

(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
11. August 2011 (11.08.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/095280 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F04B 1/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/000228

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Januar 2011 (20.01.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 006 895.0
5. Februar 2010 (05.02.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KOPECKI, Josef** [DE/DE]; Dahlienweg 3, 71083 Herrenberg (DE).

(74) Anwalt: **THUERER, Andreas**; Bosch Rexroth AG, Zum Eisengiesser 1, 97816 Lohr am Main (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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AXIAL PISTON ENGINE AND CONTROL PLATE

(54) Bezeichnung : AXIALKOLBENMASCHINE UND STEUERSPIEGEL

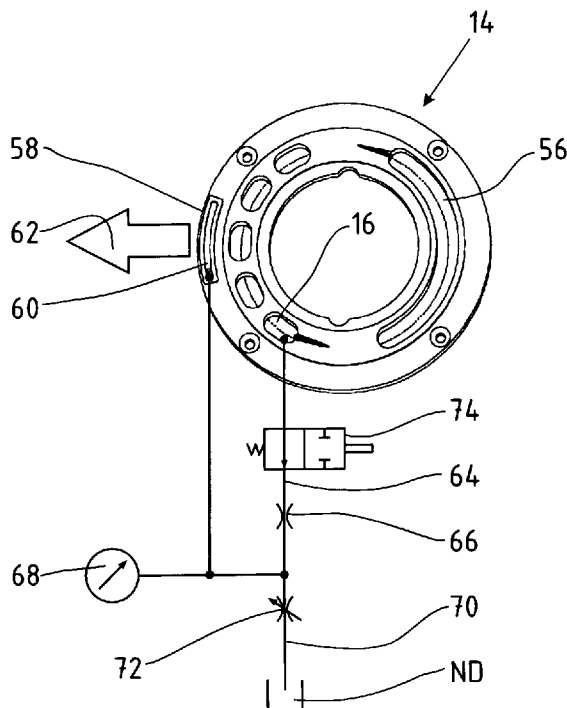


Fig.3

(57) Abstract: The invention relates to an axial piston engine having a relief area controllable on the basis of the mode of operation.

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist eine Axialkolbenmaschine mit einem in Abhängigkeit vom Betriebsmodus steuerbaren Entlastungsfeld.

WO 2011/095280 A2



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Beschreibung

Axialkolbenmaschine und Steuerspiegel

Die Erfindung betrifft eine Axialkolbenmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und einen für eine derartige Axialkolbenmaschine geeigneten Steuerspiegel.

Der Grundaufbau derartiger Axialkolbenmaschinen ist aus dem Stand der Technik, beispielsweise dem von der Bosch Rexroth AG heraus gegebenen Datenblatt RD 92 711/10.07 (Verstellpumpe A10VSO) bekannt, so dass hier nur die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Bauelemente erläutert werden. Eine derartige Axialkolbenmaschine ist vorzugsweise verstellbar ausgeführt und hat eine Zylindertrommel, in der eine Vielzahl von Zylinderbohrungen ausgebildet ist, in denen Kolben axial verschiebbar geführt sind. Bei Axialkolbenmaschinen des oben genannten Typs liegen Endabschnitte der Kolben an einer Schrägscheibe an, deren Schwenkwinkel zur Einstellung des Förder-/Schluckvolumens verstellbar ausgeführt sein kann. Die Kolben begrenzen jeweils abschnittsweise einen Zylinderraum, der über einen stirnseitig an der Zylindertrommel anliegenden Steuerspiegel während der Rotation der Zylindertrommel alternierend mit in einer Anschlussplatte ausgebildeten Hochdruck- und einem Niederdruckanschluß verbindbar ist.

