaubend Verbindung zwischen Antriebskolben 51 und Förderkolben 18 gewährleistet.

[0084] Im Detail ist ferner das bifunktionelle Auslaßmodul 7 mit Drucksensor 10 und Entlüftungsspindelventil 12 sowie das Einlaßmodul auf der Basis eines Zweirwege/Sperrventil gezeigt.

[0085] Aus der Explosionszeichnung ist ersichtlich, daß im Verdrängersystem von unten nach oben gefördert wird, während alle anderen Bewegungs- und Betätigungsrichtungen, die der Hubbewegung der Antriebskolben und der Förderkolben sowie der Zugrichtung der Spannhaken 70,71 zu den Kolbenführungshülsen quer dazu, aber unter sich besehen, wiederum genau parallel zueinander erfolgen.

[0086] Aus der Darstellung erschließt sich weiterhin die nach Funktion und Handhabung besondere zweckmäßige Einfachheit des Konzeptes der Sandwich-Bauweise in Bezug auf das Verdrängersystem einer Seriell-Pumpenanordnung. Dies gilt auch in Bezug auf die vorgeschlagene Auslegung der zugehörigen Antriebseinheit und den Spannmechanismus zur untereinander flüssigkeitsdichten Paarung der einzelnen Funktions-Einheiten und hinsichtlich des Aspektes einer miniaturisierten Bauform.

[0087] Die Hochdruck-Pumpenanordnung gem. Fig. 1 erlaubt es im HPLC-Analysentechnik-üblichen Druckbereich bis 400 bar mit hoher Reproduzierbarkeit selbst im Mikroliter-Förderratenbereich bis herunter zu 10 µl/min zu fördern. Die Anordnung eignet sich prinzipiell für jede Anwendung bei der der Förderdruck über atmosphärischem Druck liegt.

Patentansprüche

1. Zweikolben-Druckpumpen-Anordnung (1) in Kleinstbauweise für konstanten und kontinuierlichen Massenfluß

(a) mit zwei - bezüglich des Massenflusses - in Reihe liegenden Pumpeinheiten (4,18,26; 5,17,25) und mit einem saugseitig und einem druckseitig angeordneten Rückschlagventil (40,41,43), die parallel zu einer Achse (27) ausgerichtet sind;

(b) mit mehreren blockscheibenartigen Bauelementen (4,5,6,7), von denen zwei Bauelemente (4,5) als die Pumpeinheiten jeweils eine quer zu der Achse (27) orientierte Verdrängerkammer (25,26) zur jeweiligen Aufnahme eines zugehörigen linear bewegbaren Schubkolbens (17,18) und parallel zu der Achse (27) verlaufende Zu- und Abströmbohrungen (42,44) aufweisen;

dadurch gekennzeichnet, daß

(c1) die mehreren blockscheibenartigen Bauelemente (4,5,6,7) in Achsrichtung direkt aneinanderliegend zu einem Stapel (3) zusammengespannt sind, wobei die Achse die Stapelachse (27) bildet; und

(c2) die Rückschlagventile als Patronen (40,41,43) jeweils direkt in den Pumpeinheiten (4,5) sitzen.

2. Druckpumpen-Anordnung nach Anspruch 1, **bei der** jeder der beiden Pumpeinheiten (4,18,26; 5,17,25) eines von zwei benötigten Rückschlagventilen (40,41,43) zugeordnet ist.

3. Druckpumpen-Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,

wobei der Sitz der Rückschlagventile (40,41,43) als eine an der Verdrängerkammer (25,26) direkt integrierte Ventilkuglstopp/-führung ausgebildet ist.

5 4. Druckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **bei der**

im Stapel (3) die beiden blockscheibenartigen Bauelemente (5,4), welche die Verdrängerkammern (25,26) aufweisen, sandwichartig zwischen zwei weitere für ein komplettes Verdrängersystem notwendige blockscheibenartige Bauelemente (6,7) eingeschlossen sind, denen Einlaß und Auslaß (13,14; 11,12) zugeordnet sind, wobei insbesondere

(a) die Einlaßseite (6,13,14,8,8a) Ventilfunktion - wie mit Umschalt- und Sperrventil oder mehreren Schieberventilen für saugseitige Niederdruck-Gradientenformung - aufweist;

(b) die Auslaßseite (7,10,11,12) Druckmeß-(10) und Entlüftungsventilfunktion (12) aufweist.

5. Druckpumpen-Anordnung nach Anspruch 4, **bei der**

das einlaßseitige blockscheibenartige Bauelement (6) eine zur Stapelachse (27) parallele Einlaßbohrung (41a) aufweist, die in einem Leitkanal (8a) eines dem einen Stapelende zugeordneten Rotorventils (8,9) mündet, welches in Abhängigkeit von seiner Schaltstellung die Einlaßbohrung (41a) mit jeweils einer oder keiner der - in dem gleichen blockscheibenartigen Bauelement (6) in Umfangsrichtung verteilten und voneinander unabhängigen - winkelförmigen Versorgungsbohrungen (39) verbindet.

6. Druckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **bei der**

(a) zwischen jeweils zwei blockscheibenartigen Bauelementen (4,5,6,7) eine - insbesondere austauschbare - Ventiltrone bzw. Blindpatrone (80,81;82) eingesetzt ist, die als Ventiltrone Träger eines oder zweier Rückschlagventile (40,81,82) ist;

(b) ein Teil - insbesondere die Hälfte - der Ventiltrone oder Blindpatrone (80,81;82) in jeden der zwei aneinandergrenzenden Blockscheiben-Bauelemente (4,5;5,6;6,7) so eingepaßt ist, daß sich die Förder-Verbindung und die Zentrierung beider aneinandergrenzenden Blockscheiben über die Patronen (80,81;82) ergibt.

