(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
16. Juni 2011 (16.06.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/070019 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01B 13/06 (2006.01) *F04B 1/04* (2006.01)
F04B 1/107 (2006.01) *F03C 1/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/069078

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Dezember 2010 (07.12.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 054 548.4
11. Dezember 2009 (11.12.2009) DE

(72) Erfinder; und
(71) Anmelder : **BERBUER, Jürgen** [DE/DE]; Nervierstraße 24, 52074 Aachen (DE).

(74) Anwalt: **BAUER, Dirk**; Grüner Weg 1, 52070 Aachen (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, RO, RS, RU, 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, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) **Title**: HYDROSTATIC RADIAL PISTON MACHINE

(54) **Bezeichnung** : HYDROSTATISCHE RADIALKOLBENMASCHINE

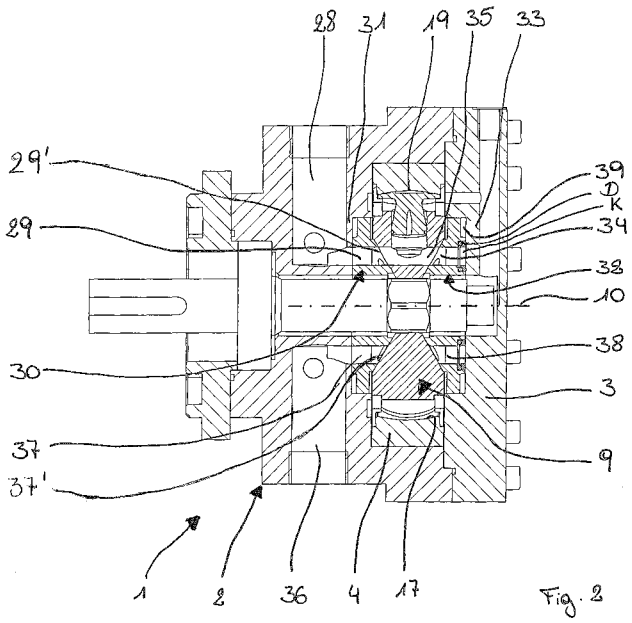


Fig. 2

(57) **Abstract**: A hydrostatic radial piston machine has: a radial cylinder piston block (9) with cylinder bores (11) which emanate from an outer circumferential surface of the radial cylinder piston block, extend into the interior of the latter and are arranged distributed over the circumference thereof; a number of pistons (13) which corresponds to the number of cylinder bores; a cam ring (4) which is arranged eccentrically with respect to the radial cylinder piston block, surrounds the radial cylinder piston block circumferentially and on the inner circumferential surface (17) of which ends of the pistons which face away from the radial cylinder piston block are supported movably during the rotational movement of the radial cylinder piston block; and two control plate bodies (30, 32) which extend in each case with an end surface which faces the radial cylinder piston block towards a centre plane of the radial cylinder piston block, which centre plane is perpendicular with respect to the rotational axis, beyond a plane which is defined by an end surface, facing the respective control plate body, of the radial cylinder piston block at its point with the greatest axial width. Each control plate body has a bearing region, in which radially acting forces can be transmitted to a respective mating surface in the housing (2) or a housing cover (3) mounted in the latter.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/070019 A1

Hydrostatische Radialkolbenmaschine hat: einen Zylinderstern (9) mit Zylinderbohrungen (11), die sich von einer äusseren Mantelfläche des Zylindersterns ausgehen, in dessen Inners hinein erstrecken und über dessen Umfang verteilt angeordnet sind; eine der Anzahl der Zylinderbohrungen entsprechenden Anzahl von Kolben (13); einen exzentrisch zu dem Zylinderstern angeordneten Hubring (4), der den Zylinderstern umlaufend umgibt und an dessen innerer Mantelfläche (17) sich dem Zylinderstern abgewandte Enden der Kolben während der Drehbewegung des Zylindersterns beweglich abstützen; und zwei Steuerspiegelkörpern (30, 32), die sich jeweils mit einer dem Zylinderstern zugewandten Stirnfläche auf eine zu der Drehachse senkrechte Mittelebene des Zylindersterns zu über eine Ebene hinaus erstrecken, die von einer dem jeweiligen Steuerspiegelkörper zugewandten Stirnfläche des Zylindersterns an dessen Stelle mit der grössten axialen Breite definiert ist. Jeder Steuerspiegelkörper weist einen Lagerbereich auf, in dem radial wirkende Kräfte auf eine jeweilige Gegenfläche in dem Gehäuse (2) oder einem darin gelagerten Gehäusedeckel (3) übertragbar sind.

Hydrostatische Radialkolbenmaschine

Beschreibung

Einleitung

Die Erfindung betrifft eine hydrostatische Radialkolbenmaschine mit

- einem Gehäuse,
- einem um eine Drehachse drehbar in dem Gehäuse gelagerten Zylinderstern, der eine Anzahl von Bohrungen besitzt, die sich ausgehend von einer äußeren Mantelfläche des Zylindersterns in dessen Inneres hinein erstrecken und über dessen Umfang verteilt angeordnet sind,
- einer der Anzahl der Bohrungen entsprechenden Anzahl von Kolben, die in den Bohrungen verschiebbar angeordnet sind und jeweils zusammen mit der zugeordneten Bohrung einen Arbeitsraum für ein Hydraulikfluid begrenzen,
- einem exzentrisch zu dem Zylinderstern angeordneten Hubring, der den Zylinderstern umlaufend umgibt und an dessen innerer Mantelfläche sich dem Zylinderstern abgewandte Enden der Kolben während der Drehbewegung des Zylindersterns beweglich abstützen,
- zwei Steuerspiegelkörpern, die insgesamt mindestes zwei Steuerquerschnitte aufweisen, von denen mindestens einer mit dem Einlasskanal und mindestens ein anderer mit dem Auslasskanal in Verbindung steht, wobei beide Steuerspiegelkörper sich jeweils mit einer dem Zylinderstern zugewandten Stirnfläche auf eine zu der Drehachse senkrechte Mittelebene des Zylindersterns zu über eine Ebene hinaus erstrecken, die von einer dem jeweiligen Steuerspiegelkörper zugewandten Stirnfläche des Zylindersterns an dessen Stelle mit der größten axialen Breite definiert ist,
- einer der Anzahl der Bohrungen des Zylindersterns entsprechenden Anzahl von in letzterem angeordnetem Durchlasskanälen, die – je nach Drehstellung des Zylindersterns in dem Hubring – jeweils einen Arbeitsraum mit einem mit dem Einlasskanal korrespondierenden Steuerquerschnitt oder mit einem mit dem Auslasska-

nal korrespondierenden Steuerquerschnitt verbinden oder von einer an dem Steuerspiegelkörper befindlichen Verschlussfläche verschließbar sind.

Stand der Technik

Radialkolbenmaschinen, d.h. Radialkolbenpumpen und Radialkolbenmotoren, lassen sich unter anderem danach unterteilen, auf welche Weise das Hydraulikfluid den Arbeitsräumen im Zylinderstern zugeführt wird. Aus der EP-A-0 401 408 ist es bekannt, dass die Zufuhr und Abfuhr des Hydraulikfluids über einen stillstehenden, d.h. mit dem Gehäuse verbundenen so genannten Steuerzapfen erfolgt. Nachteile dieser sehr weit verbreiteten Bauart bestehen darin, dass sich innerhalb des Steuerzapfens lediglich vergleichsweise enge Strömungskanäle (Einlass- und Auslasskanal) realisieren lassen und dass aufgrund der axial aus dem Steuerzapfen herausgeführten Strömungskanäle die mechanische Biegebelastung des Steuerzapfens recht hoch ist. Als Vorteil dieser bekannten Bauweise lässt sich anführen, dass das Lager einer Antriebs- bzw. Abtriebswelle kaum belastet ist. Probleme bereitet hingegen die Passung zwischen der äußeren Mantelfläche des Steuerzapfens und der inneren Mantelfläche des rotierenden Zylindersterns. Dort ist konstruktionsbedingt kein Nullspalt möglich, wobei die Leckage in dritter Potenz mit dem Laufspiel ansteigt, woraus sich insbesondere bei fortschreitendem Verschleiß größere Leckageraten ergeben. Darüber hinaus ist das vorbekannte Prinzip der Steuerzapfen-Zylinderstern-Passung empfindlich bei mit Schmutzpartikeln verunreinigten Hydraulikfluiden sowie bei Temperatursprüngen.