Eine derartige Axialkolbenmaschine kann sowohl als Hydropumpe als auch als Hydromotor betrieben werden. Aufgrund des Funktionsprinzips derartiger Axialkolbenmaschinen wird die Zylindertrommel mit einer vergleichsweise hohen Kraft gegen den feststehenden Steuerspiegel gepresst, so dass beim Betrieb der Axialkolbenmaschine im Anlagebereich ein erheblicher Verschleiß erfolgen kann. Zur Verringerung dieses Verschleißes ist bei der aus dem Datenblatt bekannten Axialkolbenmaschine an der Stirnfläche der Zylindertrommel ein Axialvorsprung ausgeführt, dessen Stirnfläche mit Hochdruck beaufschlagbar ist, so dass die Zylindertrommel hydrostatisch am Steuerspiegel abgestützt ist. Die Stirnfläche des

Ringvorsprungs wirkt somit als Entlastungsfeld, das der Anpresskraft der Zylindertrommel entgegen wirkt und somit den Verschleiß verringert.

Derartige Entlastungsfelder sind auch in den Druckschriften DE AS 1 126 735, DE AS 1 291 632, DE PS 941 246, DE AS 1 528 471 und DE 195 39 442 A1 offenbart.

Bei diesen Lösungen sind die Entlastungsfelder in unterschiedlicher Geometrie als Druckmittel beaufschlagte Vorsprünge oder Nuten ausgebildet.

Werden derartige Axialkolbenmaschinen als Pumpe betrieben, so wird die oben genannte Anpresskraft der Zylindertrommel an den Steuerspiegel durch die Reibkräfte der das druckbeaufschlagte Druckmittel ausschiebenden Kolben verstärkt. Beim Betrieb als Motor werden die Kolben durch den Hochdruck vom Steuerspiegel weg bewegt, so dass diese Reibkräfte entgegen der auf den Zylinder wirkenden Anpresskraft wirkt, so dass diese verringert ist.

Legt man nun die Wirkfläche der Entlastungsfelder auf den Pumpenbetrieb aus, so kann es beim Motorbetrieb aufgrund der zusätzlichen Entlastung durch die sich von dem Steuerspiegel weg bewegenden Kolben bereits bei niedrigen Drehzahlen zu einem Abheben der Zylindertrommel vom Steuerspiegel und somit zu einer Fehlfunktion des Triebwerks der Axialkolbenmaschine kommen. Um derartige Fehler auszuräumen, sind je nach Bestimmung der Axialkolbenmaschine Zylindertrommeln mit unterschiedlichen Entlastungsfeldern vorgesehen, wobei das Entlastungsfeld für einen Motor kleiner ist als dasjenige für eine Pumpe ist.

Eine derartige Lösung hat zum einen den Nachteil, dass für jede Maschine unterschiedliche Zylindertrommeln bereit gehalten werden müssen und dass eine für den Pumpenbetrieb ausgelegte Hydromaschine nicht oder nur in bestimmten Betriebszuständen als Motor verwendet werden kann.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Axialkolbenmaschine zu schaffen, die in weiten Betriebsbereichen sowohl als Motor als auch als Pumpe

einsetzbar ist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen für eine derartige Axialkolbenmaschine geeigneten Steuerspiegel zu schaffen.

Diese Aufgabe wird im Hinblick auf die Axialkolbenmaschine durch die Merkmalskombination des Patentanspruches 1 und im Hinblick auf die Steuerscheibe durch die Merkmalskombination des nebengeordneten Patentanspruches 11 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß hat die Axialkolbenmaschine eine drehbar gelagerte Zylindertrommel, in der eine Vielzahl von Zylinderräumen ausgebildet ist, die jeweils durch einen Kolben begrenzt ist. Die Zylindertrommel liegt stirnseitig an einem Steuerspiegel an, über den die Zylinderräume während der Rotation alternierend mit Hoch- oder Niederdruck verbindbar sind. Im Anlagebereich zwischen der Zylindertrommel und dem Steuerspiegel ist ein Entlastungsfeld zur Verringerung der Flächenpressung zwischen Zylindertrommel und Steuerspiegel vorgesehen. Erfindungsgemäß kann dieses Entlastungsfeld in Abhängigkeit vom Betriebsmodus der Axialkolbenmaschine (Pumpe/Motor) drucklos geschaltet oder der das Entlastungsfeld beaufschlagende Druck reduziert werden.