55 7. Druckpumpen-Anordnung nach Anspruch 4, 5 oder 6, **bei der**

(a) das auslaßseitige blockscheibenartige Bau-

- element (7) eine zur Stapelachse (27) parallele Auslaßbohrung (24) aufweist, die stirnseitig in eine Druckkammer (45) vor einem stirnseitig an dem Stapel (3) anschließenden Druckaufnehmer (10) mündet;
- (b) wobei die Auslaßbohrung (24) eine seitliche Verzweigung besitzt, die mit dem Spindelement eines Entlüftungsventils gepaart ist; und
- (c) eine gegenüberliegende Winkelbohrung (46) für die Führung des druckseitigen Förderstroms vorgesehen ist.
8. Druckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **bei der**
- alle zu der Stapelachse (27) parallelen Bohrungen (38,42,43a,44,24) in allen blockscheibenartigen Bauelementen (4,5,6,7) fluchten.
9. Druckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **bei der**
- alle im Stapel (3) beteiligten Bauelemente (4 bis 7) zwischen Schenkeln (2a;2b) eines Jochs (2) oder in einer Aufnahmebohrung eines Gehäuseblocks (99) angeordnet sind und flüssigkeitsdicht, insbesondere mittels Flanschdichtungen, über eine Druckschraube zueinander verspannt sind.
10. Druckpumpen-Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **bei der**
- die die Verdrängerkammern (25,26) aufweisenden blockscheibenartigen Bauelemente (4,5) jeweils eine umfängliche Abflachung (35,38) aufweisen, an die eine Kolbenführung (15,16) ansetzbar ist.
11. Druckpumpen-Anordnung nach Anspruch 10, **bei der**
- die Kolbenführung (15,16) in einer Hülse (30) aus Edelstahl oder Titan zwei im axialen Abstand angeordnete, aus keramischem Werkstoff bestehende Kolben-Führungsringe (31,32) aufweist, die eine Spülkammer (36,37) begrenzen und jeweils außen abgedichtet (33,35) sind.
12. Druckpumpen-Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- die als Hochdruckpumpen-Anordnung ausgebildet ist, wobei die Schubkolben (17,18) als Förderkolben oszillierend in den als Blockscheiben ausgebildeten Pumpeinheiten (4,5) bewegbar sind.
13. **Montageverfahren** für eine serielle Hochdruckpumpen-Anordnung aus chemisch inertem Werkstoff - insbesondere Saphir - nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
- (a) in einem Stapelraum eines Gehäusekörpers (99) mehrere Funktionseinheiten (4,5,6,7) als Stapel (3) in einer Stapelachse (27), die senkrecht zu den Achsen (28,29) der Schubkolben (17,18) der Pumpeinheiten (4,5) verläuft, radial unverrückbar fixiert werden; und
- (b) der radial fixierte Stapel von Funktionseinheiten (4 bis 7) unmittelbar abdichtend form-schlüssig mit einer Spannvorrichtung (2) in Richtung der Stapelachse (27) zusammenge-spannt wird.
14. Druckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, in Kombination mit einer Zuspannvorrichtung für Kolben-Führungshülsen, beinhaltend:
- (a) einen langgestreckten Rumpf (70), an dessen einem Ende eine Spannschraube (72b) eingreift (72a);
- (b) eine - quer zur Längsachse des langgestreckten Rumpfes vorstehenden - Gabel (71; 71a,71b), die vom anderen Ende des Rumpfes (70) ausgeht;
- (c) zwei Anlager (73a,74a), die am Rumpf (70) vorgesehen sind und gegeneinander versetzt sind.
15. **Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie-Analysensystem**, zusammengesetzt aus der Zweikolben-Druckpumpen-Anordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 und einem daran unmittelbar angrenzenden Auswertestapel (100,200,300), wobei
- (a) auf eine Entlüftungs-/Drucksensor-Funktionseinheit (7) des Pumpenstapels eine Probenaufgabeeventil-Funktionseinheit (100) des Auswertestapels unmittelbar folgt;
- (b) sich an die Probenaufgabeeventil-Funktionseinheit (100) eine Bündelkanal-Trennsäule (200) für Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC) anschließt, insbesondere mit Mäander- oder Wicklungsform der Trennsäule (201);
- (c) eine Detektorzellen-Funktionseinheit (300) der Bündelkanal-Trennsäule (200) folgt.
16. Analysensystem nach Anspruch 15, **bei dem**
- die Probenaufgabeeventil-Funktionseinheit (100), die Bündelkanal-Trennsäulen-Funktionseinheit (200) und die Detektorzellen-Funktionseinheit (300) ohne jeweilige Zwischen-Leitungsverbindung aneinandergrenzend als kompakter Analysen-Vorrichtungsstapel (100,200,300) zusammengehalten sind.
17. Analysensystem nach einem der Ansprüche 15 oder 16, **bei dem**
- im Pumpenstapel (4,5,6,7) eine Niederdruck-Gradientenformer-Funktionseinheit (6) der Förder-Funktionseinheit (5) für das Eluens vorgeschaltet

ist.

18. Druckpumpen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder 14, mit einem raumsparenden Antrieb, **dadurch gekennzeichnet**, daß

(a) eine drehbare Kurvenscheibe (50) mit einem ersten Schenkel (51b) eines Z-förmigen Antriebskolbens (51a) - über eine Rolle (55) - in mechanischer Berührung steht;

(b) der erste Schenkel (51b) mittels jeweils mindestens eines Lagers (52a,52b) an zwei ortsfesten Führungsstangen (52a,52b) verschiebbar gelagert ist;

(c) der erste Schenkel (51b) mit einem zweiten Schenkel (51a) mechanisch starr in Verbindung steht, der im wesentlichen parallel zum ersten Schenkel (51b) ausgerichtet ist, und der mechanisch mit dem äußeren Ende - insbesondere mit dem äußeren balligen Ende - eines der Schubkolben (17,18) in Berührung steht.

Claims

1. **Miniaturised dual-piston pump set-up** (1) for constant and continuous mass flow

(a) with two pumping units arranged serially to each other with respect to the direction of flow (4,18,26;5,17,25) and with one check valve, at the suction side, and one check valve, at the delivery side (40,41,43) which are arranged in parallel to an axis (27);

(b) with a series of block/disk-shaped constructional elements (4,5,6,7), of which two constructional elements (4,5) as the pumping units having each a displacement chamber (25,26), perpendicularly orientated to said axis (27), receiving each a pertinent linearly reciprocating piston (17,18), and being fitted with liquid ducts for feeding and discharge (42,44) in a parallel direction of said axis (27);

characterised in that,

(c1) the series of block/disk-shaped constructional elements (4,5,6,7) are pre-loaded to each other to form a stack build-up (3) with said axis being the staple build-up axis (27); and
(c2) the check valves are configured as cartridges (40,41,43), each directly inserted in one of the pumping units.

2. Pressure pump set-up according to claim 1, **in which** one of the two check valves (40,41,43) which are needed is associated with each of the two pumping units (4,18,26;5,17,25).

3. Pressure pump set-up according to claim 1 or 2, whereby the receiving bore of the check valves (40,41,43) in the displacement chamber (25,26) is configured as directly integrated ball guide/ball stopper.

4. Pressure pump set-up according to claim 1 or 3, **in which** the two block/disk-shaped constructional elements (5,4) which feature the displacement chambers (25,26) in the stack build-up (3) are locked in sandwich-type arrangement between two additional block/disk-shaped constructional elements which define an inlet and outlet (13,14;11,12) and which are needed to form a complete liquid displacement assembly, wherein particularly

(a) the inlet element (6,13,14,8,8a) is arranged to perform a manifold function with a switching and shutting valve or several slider valves for low pressure side gradient forming;

(b) the outlet element (7,10,11,12) is arranged to perform a pressure monitoring (10) and bleeder valve function (12).