Ein alternatives Prinzip der Zufuhr/Abfuhr des Hydraulikfluids zum/vom Zylinderstern ist aus den Druckschriften DE-A-1 812 635, DE-A-24 52 092, DE-A-41 23 674 und DE-A- 41 23 675 bekannt. Bei der in diesen Druckschriften offenbarten Bauweise befindet sich der Steuerspiegelkörper, der auch einstückig mit dem Gehäuse ausgeführt sein kann, axial neben dem Zylinderstern. Als problematisch sind bei dieser Bauweise die großen in axiale Richtung wirkenden Kräfte und deren dauerhafte verschleißarme Abstützung anzusehen. Außerdem wirken die radialen Reaktionskräfte aus dem hydraulischen Druck auf die Welle und müssen von der Wellenlagerung aufgenommen werden.

Eine Radialkolbenmaschine der eingangs beschriebenen Art ist beispielsweise aus der US-A-3,951,044 bekannt. Die darin offenbarte Maschine besitzt zwei auf gegenüber liegenden Seiten des Zylindersterns angeordnete Steuerspiegelkörper, die auf der jeweils dem Zylinderstern zugewandten Seite eine sphärische Gestalt besitzen, die mit einer analog kalottenförmigen Gestalt der gegenüber liegenden Seitenflächen des Zylindersterns zusammenwirkt (s.

insbesondere die dortige Figur 4). Um im Betrieb der Maschine ein Klemmen sowie Reibung zwischen den Steuerspiegelkörpern und dem Zylinderstern zu vermeiden, ist bei der bekannten Maschine mindestens ein Steuerspiegelkörper begrenzt in alle Richtungen, d.h. sowohl in axialer als auch in radialer Richtung, beweglich. Dies hat zur Folge, dass die mit dem Zylinderstern verbundene rotierende Welle die im Betrieb aufgrund der Hydraulikdrücke entstehenden radialen Kräfte aufnehmen muss. Dies wiederum führt zu einem erhöhten Bauaufwand bei der Welle und deren Lagerung sowie zu potenziellem Verschleiß.

Dasselbe Prinzip, mögliche Fluchtungsfehler in der Passung zwischen dem Zylinderstern und dem oder den Steuerspiegelkörper(n) durch die Möglichkeit einer radialen Verlagerung mindestens eines Steuerspiegelkörpers zu vermeiden, liegt auch den Maschinen gemäß der DE-A-1 776 238 sowie der US-A-3,122,104 zugrunde. Bei der keinen exzentrisch angeordneten sondern einen elliptisch gestalteten Hubring aufweisenden doppelhubigen Maschine (zwei Kolbenhübe pro Umdrehung) gemäß der US-A-3,122,104 resultiert hieraus aufgrund der Symmetrie und der sich gegenseitig aufhebenden radialen Kräfte kein Problem. Bei einhubigen Maschinen mit extrentrischem Hubring führt das bekannte Prinzip jedoch zu erheblicher Reibung und großen Anforderungen an die Wellenlagerung. Aus diesem Grunde haben die Lösungen gemäß den drei vorstehend genannten älteren Druckschriften in der Praxis keinen Eingang gefunden.

Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Radialkolbenmaschine vorzuschlagen, bei der die hydraulischen Kräfte vollständig hydrostatisch entlastet und stabil abgestützt werden können.

Lösung

Ausgehend von einer Radialkolbenmaschine der eingangs beschriebenen Art wird die zugrunde liegende Aufgabe dadurch gelöst, dass jeder Steuerspiegelkörper einen Lagerbereich aufweist, in dem radial wirkende Kräfte auf eine jeweilige Gegenfläche in dem Gehäuse oder einen darin gelagerten Gehäusedeckel übertragbar sind.

Unter einem Steuerspiegelkörper im Sinne der vorliegenden Erfindung kann sowohl ein im Vergleich mit dem Gehäuse separates Bauteil verstanden werden, als auch eine integral mit dem Gehäuse bzw. einem Gehäusedeckel verbundene Ausführung. Ein Steuerspiegelkörper

muss dabei nicht von dem Hydraulikfluid durchströmt sein, was dann der Fall sein kann, wenn sich in einem einzigen Steuerspiegelkörper beide Steuerquerschnitte, d.h. sowohl für die Zufuhr als auch die Abfuhr des Hydraulikfluids von den Zylinderräumen befinden, wohingegen der andere Steuerspiegelkörper keinerlei Funktion in Bezug auf die Fluidversorgung des Zylindersterns erfüllt. Der Begriff Steuerspiegelkörper ist im vorliegenden Sinn somit geometrisch und mechanisch zu verstehen und nicht zwingend in Bezug auf eine Durchströmung mit Hydraulikfluid. Maßgeblich ist ein Angrenzen an den Zylinderstern in axiale Richtung betrachtet.

Nach der Erfindung liegt – in axiale Richtung betrachtet – nicht nur ein Eingreifen der beiden Steuerspiegelkörper in den Zylinderstern vor, sondern auch eine Ableitung der Radialkräfte über die Steuerspiegelkörper. In einem Axialschnitt der beiden vorgenannten Bauteile überlappen sich diese somit, wobei die Steuerspiegelkörper in einem radial weiter innen liegenden Bereich in Richtung auf die axiale Mitte des Zylindersterns vorstehen, wodurch ein radial weiter außen liegender Bereich des Zylindersterns die beiden Steuerspiegelkörper quasi überdeckt. Aufgrund der erfindungsgemäßen Lagerung der Steuerspiegelkörper ist eine vollständige hydrostatische Entlastung der im Betrieb auftretenden hydraulischen Kräfte sowie eine stabile Abstützung derselben über das Gehäuse bzw. den Gehäusedeckel, möglich. Aufgrund der symmetrischen Anordnung der beiden Steuerspiegelkörper in Bezug auf eine Mittelebene des Zylindersterns lassen sich die in radiale Richtung wirkenden hydraulischen Kräfte in den Bereichen der sich gegenüber liegenden Steuerspiegelkörper, in denen diese in den Zylinderstern hineinragen, zunächst durch schräg zur Drehachse verlaufende und entgegen gesetzte Kräfte abfangen. Jeder sich in den Zylinderstern hinein erstreckende Steuerspiegelkörper erfüllt somit – bildlich gesprochen und in einer Axialschnitt-Betrachtung – die Funktion eines aus der Architektur bekannten "Kragsteins", wohingegen jeweils der Bereich des Zylindersterns, in dem die Breite – bei radialer Betrachtung nach außen – zunimmt als eine Art "Schlussstein" fungiert, der radiale Druckkräfte in ein Paar entgegengesetzt schräggerichteter Kräfte umsetzt, deren radiale Komponente wiederum jeweils von den gegenüber liegenden Steuerspiegelkörpern in die diese lagernden Gehäuse bzw. Gehäusedeckel abgeleitet werden.

Im Gegensatz hierzu sind die Steuerspiegelkörper bei radial verlaufender Trennungsebene im Bereich der Steuerquerschnitte, d.h. im Bereich der Schnittstelle zwischen Steuerspiegelkörper und Zylinderstern, scheibenförmig aufgebaut und besitzen ausschließlich senkrecht zur Drehachse verlaufende Stirnflächen. Aufgrund dieser Bauform ist eine Abstützung im Betrieb auftretender radialer Kräfte über die Steuerspiegelkörper unmöglich. Dasselbe gilt für sphäri-

sche oder kegelige/konische Steuerspiegelkörper, die aber mangels entsprechender Lagerung keine radialen Kräfte auf das Gehäuse oder dessen Deckel übertragen können. Hier schafft die Erfindung durch das Ineinandereingreifen von Zylinderstern und Steuerspiegelkörper und deren Lagerung in dem Gehäuse bzw. Gehäusedeckel, Abhilfe, was zu einer besonders hohen Druckbelastbarkeit der erfindungsgemäßen Radialkolbenmaschine führt. Als weiterer Vorteil der Erfindung ist die große Robustheit der Maschine bei Druckstößen und Schwingungen anzusehen, da ein geschlossener Kraftfluss unter Einbeziehung des typischerweise sehr steifen Maschinengehäuses erfolgt, woraus wiederum eine geringe Geräuschabstrahlung resultiert. Aufgrund der vollständigen hydrostatischen Entlastung der hydraulischen Kräfte eignet sich die erfindungsgemäße Maschine auch für schlecht schmierende Medien, d.h. insbesondere auch für den Einsatz in der so genannten "Wasserhydraulik".