Durch diese Maßnahme kann der Entlastungsdruck auf einfache Weise in Abhängigkeit vom Betriebsmodus (Pumpe/Motor) verändert werden, so dass das eingangs beschriebene Abheben der Zylindertrommel vom Steuerspiegel beim Motorbetrieb nicht zu befürchten ist und andererseits auch beim Pumpenbetrieb eine übermäßige Flächenpressung und damit ein vorzeitiger Verschleiß der Zylindertrommel oder des Steuerspiegels verhindert werden kann. Dieses Umsteuern kann auch während des Betriebs der Axialkolbenmaschine erfolgen, so dass diese in einem Regenerativsystem betrieben werden kann, in der die Maschine im 4-Quadrantenbetrieb betrieben ist, in dem die Strömungsrichtung des Druckmittels und die Hoch- und Niederdruckseite wechseln können.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Steuereinheit mit einer schaltbaren oder stetig verstellbaren Ventileinrichtung ausgeführt, über die das

Entlastungsfeld mit Niederdruck, mit Hochdruck oder einem sonstigen Druck beaufschlagbar ist, um die gewünschte Entlastung bereit zu stellen.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist neben dem steuerbaren Entlastungsfeld ein Hauptentlastungsfeld vorgesehen, wobei das Entlastungsfeld im Motorbetrieb drucklos geschaltet wird.

Erfindungsgemäß wird es besonders bevorzugt, wenn die Summe der Wirkflächen des Entlastungsfelds und des Hauptentlastungsfelds etwas größer als die druckbeaufschlagte Gesamtfläche der Kolben der Axialkolbenmaschine ist und diese Kolbengesamtfläche wiederum größer als die Wirkfläche des Hauptentlastungsfelds ausgeführt ist. Durch diese Flächenverhältnisse ist sichergestellt, dass im Betrieb als Motor keine übermäßige Entlastung erfolgt und im Pumpenbetrieb eine hinreichende Entlastung vorliegt.

Gemäß einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel sind diese Entlastungsflächen am Steuerspiegel ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass die Entlastungsfläche nicht umläuft und somit in bezug zum Hochdruckbereich stationär ist, so dass auch asymmetrische Entlastungsfeldgeometrien realisierbar sind, die im Hinblick auf die optimale Entlastung ausgelegt sind.

Dabei wird es bevorzugt, wenn das Hauptentlastungsfeld als Ringvorsprung am Steuerspiegel ausgeführt ist, in dem die Hochdruck- und Niederdruck-Steuernieren münden. Das Entlastungsfeld kann dann radial versetzt zu den Hochdruck-Steuernieren angeordnet sein.

Durch eine radial außen liegende Anordnung des Entlastungsfelds kann neben der Verringerung der Flächenpressung noch ein Kippen der Zylindertrommel im Pumpenbetrieb verhindert oder zumindest auf höhere Drehzahlen verlagert werden. Dieses Kippen ist ein bekanntes Phänomen, wobei bei hohen Drehzahlen und niedrigem Druck der Zylinder im Pumpenbetrieb vom Steuerspiegel abhebt und dann aufgrund des höheren Drucks im Bereich der Hochdruckseite kippt. Zur Erhöhung der Abhebedrehzahl ist bei der im RD-Datenblatt beschriebenen Axialkolbenmaschine am

Zylinder ein Stützrand eingeführt, der den Drehpunkt zum Kippen des Zylinders weiter nach außen verlagert, so dass dieser besser abgestützt ist. Durch das radial außen liegende Entlastungsfeld kann die Funktion des Stützrandes mit übernommen werden, so dass ein Kippen des Zylinders verringert oder zumindest in höhere Drehzahlbereiche verschoben wird.

Die Druckmittelversorgung des Entlastungsfelds erfolgt vorzugsweise über das Hauptentlastungsfeld oder über eine eigene Druckmittelversorgung.