5. Pressure pump set-up according to claim 4, **in which** the block/disk-shaped constructional element at the inlet (6) features a feeding duct (41a) parallel to the staple axis (27), which discharges into a liquid channel of a rotary valve (8,9) at one end of the stack build-up, which, depending on switching position, establishes or inhibits a liquid connection between the inlet bore (41a) and one of a separate elbow-shaped feeding flow ducts (39), which are circumferentially distributed within said inlet element (39).

6. Pressure pump set-up according to claim 1 to 3, **in which:**

(a) between each of the two block/disk-shaped constructional elements (4,5,6;7) a, *particularly* replaceable check valve or blind cartridge respectively (80,81;82) is inserted, which as check valve cartridge is fitted with one or two check valves (40,81,82);

(b) one part of the check valve or blind cartridge respectively, *particularly* half its size (80,81;82) is fitted in each of the two adjacent block/disk-shaped constructional elements (4,5; 5,6;6,7) that said cartridges (80,81;82) provide liquid connections and mutual alignment of both adjacent functional disks.

7. Pressure pump set-up according to claim 4,5 or 6, **in which:**

(a) the block/disk-shaped constructional element at the outlet (7) features an outlet bore

- parallel to the axis of the stack build-up axis (27), which leads into an adjacent pressure chamber (45) in front of a pressure transducer (10) at the topside of the stack build-up (3);
 (b) whereby the outlet bore (24) features a lateral bifurcation, which is paired with a closing spindle of a bleeder valve, and
 (c) a delivery flow is led away at the pressure side via an opposite elbow-shaped duct (46).
8. Pressure pump set-up according to claim 1 to 7, **in which** all bores (38,42,43a,44,24) being parallel to the axis of the stack build-up (27) in all block/disk-shaped constructional elements (4,5,6,7) are mutually aligned.
9. Pressure pump set-up according to claim 1 to 8, **in which** all constructional elements (4 to 7) pertinent to the staple build-up are arranged between the arms of a yoke (2), or in the receiving bore of a housing block (99) and are, *particularly* by means of flange seals, pressed to each other by a compression screw to achieve liquid tight sealing.
10. Pressure pump set-up according to one of the above claims, **in which** all block/disk-shaped constructional elements (4,5) fitted with the displacement chambers (25,26) feature a flat section (35,38) at a mantle surface, at which a piston guide (15,16) is to be placed.
11. Pressure pump set-up according to claim 10, **in which** the piston guide (15,16) features two piston guide rings (31,32) made from a ceramic material, with said rings fitted apart into a bushing of stainless steel or titanium, forming a rinsing chamber (36,37) and being at the same time) externally (33,35) sealed.
12. Pressure pump set-up according to one of the above claims, configured as high pressure pump set-up whereby the displacement pistons (17,18) are reciprocating in the block/disk-type pumping units (4,5).
13. **An assembly method** for a serial-type high pressure pump set-up of chemically inert material, particularly sapphire, according to one of the above claims, in which:
- (a) in a stack build-up space of a housing body (99) a variety of functional units (4,5,6,7) is arranged as a stack (3) with the staple axis (27) perpendicularly to the axes (28,29) of the displacement pistons (17,18) of the pumping units (4,5) is arranged radially fixed; and,
 (b) the radially fixed staple of functional sub-units (4 to 7) is pre-loaded in direction of the
- stack axis (2) by means of a clamping device (2), directly sealing the functional sub-units to each other by virtue of congruent shape.
14. Pressure pump set-up according to one of the claims 1 to 12, in combination with a pre-loading device for the piston guide, which includes:
- (a) an elongated trunk (70), at which end a holding screw (70) gripping (72a);
 (b) and, as arranged transversely to the elongated trunk, a protruding fork (71;71a,71b), which is located at the other end of the trunk;
 (c) wherein two supporting buttresses (73a, 74a) are provided at the elongated trunk (70), spaced apart from each other.
15. **High Performance Analysis System** comprising a serial pumping stack-type build-up according to one of the claims from 1 to 12 and a directly bordering substance analysis stack-type build-up (100,200,300), whereby
- (a) a bleeder valve / pressure sensor sub-unit (7) of the pumping stack-type build-up is directly followed by a sample injection sub-unit (100);
 (b) a multi channel separation column (200) for High Performance Liquid Chromatography (HPLC), with the column particularly having a meander or coil shape (201) attached to a sample injection sub-unit;
 (c) a multi channel separation column (200) is followed by a detector cell functional sub-unit.
16. Analysis system according to claim 15, **in which:** the sample injection functional sub-unit (100), the multi channel HPLC separation column functional sub-unit (200) and the detector cell functional sub-unit (300) are joined together to a compact analysis device stack-type set-up (without any intermediary connecting tube lines).
17. Analysis system according to one of the claims 15 or 16, **in which** in the pumping stack-type build-up (4,5,6,7) a low pressure side gradient functional sub-unit (6) precedes an eluent delivery functional unit (5).
18. Pressure pump set-up according to claim 1 to 12 or 14, featuring a miniaturised drive unit, characterised in that,
- (a) a rotating cam (50) that is arranged in mechanical contact with a first side arm (51b) of a Z-shaped drive piston (51a) by means of a roller (55);
 (b) the first side arm (51b) being slidably guided by means of at least one bearing each (52a,

52b) on two fixed guiding rods (52a,52b);
 (c) the first side arm (51b) having a rigidly mechanical connection with the second side arm (51a), with the second side arm being essentially in parallel with the first side arm (51b), and with the second side arm having a free end in contact specifically with a rounded external end of one of the displacement pistons (17,18).

Revendications

1. Configuration d'une pompe foulante à deux pistons (1) en construction miniaturisée, permettant d'obtenir un débit massique constant et continu

(a) avec - par rapport au flux massique - deux corps de pompe (4,18,26;5,17,25) engagés en série et avec un clapet anti-retour disposé du côté aspirant et du côté refoulant (40,41,43), orientés parallèlement à un axe (27);
 (b) avec plusieurs éléments de construction en forme de plaques (4,5,6,7), parmi lesquels deux éléments de construction (4,5) présentent, en tant que corps de pompe, une cavité de refoulement (25,26) à orientation transversale relative à l'axe (27), permettant le logement dans chacune des cavités d'un piston de poussée appairé à déplacement linéaire (17,18), ainsi que des perçages d'écoulements affluent et effluent (42,44) à orientation parallèle à l'axe (27);

et caractérisé en ce que

(c1) plusieurs éléments de construction en forme de plaques (4,5,6,7) sont calés les uns contre les autres sous forme d'une pile (3) dans la direction de l'axe, l'axe constituant l'axe d'empilement (27); et
 (c2) les clapets anti-retour sont chacun logés sous forme de cartouches (40,41,43) directement dans les corps de pompe (4,5).