Vorzugsweise besitzt der Zylinderstern mindestens einen Stützbereich, in dem die axiale Breite kleiner ist als in einem sich in radiale Richtung an den Stützbereich nach außen hin anschließenden Freilaufbereich, wobei sich vorzugsweise in dem Stützbereich mindestens ein Steuerquerschnitt des Steuerspiegelkörpers befindet. Weiter vorzugsweise besitzt mindestens ein Steuerspiegelkörper einen mit dem Stützbereich des Zylindersterns korrespondierenden Stützbereich und einen sich in radiale Richtung nach außen hin an den Stützbereich anschließenden und/oder in axiale Richtung betrachtet dem Stützbereich abgewandten Lagerbereich. In dem Lagerbereich ist der jeweilige Steuerspiegelkörper in einem Gehäuse bzw. Gehäusedeckel aufgenommen, so dass die vom Zylinderstern in den Steuerspiegelkörper eingeleiteten Kräfte weiter in das Gehäuse bzw. den Gehäusedeckel abgeleitet werden können.

Eine in mechanischer Hinsicht besonders robuste Konstruktion der erfindungsgemäßen Radialkolbenmaschine wird erzielt, wenn der Stützbereich sich vorzugsweise ausgehend von einem zentralen Drehmoment-Kopplungsbereich (z.B. in Form einer Vielzahn-Bohrung oder eines Wellenzapfens) in radiale Richtung bis zu einem Durchmesser erstreckt, der ungefähr 60 % bis 90 %, vorzugsweise 70 % bis 80 %, des maximalen Durchmessers des Zylindersterns beträgt.

Eine besonders günstige Geometrie des Steuerspiegelkörpers liegt vor, wenn dieser eine kegelförmige, kegelringförmige oder konvex, insbesondere sphärisch, gewölbte Gestalt besitzt, wobei vorzugsweise der Stützbereich kegelförmig, kegelringförmig oder konvex, insbesondere sphärisch, gewölbt gestaltet ist. Der sich in axiale Richtung anschließende Lagerbereich, der einen größeren Durchmesser als der Stützbereich besitzen kann, weist sodann vorzugsweise

eine zylindrische Form auf, woraus sich eine besonders einfache Lagerung in dem Gehäuse bzw. dem Gehäusedeckel ergibt.

Bei kegelförmigem oder kegelringförmigem Steuerspiegelkörper sollte der Kegelwinkel zwischen 90° und 150°, vorzugsweise zwischen 110° und 130° und weiter vorzugsweise 120° betragen, da sich hieraus ein gleichwinkliges Kräftedreieck mit einem Winkel zwischen der radial wirkenden Druckkraft und den schräg gerichteten Stützkräften von jeweils 120° ergibt. Der im konkreten Fall jeweils optimale Kegelwinkel ergibt sich aus den jeweiligen Durchmessern am Beginn und am Ende des Kegelabschnitts sowie der Anzahl der über dem Umfang des Zylindersterns verteilten Arbeitsräume und lässt sich nach den bekannten Regeln der Hydraulik unter der Prämisse eines vollständigen hydraulischen Kräfteausgleichs bedarfsweise rechnerisch exakt bestimmen.

Die Erfindung weiter ausgestaltend wird vorgeschlagen, dass der Zylinderstern und mindestens ein Steuerspiegelkörper in axiale Richtung patrizen-matrizen-förmig ineinander greifen.

Wenn auf beiden Seiten des Zylindersterns jeweils ein Steuerspiegelkörper angeordnet ist, sollte einer davon mittels eines sich an einem Gehäuse oder einem Gehäusedeckel abstützenden Federelements, vorzugsweise einer Wellfeder, in Richtung auf den gegenüber liegenden Steuerspiegelkörper vorgespannt sein. Hierdurch wird eine axiale Spaltkompensation, d.h. Dichtheit, im Bereich der Trennungsebene zwischen dem Steuerspiegelkörper und dem Zylinderstern, insbesondere im Bereich der Steuerquerschnitte, erreicht.

Unabhängig davon, ob die Zufuhr bzw. Abfuhr des Hydraulikfluids zu bzw. von dem Zylinderstern über nur einen oder über zwei Steuerspiegelkörper erfolgt, ist es in fertigungstechnischer Hinsicht sinnvoll, dass Steuerkanäle zweier gegenüber liegender Steuerspiegelkörper und ein dazwischen angeordneter Durchlasskanal des Zylindersterns miteinander fluchten, vorzugsweise eine durchgehende zylindrische Bohrung mit konstantem Querschnitt bilden. Unter dem Aspekt einer stets anzustrebenden Gleichteilfertigung sind die Steuerkanäle in einem nicht zur Hydraulikfluid-Zufuhr bzw. -Abfuhr genutzten Steuerspiegelkörper unbenutzt, was jedoch in keiner Weise nachteilig ist.

Auch wenn es grundsätzlich möglich ist, die Kolben an den Kolbenköpfen mit einem separaten Dichtelement (Kolbenring o.ä.) zu versehen, ist es eine bevorzugte Variante, dass jeweils ein Kolbenkopf der Kolben im Längsschnitt becherförmig gestaltet ist und ohne Zwischenschaltung eines separaten Dichtungselements mit einem Becherrand dichtend an einer inne-

ren Mantelfläche der jeweiligen Bohrung des Zylindersterns anliegt, wobei die Kolben vorzugsweise aus Kunststoff bestehen und weiter vorzugsweise Kunststoff-Spritzgussteile sind. Der Becherrand besitzt dabei eine in axiale Richtung des Kolbens gesehene Tiefe und eine in radiale Richtung gesehene Dicke, die es sicherstellt, dass der Fluiddruck im Arbeitsraum unter Ausnutzung der Bauteilelastizität für eine hinreichende Flächenpressung zwischen Becherrand-Außenmantel und Bohrungsmantelfläche sorgt. Bei einer Herstellung derartiger Kolben als Kunststoff-Spritzgussteile aus einem Material mit hinreichender Festigkeit, niedrigem Reibwert in Verbindung mit dem Material des Zylindersterns und gleichzeitig guter Elastizität lassen sich die erfindungsgemäßen Kolben sehr preisgünstig herstellen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand zweier Ausführungsbeispiele einer hydrostatischen Radialkolbenmaschine, die in der Zeichnung dargestellt ist, näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1: Einen Querschnitt durch eine erste Ausführungsform einer Radialkolbenmaschine mit Kolben mit Kolbenringen,

Fig. 2: wie Figur 1, jedoch im Längsschnitt,

Fig. 2a: eine vergrößerte Ansicht des Zylindersterns und der Steuerspiegelkörper gemäß Figur 2,

Fig. 3: einen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform einer Radialkolbenmaschine mit Kolben in Becherform,

Fig. 4: wie Figur 3, jedoch im Längsschnitt und

Fig. 5: wie Figur 1, jedoch mit durch Pfeile veranschaulichten Kraftvektoren

Eine in den Figuren 1, 2 und 2a dargestellte Radialkolbenmaschine 1 umfasst ein Gehäuse 2, das - in axiale Richtung betrachtet - auf einer Seite mit einem Gehäusedeckel 3 fluiddicht verschlossen ist. In dem Gehäuse 2 ist ein Hubring 4 verschiebbar gelagert und zwar entlang

jeweils zweier Planflächen 5 und 6, die einerseits an einer inneren Mantelfläche 7 des Gehäuses 2 und andererseits an einer äußeren Mantelfläche 8 des Hubrings ausgebildet sind.

Darüber hinaus besitzt die Radialkolbenmaschine 1 einen Rotor in Form eines so genannten Zylindersterns 9, der um eine Drehachse 10 rotierbar ist. Der Zylinderstern 9 besitzt im vorliegenden Fall neun äquidistant über dessen Umfang verteilt angeordnete Bohrungen 11, die sich ausgehend von einer äußeren Mantelfläche 12 des Zylindersterns 9 radial in dessen Inneres hinein, d.h. auf die Drehachse 10 zu, erstrecken.

In jeder Bohrung 11 ist ein Kolben 13 verschiebbar angeordnet, wobei jeder Kolben 13 einen Kolbenkopf 14, mit dem er abgedichtet in der Bohrung 11 gelagert ist, und einen tellerförmigen Kolbenfuß 15 aufweist, mit dessen unterer Stirnfläche 16 der jeweilige Kolben 13 sich an einer sphärisch gekrümmten inneren Mantelfläche 17 des Hubrings 4 abstützt. Jeder Kolben 13 besitzt eine sich von dem Kolbenkopf 14 bis zu dem Kolbenfuß 15 erstreckende Durchgangsbohrung 18, die an der Stirnfläche 16 des Kolbenfußes 15 in einen Druckraum 19 mündet, der wiederum zu einer hydrostatischen Entlastung der Lagerung des Kolbenfußes 15 an dem Hubring 4 führt. In bekannter Weise besitzt jeder Kolben 13 im Bereich seines Kolbenkopfs 14 eine umlaufende Nut, in die ein Kolbenring 20 zu Abdichtungszwecken eingesetzt ist. Zwischen dem Kolbenkopf 14 und dem Kolbenfuß 15 befindet sich ein im Durchmesser reduzierter Kolbenhals, der - je nach Stellung des Kolbens 13 in der Bohrung 11 - ein Verkippen von Kolbenlängsachse zu der Bohrungslängsachse erlaubt.