Die Druckmittelverbindung zwischen Hauptentlastungsfeld und Entlastungsfeld kann auch extern über die Ventileinrichtung erfolgen.

Bei Hydromaschinen, die im 4-Quadrantenbetrieb eingesetzt werden sollen, kann jeder Drehrichtung ein Entlastungsfeld zugeordnet sein, die dann vorzugsweise diametral zueinander angeordnet sind.

Zur optimalen Steuerung der Entlastungsfelder kann die Steuereinrichtung mit einer Einrichtung zur Erfassung der Druckmittelströmungsrichtung und der Lage der Hochdruckseite ausgeführt sein. Durch diese Ausgestaltung der Steuereinrichtung kann erfasst werden, ob die Hydromaschine im Pumpenbetrieb oder im Motorbetrieb läuft und dann entsprechend das Entlastungsfeld mit Hochdruck oder Niederdruck beaufschlagt werden, um die geeignete Entlastung zu steuern.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Entlastungskraft durch entsprechende Drucksteuerung und Auslegung der Entlastungsflächen stufenlos gesteuert werden kann, so dass ein Leckölstrom, der Wirkungsgrad der Hydromaschine, der Verschleiß der Hydromaschine und das unerwünschte Abheben des Zylinders im Sinne eines „Condition Monitoring“ überwacht und die Hydromaschine entsprechend gesteuert werden kann.

Wie im Weiteren noch näher erläutert wird, kann über das steuerbare Entlastungsfeld auch eine Zylinderabhebesicherung realisiert werden, so dass Gehäusedruckspitzen reduziert oder verhindert werden können.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine verstellbare Axialkolbenmaschine;

Figur 2 einen Steuerspiegel der Axialkolbenmaschine aus Figur 1 in einer Draufsicht und einer geschnittenen Seitenansicht;

Figur 3 einen Schaltplan zur Steuerung eines Entlastungsfelds des Steuerspiegels aus Figur 2;

Figur 4 eine Variante eines Steuerspiegels mit entsprechender Steuerung des Entlastungsfelds;

Figur 5 eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels aus Figur 4;

Figur 6 eine Variante des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 3 zur Realisierung einer Zylinderabhebesicherung;

Figur 7 einen Steuerspiegel mit zwei steuerbaren Entlastungsfeldern und entsprechender Steuerung und

Figur 8 eine elektrohydraulische Steuerung mit der Funktion des Ausführungsbeispiels aus Figur 7.

Figur 1 zeigt eine stark vereinfachte Schnittdarstellung einer Axialkolbenmaschine des Typs A10VO, deren Aufbau hier nur soweit erläutert wird, wie es zum Verständnis der Erfindung erforderlich ist. Die Axialkolbenmaschine 1 gemäß Figur 1 ist in Schrägscheibenbauart ausgeführt. Prinzipiell ist die Erfindung auch auf andere Bauarten, wie beispielsweise eine Schrägachseneinheit übertragbar.

Die Axialkolbenmaschine 1 hat ein Triebwerk 2 mit einer Zylindertrommel 4, in deren Zylinderbohrungen 6 jeweils ein Kolben 8 axial verschiebbar geführt ist. Jeder Kolben 8 begrenzt mit der Zylinderbohrung 6 einen Zylinderraum 10. Die in Figur 1 rechte Stirnfläche 12 der Zylindertrommel 4 ist an einem Steuerspiegel 14 abgestützt, über dessen Hochdrucksteuernieren 16 und Niederdrucksteuernieren 18 die Zylinderräume 10 alternierend mit einem in einer Anschlussplatte 20 ausgeführten Hochdruckanschluss 22 bzw. Niederdruckanschluss 24 verbindbar sind.

Das Triebwerk 2 hat des Weiteren eine Welle 26, die je nach Betriebsmodus als Antriebs- oder Abtriebswelle dient. Die Welle 26 ist drehfest mit der Zylindertrommel 4 verbunden und über eine Lageranordnung 28, beispielsweise Schrägwälzlager in einem Gehäuse 30 der Axialkolbenmaschine 1 gelagert, das stirnseitig durch die Anschlussplatte 20 verschlossen ist.