2. Configuration d'une pompe foulante conformément à la revendication 1, dans laquelle à chacun des deux corps de pompe (4,18,26;5,17,25) est associé l'un des deux clapets anti-retour (40,41,43) nécessaires.
3. Configuration d'une pompe foulante conformément à la revendication 1 ou 2, dans laquelle le siège des clapets anti-retour (40,41,43) forme une partie intégrante de la cavité de refoulement (25,26) en tant qu'arrêt et guidage de la bille du clapet.
4. Configuration d'une pompe foulante conformément à l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle dans

la pile (3) les deux éléments de construction en forme de plaques (4,5), présentant les cavités de refoulement (25,26), sont confinés dans un assemblage de type sandwich entre deux éléments de construction en forme de plaques (6,7) supplémentaires et nécessaires à la constitution d'un système de refoulement complet, auxquels sont associés aspiration et refoulement (13,14;11,12), desquels en particulier

(a) le côté aspiration (6,13,14,8,8a) comporte une fonction de clapet - telle qu'une vanne de dérivation et de blocage ou plusieurs vannes à tiroir pour l'obtention de gradients basse pression en amont de la pompe; et
 (b) le côté refoulement (7,10,11,12) comporte une fonction de mesure de pression (10) et une fonction de vanne de purge (12).

5. Configuration d'une pompe foulante conformément à la revendication 4, dans laquelle l'élément de construction en forme de plaque (6) logé du côté aspiration présente un perçage d'aspiration (41a) parallèle à l'axe d'empilement (27), ce perçage débouchant dans un canal de distribution (8a) d'une vanne rotative (8,9), associée à l'une des extrémités de la pile et qui, en fonction de sa position de commutation, établit une liaison entre le perçage d'aspiration (41a) et l'un ou aucun des perçages d'alimentation coudés (39) répartis en circonférence et indépendants les uns des autres et logés dans le même élément de construction en forme de plaque (6).

6. Configuration d'une pompe foulante conformément à l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle

(a) est logé entre deux des éléments de construction en forme de plaques (4,5,6,7) - de façon interchangeable en particulier - une cartouche-clapet resp. une cartouche pleine (80,81;82), qui en tant que cartouche-clapet contient un ou deux clapets anti-retour;
 (b) une partie - en particulier la moitié - de la cartouche-clapet ou d'une cartouche pleine (80,81;82) est ajustée dans chacun des deux éléments de construction en forme de plaques (4,5;5,6;6,7) adjacents, de manière à établir la connexion de l'écoulement et à obtenir le centrage des deux éléments de construction en forme de plaques adjacents par le biais des cartouches (80,81;82).

7. Configuration d'une pompe foulante conformément à la revendication 4, 5 ou 6, dans laquelle

(a) l'élément de construction en forme de plaque (7) logé du côté refoulement présente un

- perçage de refoulement (24) parallèle à l'axe d'empilement (27), ce perçage débouchant sur la face dans une cavité pressurisée (45) devant un capteur de pression (10) raccordé contre la face de la pile (3); et 5
- (b) le perçage de refoulement (24) possède une bifurcation latérale appairée à l'élément de vis d'une vanne de purge; et
- (c) un perçage coudé (46) est prévu du côté opposé pour la conduite de l'écoulement du flux pressurisé. 10
- 8.** Configuration d'une pompe foulante conformément à l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle tous les perçages (38,42,43a,44,24) parallèles à l'axe d'empilement (27) sont alignés avec les tous les éléments de construction en forme de plaques (4,5,6,7). 15
- 9.** Configuration d'une pompe foulante conformément à l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle tous les éléments de construction (4 à 7) faisant partie de la pile (3) sont disposés entre les bras (2a;2b) d'un joug (2) ou logés dans l'alésage du corps d'un bloc (99) et calés les uns contre les autres au moyen d'une vis de pression, de manière à obtenir l'étanchéité au fluide à l'aide de garnitures de bride en particulier. 20 25
- 10.** Configuration d'une pompe foulante conformément à l'une des revendications précédentes, dans laquelle les éléments de construction en forme de plaques (4,5), présentant les cavités de refoulement (25,26), présentent chacun un plat d'extension circonférentielle (35,38) permettant l'adjonction d'une douille de guidage de piston (15,16). 30 35
- 11.** Configuration d'une pompe foulante conformément à la revendication 10, dans laquelle la douille de guidage de piston (15,16) présente, logées dans une douille (30) en acier inoxydable ou en titane et configurées avec un écart axial, deux bagues de guidage de piston (31,32) en matériau céramique délimitant une cavité de rinçage (36,37) et rendues étanches (33,35) sur la face extérieure. 40 45
- 12.** Configuration d'une pompe foulante conformément à l'une des revendications précédentes, réalisée en la configuration d'une pompe à haute pression, dans laquelle les pistons de poussée (17,18) peuvent osciller en tant que pistons de transvasement dans les corps de pompe en forme de plaques (4,5). 50
- 13.** Procédé de montage pour une configuration en série d'une pompe à haute pression composée d'un matériau chimiquement inerte - en particulier de saphir - conformément à l'une des revendications précédentes, dans lequel 55
- (a) dans une cavité d'empilement d'un corps de boîtier (99) plusieurs unités fonctionnelles (4,5,6,7) sont fixées radialement de manière indisloquable en se présentant sous la forme d'une pile (3) le long d'un axe d'empilement (27) orienté selon une direction perpendiculaire aux axes (28,29) des pistons de poussée (17,18) des corps de pompe (4,5); et
- (b) la pile d'unités fonctionnelles (4 à 7) fixée radialement est bridée de manière à obtenir directement l'étanchéité et un couplage mécanique au moyen d'un dispositif de serrage (2) agissant en direction de l'axe d'empilement (27).
- 14.** Configuration d'une pompe foulante conformément à l'une des revendications 1 à 12, en combinaison avec un dispositif de fermeture à serrage pour douilles de guidage de piston, comportant :
- (a) un corps allongé (70), dans lequel à l'une des extrémités est engagée (72a) une vis de tension (72b);
- (b) une fourche (71;71a,71b) - dépassant transversalement par rapport à l'axe du corps allongé - qui est rattachée à l'autre extrémité du corps (70);
- (c) deux paliers d'appui (73a,74a), qui sont prévus sur le corps (70) et qui sont décalés l'un par rapport à l'autre.
- 15.** Système d'analyse par chromatographie liquide haute performance, composé de la configuration d'une pompe foulante à deux pistons conformément à l'une des revendications 1 à 12 et d'une pile d'évaluation (100,200,300) directement adjacente, dans laquelle
- (a) une unité fonctionnelle combinée du type vanne de purge / capteur de pression (7) est suivie directement d'une unité fonctionnelle du type vanne d'échantillonnage (100) de la pile d'évaluation;
- (b) l'unité fonctionnelle du type vanne d'échantillonnage (100) est raccordée à une colonne de séparation à faisceau de canaux (200) pour la chromatographie liquide haute performance (CLHP), en particulier avec des formes de méandres ou d'enroulements de la colonne de séparation (201);
- (c) la colonne de séparation à faisceau de canaux (200) est suivie d'une unité fonctionnelle du type cellule de détection (300).
- 16.** Système d'analyse conformément à la revendication 15, dans lequel l'unité fonctionnelle du type vanne d'échantillonnage (100), l'unité fonctionnelle du type colonne de séparation à faisceau de canaux

(200) et l'unité fonctionnelle du type cellule de détection (300) sont maintenues ensemble et de manière adjacente en l'absence respective d'une conduite les reliant, en formant une pile compacte comportant le dispositif d'analyse (100,200,300).