Entsprechend dem bekannten Grundprinzip von Radialkolbenmaschinen sind die Drehachse 10 des Zylindersterns 9 und die Mittelachse des Hubrings 4 (die Mittelachse des Hubrings ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Zeichnung nicht dargestellt) exzentrisch zueinander angeordnet, wobei der (veränderliche) Betrag der Exzentrizität den Hub der Kolben 13 definiert. Während eines vollständigen Umlaufs des Zylindersterns 9 um die Drehachse 10 bewegen sich die Kolben 13 daher von einem oberen Totpunkt, an dem sie am tiefsten in die Bohrung 11 eingetaucht sind, zu einem unteren Totpunkt, an dem sie zusammen mit den Wandungen der Bohrung 11 einen dann maximal großen Arbeitsraum 22 begrenzen. Das Maß der Exzentrizität zwischen Zylinderstern 9 und Hubring 4 lässt sich im vorliegenden Fall mit Hilfe zweier hydraulischer Stellzylinder variieren, deren Zylinderbohrungen 23 und 24 sich an gegenüber liegenden Seiten des Gehäuses 2 befinden und jeweils mit einem axial in der Zylinderbohrung 23, 24 verschiebbar gelagerten becherförmigen Kolben 25, 26 versehen sind. Ausgehend von der in Figur 1 gezeigten Stellung, in der die Exzentrizität maximal ist, lässt

sich der Hubring 4 (parallel zu den Planflächen 5 und 6) um den Weg 27 nach rechts verschieben, wodurch die Exzentrizität und damit auch die Förderrate der Radialkolbenmaschine bis auf null reduziert wird.

In gleichfalls aus dem Stand der Technik bekannter Weise erfolgt die Förderung von Hydraulikfluid mit Hilfe der Radialkolbenmaschine - beispielhaft anhand einer Funktion als Radialkolbenpumpe verdeutlicht - in der Weise, dass Hydraulikfluid von einem in dem Gehäuse 2 befindlichen und an seinem radial innen liegenden Ende um 90° abgewinkelten Einlasskanal 28 in einen Steuerkanal 29 eines Steuerspiegelkörpers 30 strömt. Der Steuerspiegelkörper 30 befindet sich zwischen einer Gehäusewand 31 und dem Zylinderstern 9. Ein weiterer, im Wesentlichen baugleich gestalteter Steuerspiegelkörper 32 befindet sich auf der gegenüber liegenden Seite des Zylindersterns 9 und wird auf seiner dem Zylinderstern 9 abgewandten Seite von einer Gehäusewand 33 begrenzt. Bei beiden Steuerspiegelkörpern 30, 32 ist der jeweilige Steuerkanal 29, 34 in einer dem Zylinderstern 9 zugewandten Stirnfläche des Steuerspiegelkörpers 30, 32 kreissegmentförmig erweitert. Diese bekannte Bauform ermöglicht es, dass das Hydraulikfluid während einer sich über einen Winkelbereich von ca. 150° erstreckenden Saugphase aus dem Steuerkanal 29 über jeweils einen jeder Bohrung 11 in dem Zylinderstern 9 zugeordneten Durchlasskanal 35 in den jeweiligen Arbeitsraum 22 einströmt. Sobald ein Kolben 13 seinen unteren Totpunkt erreicht hat, endet die Strömungsverbindung zwischen dem dem Einlasskanal 28 zugeordneten Steuerkanal 29 und dem zugeordneten Durchlasskanal 35, wohingegen im nächsten Moment eine Verbindung zwischen dem ebenso wie der Steuerkanal 29 aufgebauten und einem Auslasskanal 36 zugeordneten weiteren Steuerkanal 37 auf der "Druckseite" des Steuerspiegelkörpers 30 bzw. der Radialkolbenmaschine 1 hergestellt wird. Die Querschnitte der Steuerkanäle 29, 37, die in den jeweiligen Trennungsebenen zwischen dem Steuerspiegelkörper 30 und dem Zylinderstern 9 angeordnet sind, werden als Steuerquerschnitte 29', 37' bezeichnet.

Infolge einer fortlaufenden Rotation des Zylindersterns 9 schiebt jeder Kolben 13 das in dem zugehörigen Arbeitsraum 22 befindliche Hydraulikfluid durch den jeder Bohrung 11 zugeordneten Durchlasskanal 35 und den gleichfalls rinnenförmig erweiterten und sich über ein Kreissegment von ca. 150° erstreckenden Steuerkanal 37 in den Auslasskanal 36. Zwischen den Steuerquerschnitten 29', 37' des Steuerspiegelkörpers 30 befinden sich zwei um 180° zueinander versetzte Verschlussflächen (in den Figuren nicht sichtbar), die die Durchlasskanäle 35 jeweils in zwei Zwischenbereiche zwischen den Steuerquerschnitten 29' und 37' verschließen, um einen Kurzschluss zwischen Saug- und Druckseite zu verhindern. Der in Figur 2

rechts dargestellte Steuerspiegelkörper 32 weist gleichfalls einen zweiten, d.h. unteren, Steuerkanal 38 auf, der im vorliegenden Fall - ebenso wie der obere Steuerkanal 34 dieses Steuerspiegelkörpers 32 - außer Funktion ist.

Um von dem Hydraulikfluid auf der Saugseite der Radialkolbenmaschine 1 zuverlässig auch große Volumenströme kavitationsfrei fördern zu können, kann bedarfsweise der saugseitige Steuerkanal 34 des Steuerspiegelkörpers 32 gleichfalls mit dem Einlasskanal 28 verbunden werden. Druckseitig ist die Verbindung des Steuerkanals 38 mit dem Auslasskanal 36 kaum erforderlich; aus Gründen der Gleichteilfertigung sind jedoch beide Steuerspiegelkörper 30, 32 mit jeweils zwei Steuerkanälen 29, 37 und 34, 38 versehen.

Um eine axiale Spaltkompensation im Bereich der Steuerspiegelkörper 30, 32 und des Zylindersterns 9 zu erreichen, befindet sich zwischen der Gehäusewand 33 und der dieser zugewandten Stirnfläche des Steuerspiegelkörpers 32 ein nur schematisch dargestelltes Federelement 39 in Form einer umlaufenden Wellfeder. Das Federelement 39 ist jedoch nicht dazu in der Lage, derart große Kräfte aufzubringen, um die hohen in axiale Richtung wirkende hydraulischen Kräfte auszugleichen. Hierzu ist additiv eine druckbeaufschlagte Kompensationsfläche K an der dem Steuerspiegelkörper 32 zugewandten Stirnfläche des Deckels 3 vorgesehen. Diese Kompensationsfläche K ist zweifach nierenförmig gestaltet und korrespondiert zum einen mit dem saugseitigen Steuerkanal 29 und zum anderen mit dem druckseitigen Steuerkanal 37. Mittels jeweils eines ebenfalls nierenförmig gestalteten Dichtungselements D wird ein mit der Kompensationsfläche K korrespondierendes Volumen zwischen dem Gehäusedeckel 3 und der diesem zugewandten rückseitigen Stirnfläche des Steuerspiegelkörpers 32 abgedichtet. Auf diese Weise wird eine druckproportionale axiale Anpresskraft erzeugt, die stets nur wenige Prozent über der axialen Komponente der hydraulischen Spaltkraft am jeweiligen Steuerspiegelkörper 30, 32 liegt. Damit ist die Spaltkompensation sichergestellt ohne große „Überschusskräfte“ zu erzeugen, die nur zu erhöhter Reibung führen würden.

Anhand der vergrößerten Darstellung gemäß Figur 2a werden nunmehr besondere Merkmale der Steuerspiegelkörper 30, 32 und des Zylindersterns 9 erläutert:

Beide Steuerspiegelköper 30, 32 besitzen jeweils einen kegelringförmigen Stützbereich 40, 41, der mit einem komplementär geformten, ebenfalls kegelringförmigen Stützbereich 42, 43 an den gegenüber liegenden Stirnseiten des Zylindersterns 9 zusammenwirkt. Während sich in den Stützbereichen 40, 41 der Steuerspiegelkörper 30, 32 die Steuerkanäle 29, 37 und 34, 38, d.h. insbesondere auch die Steuerquerschnitte 29', 37', befinden, verlaufen die als Durch-

gangsbohrungen ausgeführten Durchlasskanäle 35 in den beiderseitigen Stützbereichen 42 und 43 des Zylindersterns 9.