Die Verstellung des Förder-/Schluckvolumens der Axialkolbenmaschine 1 erfolgt über eine Schrägscheibe 32, an der die Kolben 8 abgestützt sind. Dazu ist ein Kolbenfuß 34 jedes Kolbens 8 kugelförmig ausgeführt und gelenkig mit einem Gleitschuh 36 verbunden, der auf der schräg angestellten Schrägscheibe 32 abgleitet. Die Einstellung des Anstellwinkels der Schrägscheibe 32 und damit der Hub der Kolben 8 wird über eine Verstelleinrichtung 38 eingestellt, die im Wesentlichen aus einem Stellzylinder 40 und einer Rückstelleinrichtung 42 besteht. Letztere beaufschlagt die Schrägscheibe 32 in Richtung ihres maximalen Stellwinkels. Das Verstellen der Schrägscheibe 32 erfolgt durch Druckbeaufschlagung des Stellzylinders 40, so dass das Förder-/Schluckvolumen durch Rückstellen der Schrägscheibe 32 in eine Position radial zur Wellenachse auf 0 verstellt werden kann.

Bei vorgegebener Drehrichtung kann durch Verschwenken der Schrägscheibe 32 über 0 aus der dargestellten Position von Pumpen- auf Motorbetrieb oder umgekehrt umgestellt werden. Es sei angenommen, dass die Axialkolbenmaschine 1 bei vorgegebener Drehzahl in der in Figur 1 dargestellten Schwenkposition der Schrägscheibe 32 im Pumpenbetrieb läuft. Durch Verschwenken der Schrägscheibe 32 über 0 hinaus, kann dann der Pumpenbetrieb eingestellt werden, wobei diese Verschwenkung gegen die Kraft des Rückstellzylinders 42 erfolgt und dieser

dementsprechend einfährt. Diese Bewegung kann – wie im Folgenden noch erläutert wird – für die erfindungsgemäße Steuerung der Entlastungsfelder ausgenutzt werden.

Figur 2 zeigt eine Draufsicht von der Zylindertrommel 4 her auf ein Ausführungsbeispiel des Steuerspiegels 14, wie er bei einer Konstruktion gemäß Figur 1 verwendbar ist. In Figur 2 oben ist des Weiteren ein Schnitt entlang der Linie A-A dargestellt, wobei diese Schnittdarstellung keine maßstabsgetreue Ansicht zeigt sondern in Vertikalrichtung gegenüber der Realausgestaltung überhöht gezeigt ist, um das Verständnis zu erleichtern.

Der Steuerspiegel 14 ist kreisringförmig ausgeführt und umgreift mit seinem Innendurchmesser 44 die Lageranordnung 28 der Welle 26. Im Kreisringbereich ist die kressesegmentförmige, vergleichsweise lange ND-Steuerniere 18 und eine Vielzahl von vergleichsweise kurzen, HD-Steuernieren 16 ausgebildet. Die letztgenannten HD-Steuernieren 16 münden in der Anschlussplatte 20 und stehen in Druckmittelverbindung mit dem HD-Anschluss 22. Entsprechend ist die lange ND-Steuerniere 18 in der Anschlussplatte 20 mit dem ND-Anschluss 24 verbunden. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind fünf zueinander beabstandete HD-Steuernieren 16 vorgesehen, selbstverständlich kann Anzahl und die Geometrie auch verändert werden.

Zwischen den HD-Steuernieren 16 und der ND-Steuerniere 18 verbleiben jeweils zwei Stege 46, 48, die dem oberen bzw. unteren Totpunkt entsprechen. Im Übergangsbereich zwischen der ND-Steuerniere 18 und dem Steg 46 und den HD-Steuernieren 16 und dem Steg 48 ist jeweils ein Dämpfungsschlitz 50 bzw. 52 ausgebildet, über dem der Umsteuervorgang im Bereich der Stege 46, 48 gedämpft wird. Im Bereich dieser Stege 46, 48 befinden sich die Kolben in ihrem oberen bzw. unteren Totpunkt.