5

17. Système d'analyse conformément à l'une des revendications 15 ou 16, dans lequel dans la pile de pompe (4,5,6,7) une unité fonctionnelle de formation de gradient basse pression (6) précède l'unité fonctionnelle de transvasement (5) de l'éluant.

10

18. Configuration d'une pompe foulante conformément à l'une des revendications 1 à 12 ou 14, avec un bloc d'entraînement à faible encombrement, et caractérisé en ce que

15

(a) une came rotative (50) est en contact mécanique par le biais d'un galet (55) avec un premier bras (51b) d'un piston d'entraînement en forme de Z (51a);

20

(b) le premier bras (51b) est guidé longitudinalement par le biais d'au moins un palier (52a, 52b) sur deux tiges de guidage fixes (52a,52b);

(c) le premier bras (51b) présente une liaison mécaniquement rigide avec un second bras (51a), qui a une orientation essentiellement parallèle au premier bras (51b) et qui est en contact mécanique avec l'extrémité extérieure - en particulier l'extrémité extérieure bombée - de l'un des pistons de poussée (17,18).

25

30

35

40

45

50

55

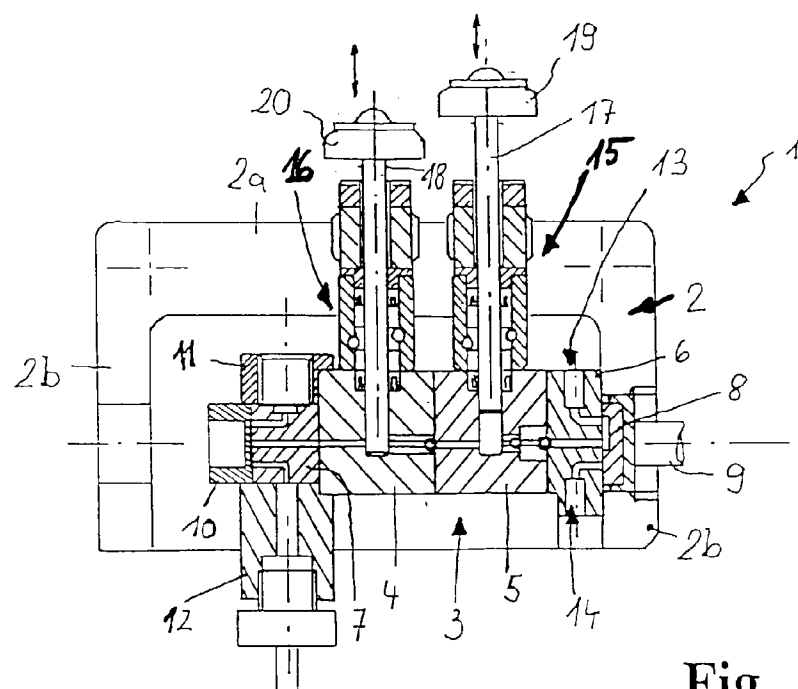


Fig. 1

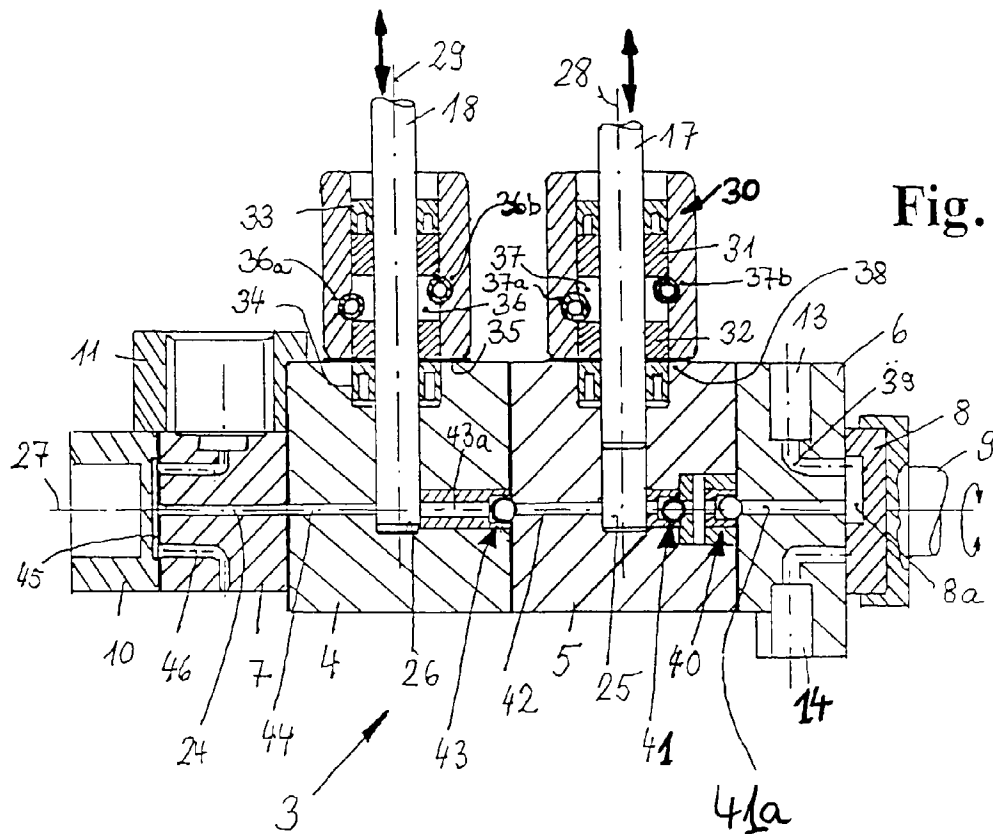
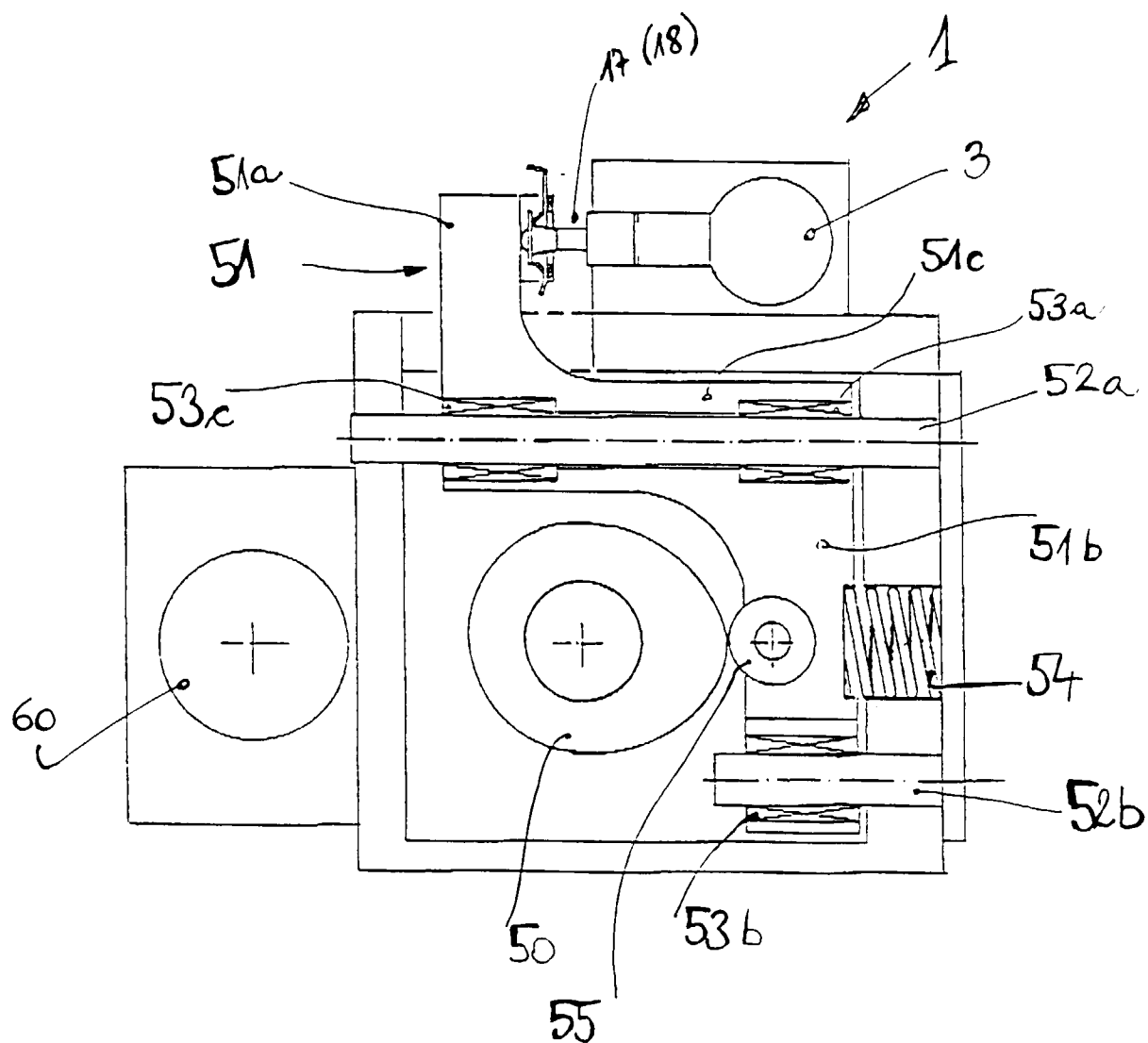
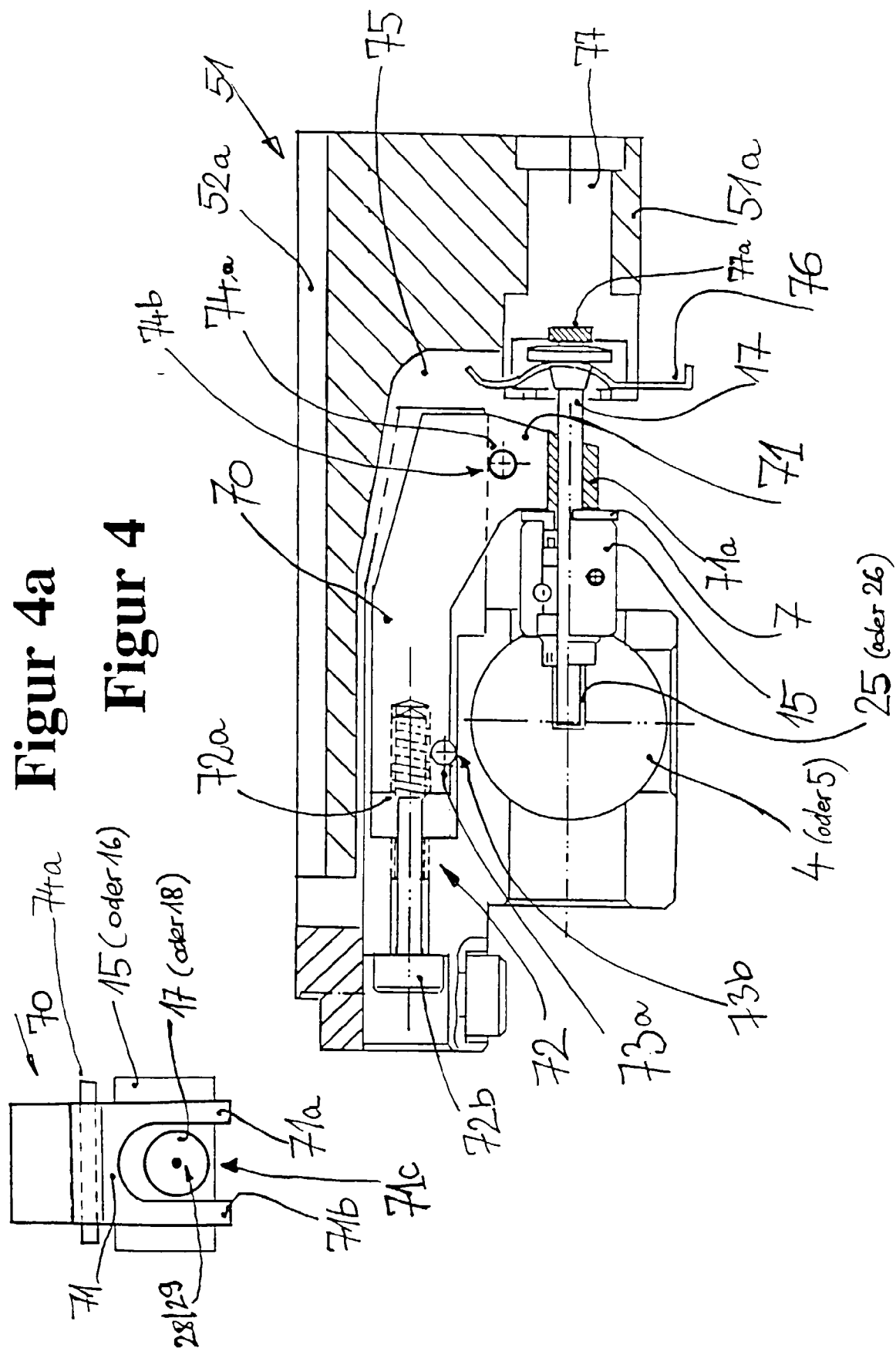
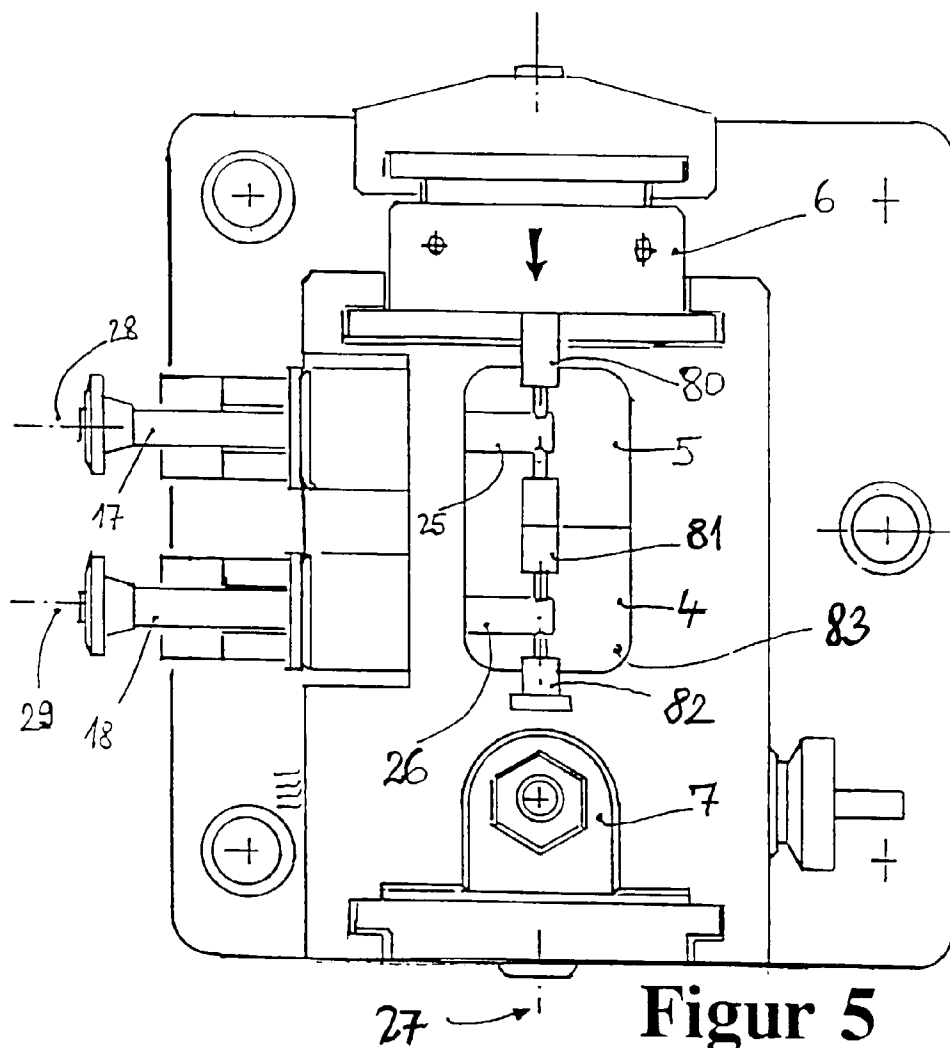