Beide Steuerspiegelkörper 30, 32 besitzen jeweils eine zentrale Durchgangsbohrung 44, 45 durch die hindurch eine Antriebswelle 46 der Radialkolbenmaschine 1 verläuft. Ein Drehmoment-Koppelbereich 47 des Zylindersterns 9 ist als Innensechskant ausgeführt, in den ein entsprechend angepasster Außensechskant der Antriebswelle 46 in drehfester Weise eingesetzt ist.

Beide Steuerspiegelkörper 30, 32 weisen einen sich in radiale Richtung nach außen hin an den jeweiligen Stützbereich 40, 41 anschließenden zylinderringförmigen Lagerbereich 48, 49 auf, dessen äußere Mantelfläche 50, 51 jeweils in einer angepassten Ausnehmung in dem Gehäuse 2 bzw. dem Gehäusedeckel 3 gelagert ist. Der Zylinderstern 9 besitzt einen sich - in radiale Richtung betrachtet - an dessen Stützbereiche 42 und 43 anschließenden Freilaufbereich 52, 53, in dem sich zwischen der jeweiligen Stirnfläche 54, 55 des Zylindersterns 9 und der gegenüber liegenden Stirnfläche 56, 57 der Steuerspiegelkörper 30, 32 jeweils ein Spalt 58, 59 befindet.

Aus Figur 2a lässt sich entnehmen, dass die in axiale Richtung gemessene Breite des Zylindersterns 9 in dem Stützbereichen 42, 43 zu der Drehachse 10 hin abnimmt. Die größte axiale Breite 60 besteht in dem Freilaufbereich 52, 53, wohingegen die kleinste axiale Breite 61 in dem Drehmoment-Koppelbereich 47 besteht. Der Kegelwinkel der Steuerspiegelkörper 30, 32 beträgt jeweils 120°, so dass die Spurgeraden der Zeichnungs-Schnittebene mit den Steuerspiegelkörpern 30, 32 mit der Drehachse 10 jeweils einen Winkel von 60° einschließen.

Des Weiteren ist erkennbar, dass sich die Steuerspiegelkörper 30, 32 mit ihren kegelringförmigen und die Stützbereiche 42, 43 bildenden Stirnflächen über die von den Stirnflächen 54, 55 des Zylindersterns 9 gebildeten Ebenen hinaus in Richtung auf eine zu der Drehachse 10 senkrechten Mittelebene 62 des Zylindersterns 9 erstrecken.

Der Unterschied der in den Figuren 3 und 4 dargestellten Radialkolbenmaschine 1 besteht darin, dass die Kolben 13' dort im Längsschnitt eine becherförmige Gestalt besitzen. Ein im jeweiligen Kolbenkopf 14' angeordneter Becherrand 63 besitzt eine geringe, zum freien Ende des Becherrandes 63 hin abnehmende Wandstärke, so dass in Folge eines Druckaufbaus in dem Arbeitsraum 22 der jeweiligen Bohrung 11 in dem Zylinderstern 9 ein selbst verstärken-

der Abdichteffekt eintritt. Die Kolben 13' sind als Kunststoff-Spritzgussteile hergestellt und bestehen beispielsweise aus PEEK (Poly ether ether keton) oder PAI (Poly amid imid).

Bei den Kolben 13' handelt es sich um rotationssymmetrische Bauteile, wobei das verwendete Kunststoffmaterial elastisch in seinem Kontaktbereich mit der inneren Mantelfläche der Bohrung 11 eine Formänderung erlaubt, wenn in Folge der Schrägstellung der Kolben 13' während des Umlaufens des Zylindersterns 9 die Kontaktlinie im Bereich des Kolbenkopfs 14' eine Ellipse beschreibt.

In der Querschnittsdarstellung gemäß Figur 5 sind schließlich noch die verschiedenen im Betrieb der Radialkolbenmaschine 1 auftretenden Kraftvektoren veranschaulicht: Die im jeweiligen Arbeitsraum 22 wirkenden radialen hydraulischen Kräfte, veranschaulicht durch den Pfeil P1, werden erfindungsgemäß durch die symmetrisch schräg verlaufenden Stirnflächen des Zylindersterns 9 bzw. der Steuerspiegelkörper 30,32 hydraulisch kompensiert, was durch die hydraulischen Kraftvektoren gemäß den Pfeilen P2 und P3 veranschaulicht ist. Darüber hinaus sind in Figur 5 noch die mechanischen Kräfte gemäß den Pfeilen P4 dargestellt, die im Gehäuse 2 auftretende Reaktionskräfte zu den hydraulischen Kräften sind, die vom Arbeitsraum 22 über die Kolben 26 und den Hubring 4 übertragen werden. Die in radiale Richtung auf die Steuerspiegelkörper 30,32 wirkenden Kräfte werden in deren Lagerbereichen 48,49 auf die jeweilige Gegenfläche im Gehäuse 2 bzw. Gehäusedeckel 3 übertragen, wo die Reaktionskräfte in Form der Pfeile P5 dargestellt sind.

Bezugszeichenliste

1	Radialkolbenmaschine
2	Gehäuse
3	Gehäusedeckel
4	Hubring
5	Planfläche
6	Planfläche
7	innere Mantelfläche
8	äußere Mantelfläche
9	Zylinderstern
10	Drehachse
11	Bohrung
12	äußere Mantelfläche
13, 13'	Kolben
14, 14'	Kolbenkopf
15	Kolbenfuß
16	Stirnfläche
17	innere Mantelfläche
18	Durchgangsbohrung
19	Druckraum
20	Kolbenring
21	Kolbenhals
22	Arbeitsraum
23	Zylinderbohrung
24	Zylinderbohrung
25	Kolben
26	Kolben
27	Weg
28	Einlasskanal
29	Steuerkanal
29'	Steuerquerschnitt
30	Steuerspiegelkörper
31	Gehäusewand
32	Steuerspiegelkörper
33	Gehäusewand
34	Steuerkanal
35	Durchlasskanal
36	Auslasskanal

37	Steuerkanal
37'	Steuerquerschnitt
38	Steuerkanal
39	Federelement
40	Stützbereich
41	Stützbereich
42	Stützbereich
43	Stützbereich
44	Durchgangsbohrung
45	Durchgangsbohrung
46	Antriebswelle
47	Drehmoment-Koppelbereich
48	Lagerbereich
49	Lagerbereich
50	äußere Mantelfläche
51	äußere Mantelfläche
52	Freilaufbereich
53	Freilaufbereich
54	Stirnfläche
55	Stirnfläche
56	Stirnfläche
57	Stirnfläche
58	Spalt
59	Spalt
60	Breite
61	Breite
62	Mittelebene
63	Becherrand
D	Dichtungselement
K	Kompensationsfläche
P1	Pfeil
P2	Pfeil
P3	Pfeil
P4	Pfeil
P5	Pfeil

Patentansprüche

1. Hydrostatische Radialkolbenmaschine (1) mit

   - einem Gehäuse

   - einem um eine Drehachse (10) drehbar in dem Gehäuse (2) gelagerten Zylinderstern (9), der eine Anzahl von Bohrungen (11) besitzt, die sich ausgehend von einer äußeren Mantelfläche (12) des Zylindersterns (9) in dessen Inneres hinein erstrecken und über dessen Umfang verteilt angeordnet sind,

   - einer der Anzahl der Bohrungen (11) entsprechenden Anzahl von Kolben (13, 13'), die in den Bohrungen (11) verschiebbar angeordnet sind und jeweils zusammen mit der zugeordneten Bohrung (11) einen Arbeitsraum (22) für ein Hydraulikfluid begrenzen,

   - einem exzentrisch zu dem Zylinderstern (9) angeordneten Hubring (4), der den Zylinderstern (9) umlaufend umgibt und an dessen innerer Mantelfläche (8) sich dem Zylinderstern (9) abgewandte Enden der Kolben (13, 13') während der Drehbewegung des Zylindersterns (9) beweglich abstützen,

   - zwei Steuerspiegelkörpern (30, 32), die insgesamt mindestes zwei Steuerquerschnitte aufweisen, von denen mindestens einer mit dem Einlasskanal (28) und mindestens ein anderer mit dem Auslasskanal (36) in Verbindung steht, wobei beide Steuerspiegelkörper (30, 32) sich jeweils mit einer dem Zylinderstern (9) zugewandten Stirnfläche auf eine zu der Drehachse (10) senkrechte Mittelebene (62) des Zylindersterns (9) zu über eine Ebene hinaus erstreckt, die von einer dem jeweiligen Steuerspiegelkörper (30, 32) zugewandten Stirnfläche (54, 55) des Zylindersterns (9) an dessen Stelle mit der größten axialen Breite (60) definiert ist,

   - einer der Anzahl der Bohrungen (11) des Zylindersterns (9) entsprechenden Anzahl von in letzterem angeordnetem Durchlasskanälen (35), die – je nach Drehstellung des Zylindersterns (9) in dem Hubring (4) – jeweils einen Arbeitsraum (22) mit einem mit dem Einlasskanal (28) korrespondierenden Steuerquerschnitt oder mit einem mit dem Auslasskanal (36) korrespondierenden

Steuerquerschnitt verbinden oder von einer an dem Steuerspiegelkörper (30, 32) befindlichen Verschlussfläche verschließbar sind

dadurch gekennzeichnet, dass jeder Steuerspiegelkörper (30, 32) einen Lagerbereich (48, 49) aufweist, in dem radial wirkende Kräfte auf eine jeweilige Gegenfläche in dem Gehäuse (2) oder einem darin gelagerten Gehäusedeckel (3) übertragbar sind.

2. Radialkolbenmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinderstern (9) mindestens einen Stützbereich (42, 43) aufweist, in dem die axiale Breite kleiner ist als in einem sich in radiale Richtung an den Stützbereich (42, 43) nach außen hin anschließenden Freilaufbereich (52), wobei sich vorzugsweise in dem Stützbereich (42, 43) mindestens ein Steuerquerschnitt des Steuerspiegelkörpers (30, 32) befindet, wobei weiter vorzugsweise mindestens ein Steuerspiegelkörper (30, 32) einen mit dem Stützbereich (42, 43) des Zylindersterns (9) korrespondierenden Stützbereich (40, 41) aufweist, wobei sich vorzugsweise entweder in radiale Richtung nach außen hin an den Stützbereich (40, 41) anschließenden und/oder in axiale, dem Stützbereich (40, 41) abgewandten Richtung der jeweilige Lagerbereich (48, 49) anschließt.

3. Radialkolbenmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stützbereich (42, 43) des Zylindersterns (9) sich vorzugsweise ausgehend von einem zentralen Drehmoment-Kopplungsbereich (47), in radiale Richtung bis zu einem Durchmesser erstreckt, der ungefähr 60 % bis 90 %, vorzugsweise 70 % bis 80 % des maximalen Durchmessers des Zylindersterns (9) beträgt.

4. Radialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerspiegelkörper (30, 32) eine kegelförmige, kegelringförmige oder konvex, insbesondere sphärisch, gewölbte Gestalt besitzt, wobei vorzugsweise der Stützbereich (40, 41) kegelförmig, kegelringförmig oder konvex, insbesondere sphärisch, gewölbt gestaltet ist.

5. Radialkolbenmaschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kegelwinkel zwischen 90° und 150°, vorzugsweise zwischen 110° und 130° beträgt.

6. Radialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinderstern (9) und mindestens ein Steuerspiegelkörper (30, 32) in axiale Richtung patrizen-matrizen-förmig ineinander greifen.

7. Radialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Steuerspiegelkörper (30, 32) in axialer Richtung relativ zueinander verschiebbar sind, vorzugsweise dass einer der Steuerspiegelkörper (32) in axiale Richtung relativ zu dem Gehäuse (2) oder dem Gehäusedeckel(3) verschiebbar ist, wohingegen der andere Steuerspiegelkörper (30) in axiale Richtung in dem Gehäuse (2) oder dem Gehäusedeckel (3) festgelegt ist.

8. Radialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf beiden Seiten des Zylindersterns (9) jeweils ein Steuerspiegelkörper (30, 32) angeordnet ist, wobei ein Steuerspiegelkörper (32) mittels eines sich an dem Gehäuse (2) oder dem Gehäusedeckel (3) abstützenden Federelements (39), vorzugsweise einer Wellfeder, in Richtung auf den gegenüber liegenden Steuerspiegelkörper (30) vorgespannt ist.

9. Radialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils mit einem Arbeitsraum (22) korrespondierende Durchlasskanäle (35) des Zylindersterns (9) sich jeweils von einem Stützbereich bis zu dem gegenüberliegenden Stützbereich (42, 43) erstrecken.

10. Radialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Steuerkanäle (29, 34, 37, 38) zweier gegenüber liegender Steuerspiegelkörper (30, 32) und ein dazwischen angeordneter Durchlasskanal (35) des Zylindersterns (9) miteinander fluchten, vorzugsweise eine durchgehende zylindrische Bohrung mit konstantem Querschnitt bilden.

11. Radialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils ein Kolbenkopf (14') der Kolben (13') im Längsschnitt becherförmig gestaltet ist und ohne Zwischenschaltung eines separaten Dichtungselements mit einem Becherrand (63) dichtend an einer inneren Mantelfläche der jeweiligen Bohrung (11) des Zylindersterns (9) anliegt, wobei die Kolben (13') vorzugsweise aus Kunststoff bestehen und weiter vorzugsweise Kunststoff-Spritzgussteile sind.