Wie insbesondere aus dem Schnitt A-A hervorgeht, ist in dem durch die Nieren 16, 18 gebildeten Bereich ein kreisringförmiger Vorsprung 54 ausgebildet, dessen ringförmige Stirnfläche 56 ein Hauptentlastungsfeld 56 bildet, entlang dem die Stirnfläche 12 der Zylindertrommel 4 abgleitet.

Auf der Hochdruckseite (HD-Steuernieren 16) ist im Bereich des Außenumfangs des Steuerspiegels 14 ein zur Zylindertrommel 4 hin vorspringendes Entlastungsfeld 58 ausgebildet, das bei der dargestellten Variante als etwa rechteckförmige, leicht gekrümmte Rahmenstruktur ausgeführt ist, die eine Tasche 60 umgreift. Die Axialhöhe des Entlastungsfelds 58 entspricht der Axialhöhe des Hauptentlastungsfelds 56, so dass die Stirnfläche 12 der Zylindertrommel 4 auch entlang dem Entlastungsfeld 58 abgleitet.

In Figur 2 ist mit einem Punkt 62 eine Druckmittelversorgung für die Tasche 60 angedeutet. Während des Umlaufs der Zylindertrommel 4 entlang dem Steuerspiegel 14 tritt über die Hochdrucknieren 16 Druckmittel in den Spalt zwischen dem Hauptentlastungsfeld 56 und der Stirnfläche 12 der Zylindertrommel 4 ein, so dass die Zylindertrommel 4 durch diesen Entlastungsdruck entlastet wird und somit ein vorzeitiger Verschleiß der Stirnfläche 12 oder des Steuerspiegels 14 verhindert wird. Diese Entlastung ist im wesentlichen durch die Ringfläche des Vorsprungs 54 bestimmt, so dass eine vergleichsweise einfache Anpassung der Entlastungskraft durch Variation des Innen- und Außendurchmessers des Vorsprungs 54 möglich ist. Die wesentlich kleinere Entlastungsfläche 58 kann über die angedeutete eigene Druckmittelversorgung 62 oder durch die Druckmittelverbindung mit dem Hauptentlastungsfeld 56 ebenfalls mit Hochdruck beaufschlagt sein, so dass dieses wesentlich kleinere Entlastungsfeld ebenfalls zur Entlastung der Zylindertrommel 4 beiträgt. Wie im Folgenden noch detailliert erläutert wird, kann das Entlastungsfeld 58 über eine geeignete Ventileinrichtung im Motorbetrieb drucklos geschaltet werden, so dass dann lediglich das Hauptentlastungsfeld 56 zur Zylinderentlastung beiträgt und somit das eingangs geschilderte Abheben der Zylindertrommel 4 vermieden werden kann. Im Pumpenbetrieb wird das Entlastungsfeld 58 über diese Ventileinrichtung mit Hochdruck beaufschlagt, so dass die im Pumpenbetrieb erforderliche höhere Zylinderentlastung gewährleistet ist. Auf diese Weise ist es möglich, die Axialkolbenmaschine ohne Veränderung der Bauelemente sowohl im Pumpenbetrieb als auch im Motorbetrieb einzusetzen, ohne dass funktionale Nachteile zu befürchten sind.

Die Ansteuerung des Entlastungsfelds 58 wird anhand einiger Ausführungsbeispiele erläutert.