Fig. 2

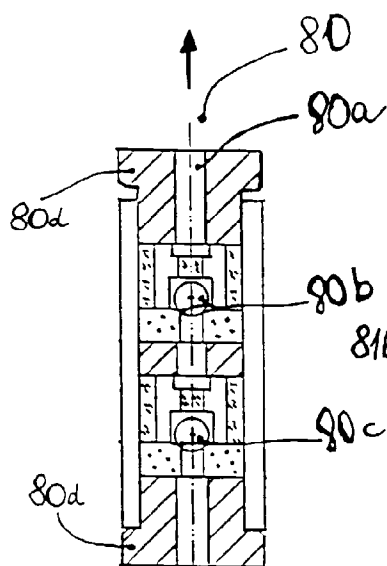
Fig. 3



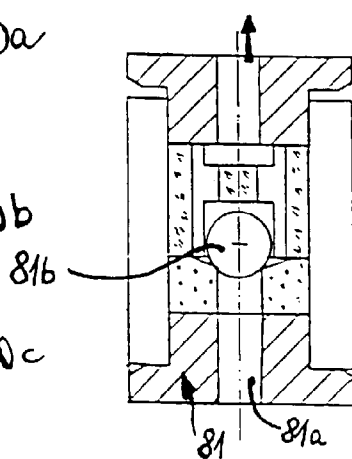




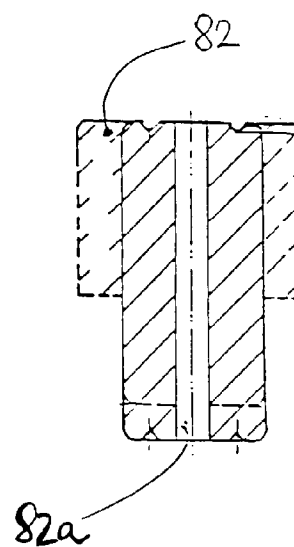
Figur 5



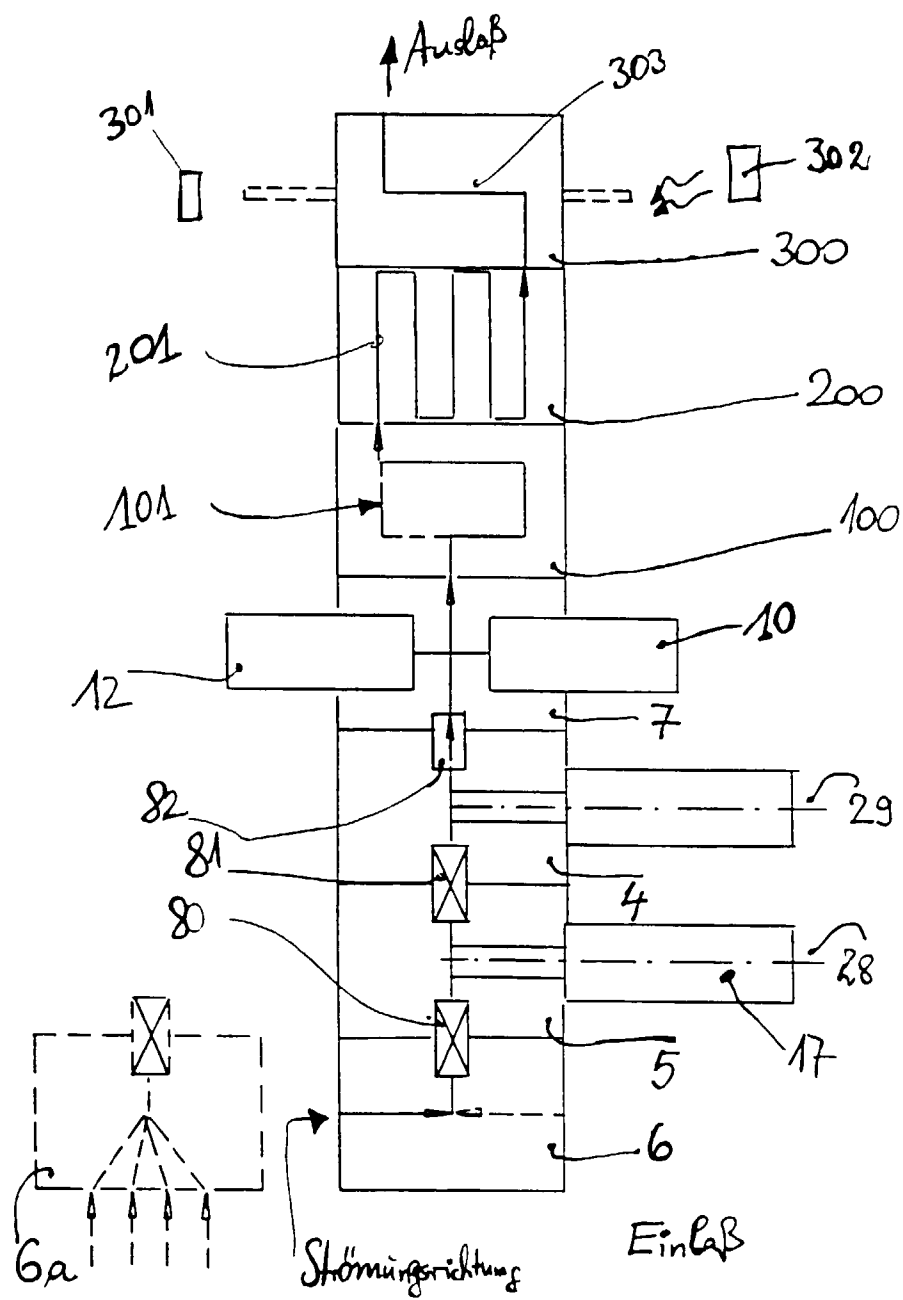
Figur 5a



Figur 5b



Figur 5c



Figur 6

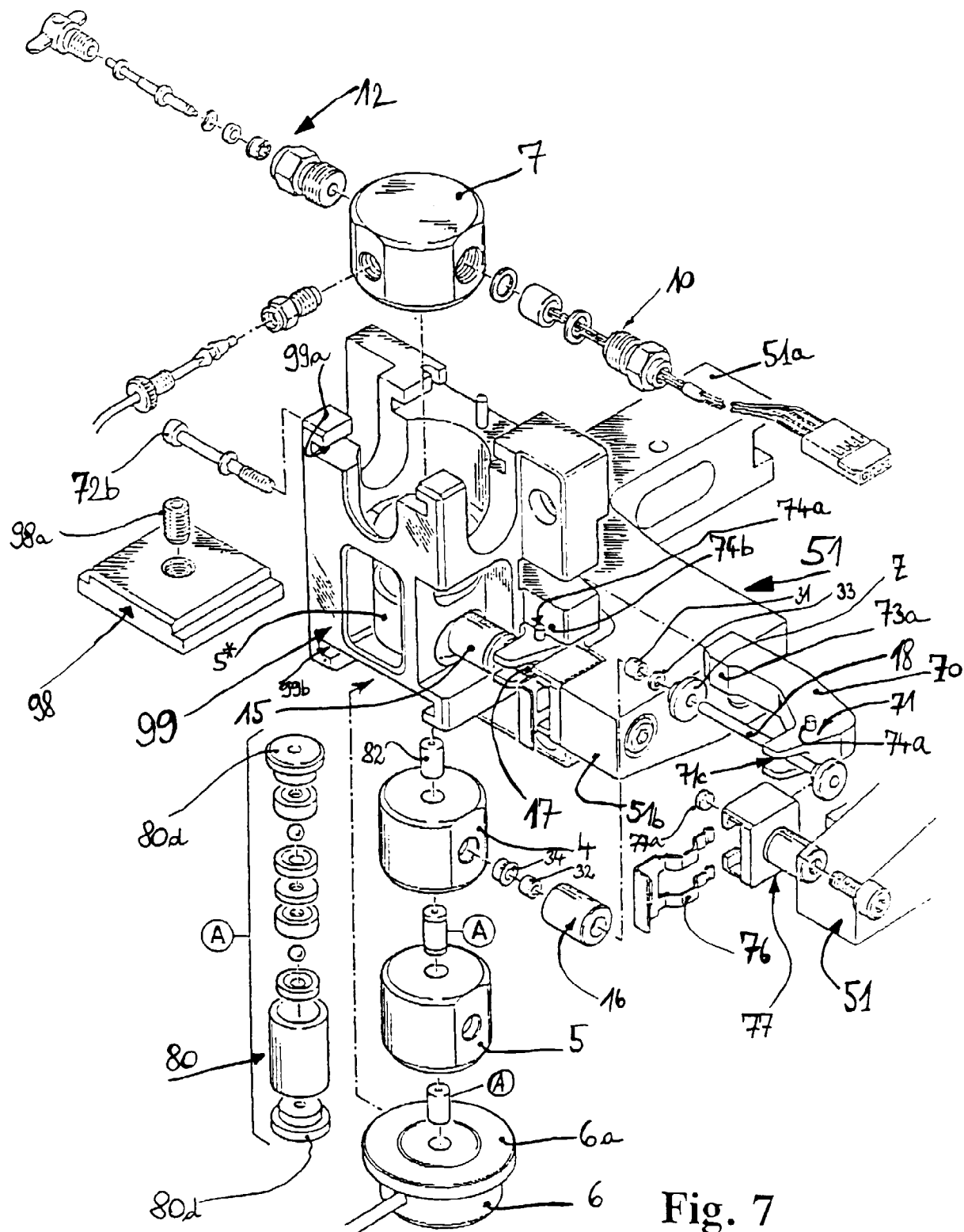


Fig. 7