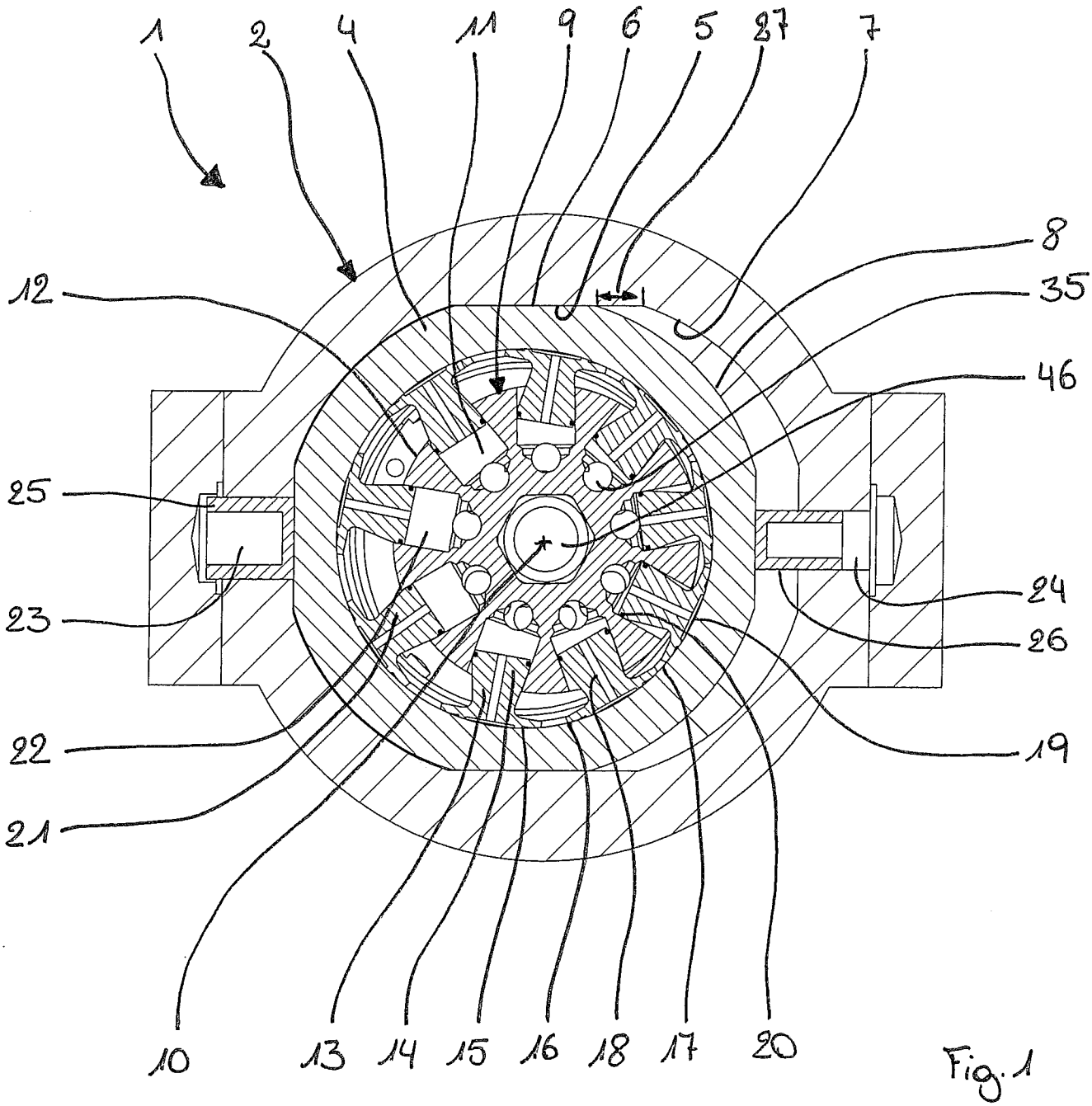


Fig. 1

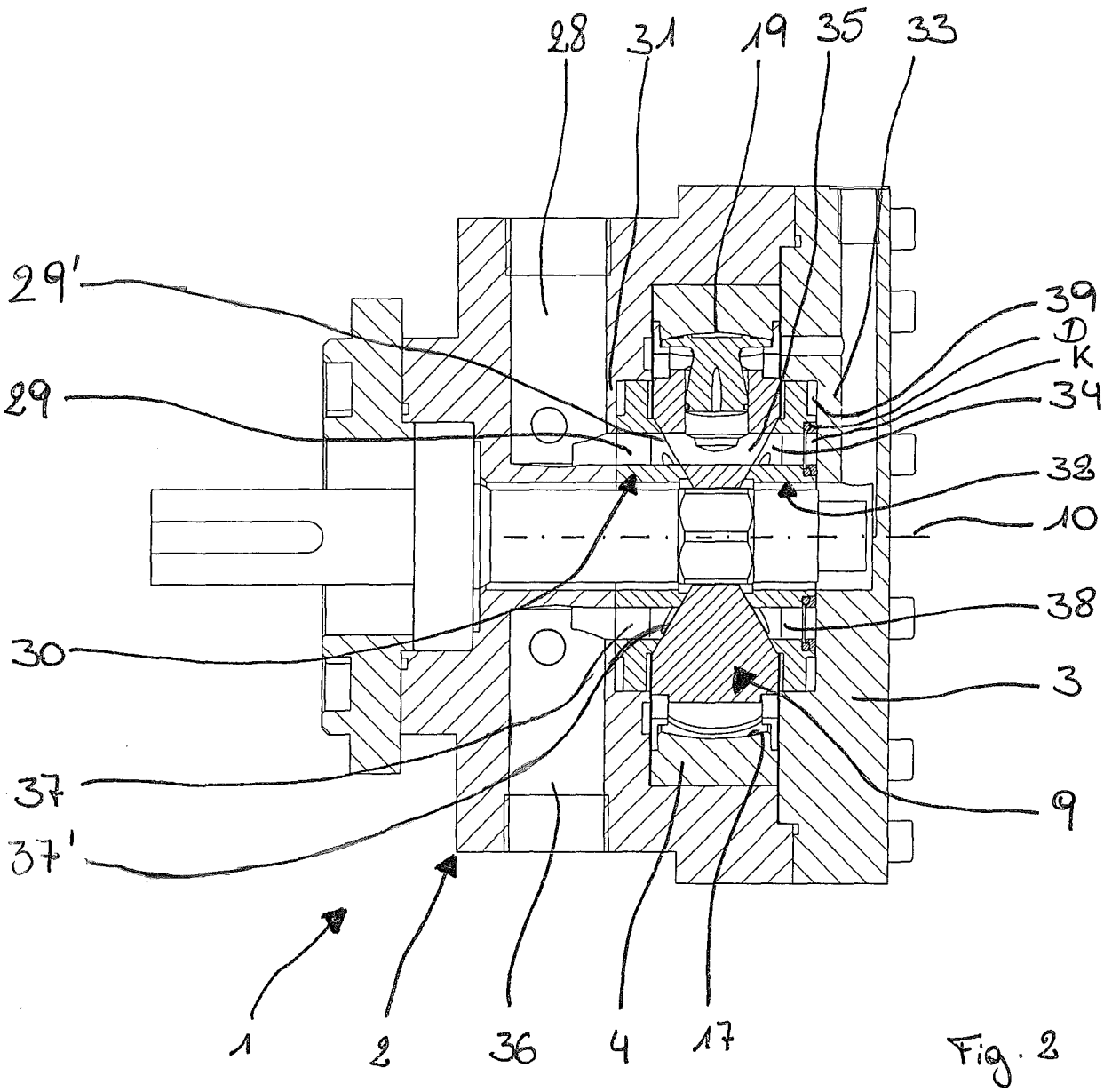


Fig. 2

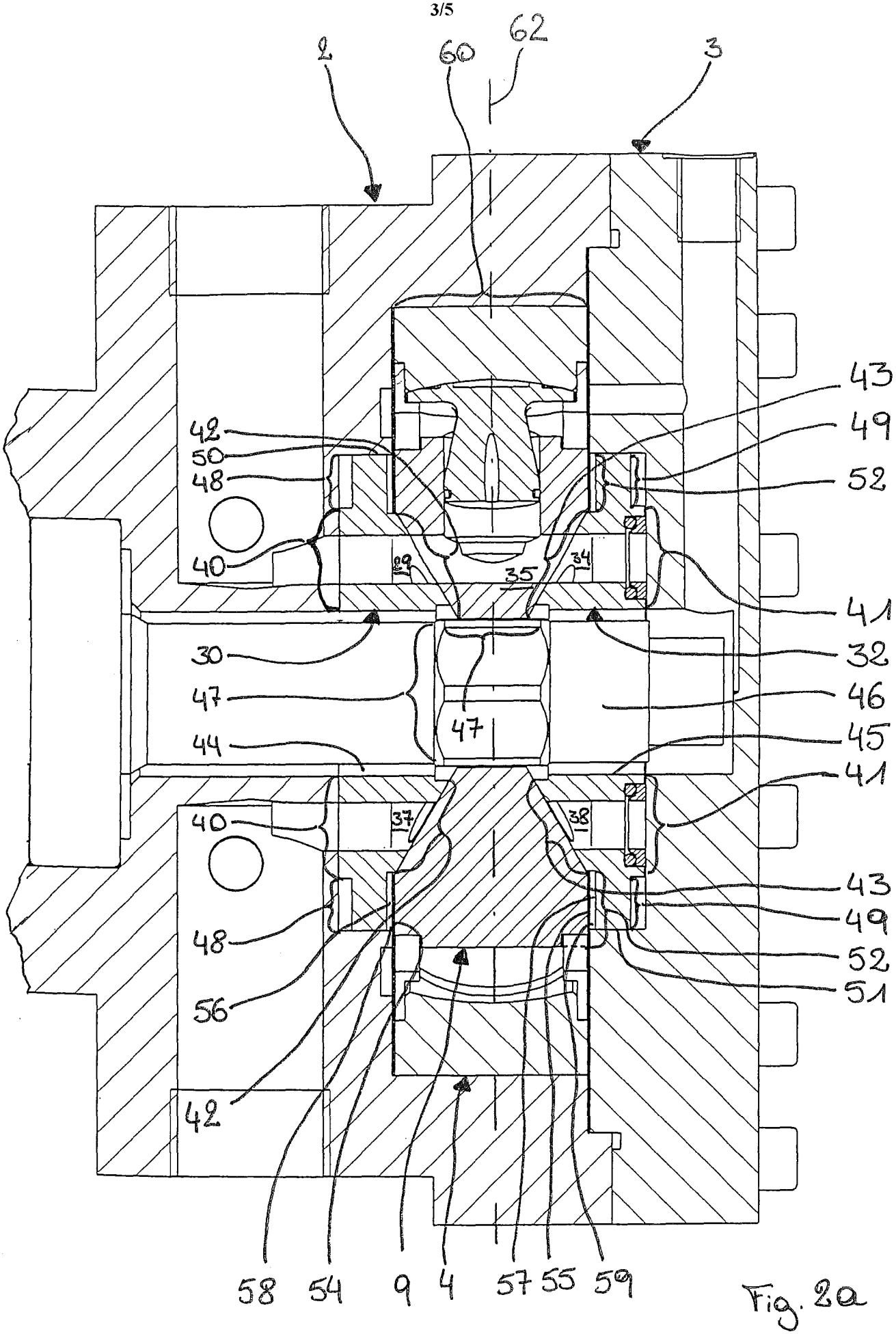

2
60
62
3
43
49
52
42
50
48
40
39
35
34
41
30
32
47
46
44
45
47
41
40
37
38
43
49
48
52
56
51
42
58
54
9
4
57
55
59

Fig. 2a

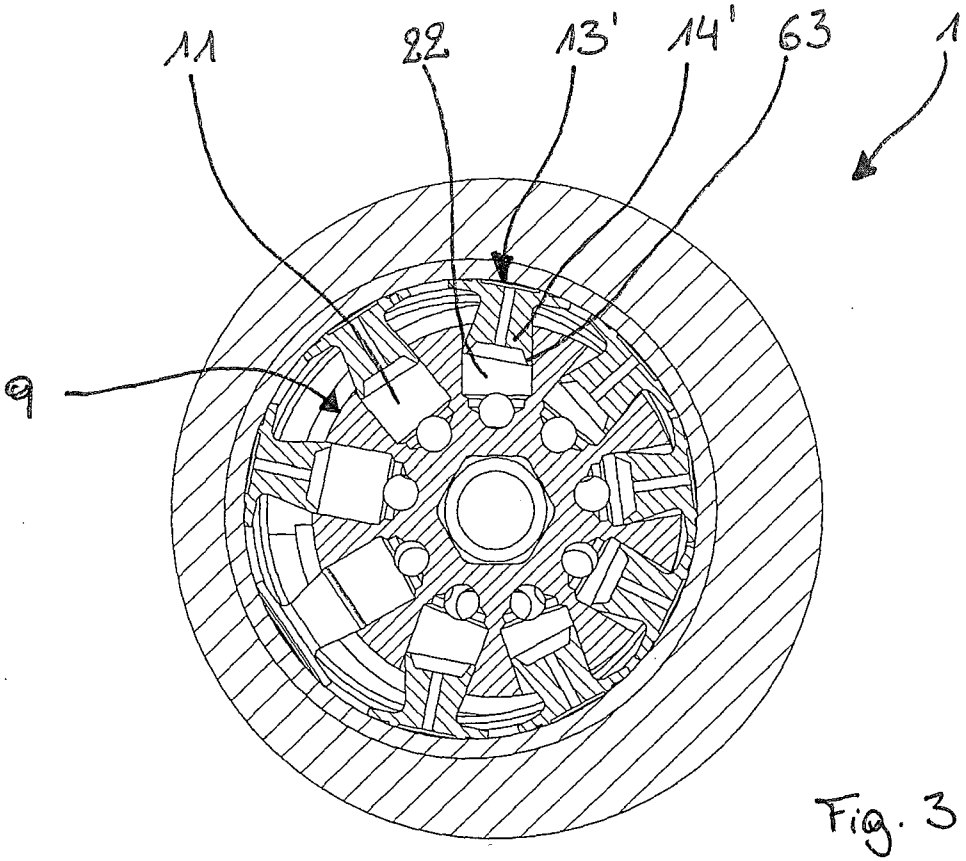


Fig. 3

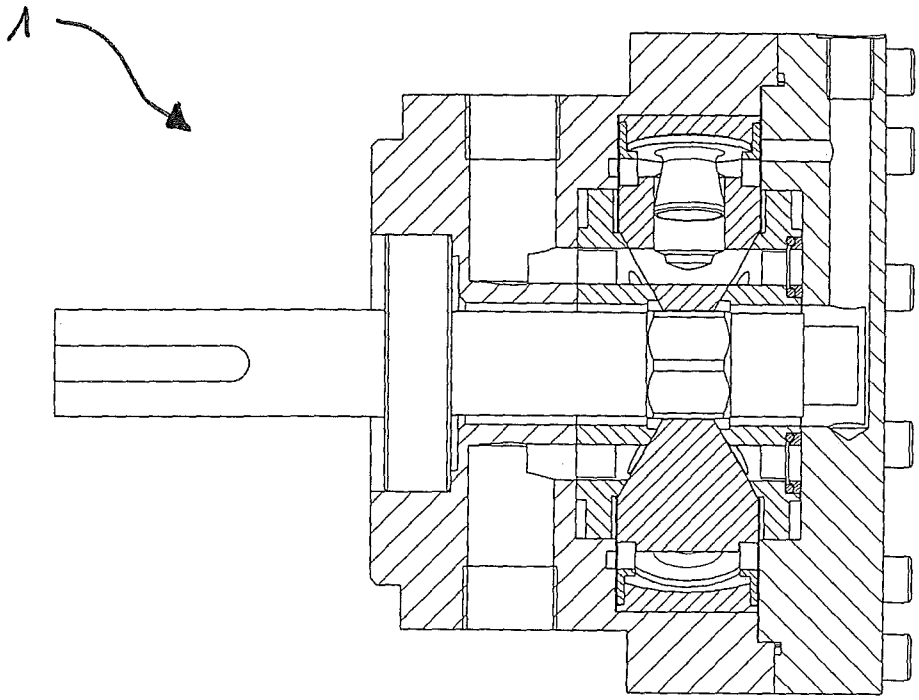


Fig. 4

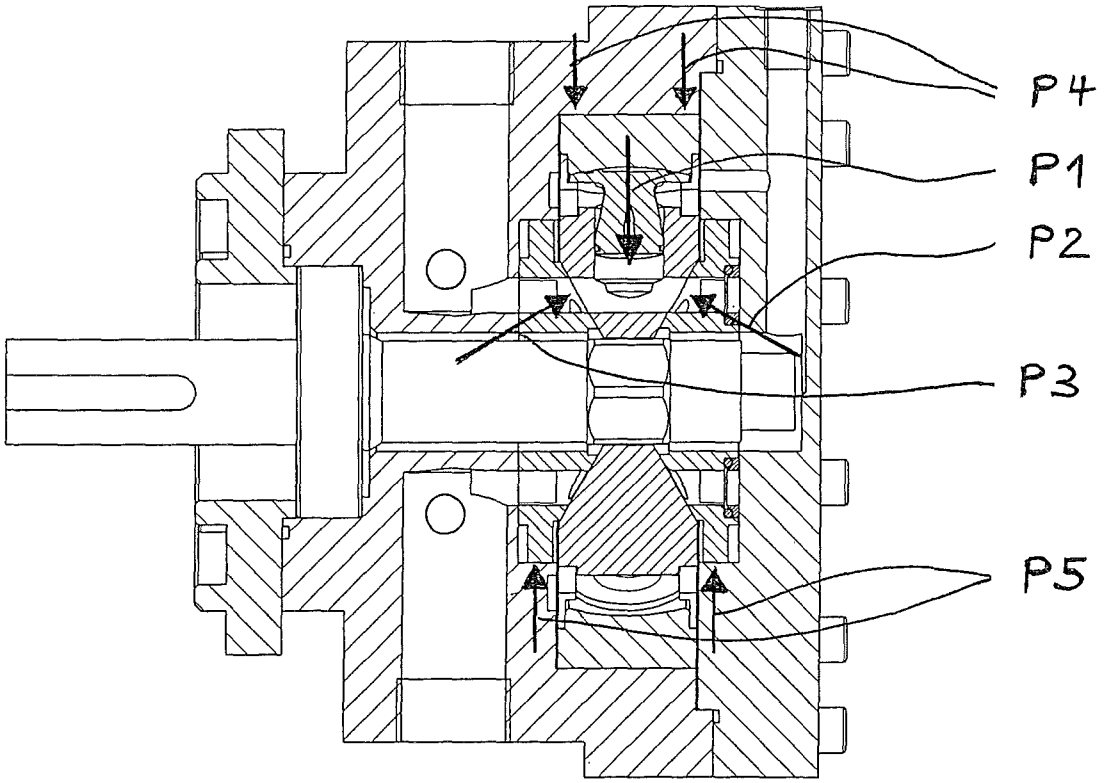


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/069078

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01B13/06 F04B1/107 F04B1/04 F03C1/04
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)
F01B F04B F03C

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 practical, 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	US 3 951 044 A (EICKMANN KARL) 20 April 1976 (1976-04-20) cited in the application	1,4-7,11
Y	column 4, lines 41-44; figures 4,6,7 column 5, lines 22-52	8-10

Y	DE 17 76 238 A1 (BREINLICH RICHARD DR) 28 February 1974 (1974-02-28) cited in the application page 31, paragraph 3; figures 1,3	8-10

A	US 3 122 104 A (BYERS JR JAMES O) 25 February 1964 (1964-02-25) cited in the application the whole document	1-11

☐ 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 document 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	Date of mailing of the international search report
18 March 2011	31/03/2011

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Olona Laglera, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2010/069078

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3951044 A	20-04-1976	NONE	
DE 1776238 A1	28-02-1974	NONE	
US 3122104 A	25-02-1964	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/069078

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F01B13/06 F04B1/107 F04B1/04 F03C1/04
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F01B F04B F03C

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	US 3 951 044 A (EICKMANN KARL) 20. April 1976 (1976-04-20) in der Anmeldung erwähnt	1,4-7,11
Y	Spalte 4, Zeilen 41-44; Abbildungen 4,6,7 Spalte 5, Zeilen 22-52	8-10
Y	DE 17 76 238 A1 (BREINLICH RICHARD DR) 28. Februar 1974 (1974-02-28) in der Anmeldung erwähnt Seite 31, Absatz 3; Abbildungen 1,3	8-10
A	US 3 122 104 A (BYERS JR JAMES O) 25. Februar 1964 (1964-02-25) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-11

☐ 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" älteres Dokument, 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 anderen 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
18. März 2011	31/03/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Olona Laglera, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/069078

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3951044	A	20-04-1976	KEINE
DE 1776238	A1	28-02-1974	KEINE
US 3122104	A	25-02-1964	KEINE