Figur 3 zeigt eine Variante, bei der der an den HD-Steuernieren 16 anliegende Druck über einen Versorgungskanal 64 zwischen einer Konstantdrossel 66 und einer verstellbaren Drossel 72 (Druckteiler) abgegriffen wird, die in Reihe geschaltet sind. Je nach Einstellung der verstellbaren Drossel 72 kann der Druck in der Versorgungsleitung 64, die zum Entlastungsfeld 58 genauer gesagt in die von diesem umgriffene Tasche 60 führt, eingestellt werden. Dieser Druck kann dem Hochdruck entsprechen (verstellbare Drossel 72 ganz zu) oder einen nahezu beliebigen Druckwert einnehmen, der kleiner als der Hochdruck und größer als der Niederdruck ND ist.

Der Druck im Versorgungskanal 64 kann über einen Druckanzeiger 68 angezeigt werden. Von dem Versorgungskanal 64 zweigt ein Entlastungskanal 70 ab, der mit einem Niederdruck führenden Druckraum ND verbunden ist und in dem die verstellbare Drossel 72 angeordnet ist. Im Bereich zwischen der HD-Steuerniere 16 und der ersten Drossel 66 ist ein Entlastungsventil 74 angeordnet, das bei diesem Ausführungsbeispiel als 2/2-Wegeventil ausgeführt ist und über eine Feder in eine Öffnungsstellung vorgespannt ist und mechanisch in eine Sperrstellung umschaltbar ist, um die Druckmittelverbindung zwischen der HD-Steuerniere 16 bzw. dem Hauptentlastungsfeld 56 und dem Entlastungsfeld 58 abzusperren.

Diese Betätigung kann über nicht dargestellte Stellteile erfolgen. Prinzipiell ist es auch möglich den anhand von Figur 1 erläuterten Rückstellzylinder 42 so auszuführen, dass dieser die Funktion des Entlastungsventil 74 übernimmt und somit den Versorgungskanal 64 auf- oder zusteuert. Das Verschwenken der Schrägscheibe 32 wäre dann mit einem Schalten des Umschaltventils 74 gemäß Figur 3 gleichzusetzen.

Eine konkrete Lösung dieses Konzepts ist in Figur 1 gestrichelt eingezeichnet. Der Rückstellzylinder 42 ist im Pumpenbetrieb in Richtung „- a“ in Figur 1 ausgefahren. Zum Umstellen Motorbetrieb wird die Schrägscheibe 32 bei Einfahren des Rückstellzylinders 32 in Richtung „- a“ verschwenkt. Beim Einfahren fährt ein Kolben 41 ein. Der zylinderseitige Endabschnitt des Kolbens 41 ist in der Darstellung gemäß Figur 1 gestrichelt dargestellt. Dessen Stirnfläche 43 begrenzt im Inneren des Rückstellzylinders 42 einen Druckraum 45, der über eine nicht dargestellte Leitung mit

HD beaufschlagt ist. Dieser Druckraum 45 ist über eine oder mehrere Radialbohrungen 47 mit dem in Figur 1 angedeuteten Versorgungskanal 64 verbunden. Bei der Verstellung des Kolbens 41 in Richtung „- a“ (Motorbetrieb) überfährt die Stirnseite 43 des Kolbens 41 diese Radialbohrung 47, so dass die Verbindung des Versorgungskanals 64 zum HD abgesperrt wird. D. h., der Kolben 41 des Rückstellzylinders 42 übernimmt im Zusammenwirken mit der Radialbohrung 47 die Funktion des in Figur 3 dargestellten Umschaltventils 74. Durch dieses Umschalten ist die Druckmittelverbindung des Entlastungsfelds 58 zum Hochdruck unterbrochen und das Druckmittel kann über die Entlastungsdrössel 72 zum Niederdruck abströmen. Parallel dazu erfolgt auch eine Entlastung über das abfließende Lecköl 62, so dass das Entlastungsfeld drucklos geschaltet ist und somit lediglich das Hauptentlastungsfeld 56 wirksam ist.

Die vorbeschriebenen Kanäle 64, 70 können in beliebiger Weise in der Steuerspiegel 14, der Zylindertrommel 4, der Anschlussplatte 20 oder im Gehäuse 30 ausgebildet sein. Selbstverständlich ist es auch möglich, das Umschalten des Entlastungsventils 74 auf andere Weise, beispielsweise elektrisch/elektrohydraulisch über eine Steuerung durchzuführen.

Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Steuerspiegels 14, bei dem das Hauptentlastungsfeld 56 direkt mit dem Entlastungsfeld 58 verbunden ist, d.h. bei diesem Ausführungsbeispiel fällt die in Figur 2 rechte innere Umfangswandung des rahmenförmigen Entlastungsfelds 58 mit dem entsprechenden Abschnitt des Vorsprungs 54 zusammen, so dass der Versorgungskanal gemäß Figur 3 entfallen kann. Der Entlastungskanal 70 mündet bei dieser Variante direkt in die Tasche 60 ein. Die Tasche 60 wird über den Bereich des Entlastungsfelds 58 mit Druckmittel gefüllt, der der Hochdruckseite zugewandt ist. Der Druckmittelabfluss erfolgt über die niederdruckseitigen Umfangsbereiche des Entlastungsfelds 58, so dass in der Tasche 60 in etwa der gleiche Druck wie am Entlastungsfeld 58 anliegt.

Das Entlastungsventil 74 ist bei diesem Ausführungsbeispiel im Entlastungskanal 70 angeordnet und durch die Feder in eine Sperrstellung vorgespannt, um das Entlastungsfeld 58 im Pumpenbetrieb mit Hochdruck zu beaufschlagen. Im Motorbetrieb

wird das Entlastungsventil 74 in die Öffnungsstellung umgeschaltet, so dass das Entlastungsfeld 58 druckentlastet wird, während das Hauptentlastungsfeld 56 weiter über die HD-Steuernieren 16 mit Hochdruck beaufschlagt bleibt.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Entlastungsventil 74 wiederum mechanisch betätigt (siehe Ausführungen zum Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3). Wie in Figur 5 dargestellt, kann anstelle des mechanisch betätigten Wegeventils ein elektrisch oder elektrohydraulisches betätigtes Entlastungsventil 74 verwendet werden. Dieses ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel ein proportional verstellbares Druckbegrenzungsventil zur Regelung des Drucks im Entlastungskanal 70 und somit am Entlastungsfeld 58. Selbstverständlich kann ein derartiges proportional verstellbares Regelventil auch bei den anderen, hier beschriebenen Lösungen verwendet werden.

Wie bereits eingangs erläutert, neigt die Zylindertrommel 4 des Triebwerks 2 im Pumpenbetrieb bei hohen Drehzahlen und niedrigem Druck zum Abheben vom Steuerspiegel 14. Dabei kippt die Zylindertrommel 4 aufgrund der Reibkräfte der ausfahrenden Kolben 8 auf der Niederdruckseite um die Hochdruckseite, d.h. um die in den Figuren 2, 3 und 4 linke Seite des Steuerspiegels 14. Diese Kippbewegung wird durch das bei Pumpenbetrieb wirksame Entlastungsfeld 58 gemindert, so dass die Zylindertrommel 4 hydrostatisch abgestützt ist und somit die Abhebedrehzahl nach oben hin verschoben wird.

Bei herkömmlichen Lösungen wird dieses Abkippen durch Vorsehen eines außen liegenden Stützrandes an der Zylindertrommel 4 verhindert.

In Figur 6 ist eine Modifikation des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 3 dargestellt. Bei dieser Variante ist der Versorgungskanal 64 über einen Meldekanal 80 auf die Niederdruckseite geführt, um eine Kippbewegung der Zylindertrommel 4 besser erfassen zu können. Dies ist deshalb möglich, da in diesem niederdruckseitigen Bereich sich der größere Spalt ergibt, was wiederum über das Lecköl im Bereich der Bohrung 82 zu einem signifikanten Druckabfall im Entlastungsfeld 58 führt. Mit anderen Worten gesagt, aufgrund des erhöhten Leckölstroms sinkt der Druck im Bereich der Bohrung 82

und somit der Druck am Entlastungsfeld 58 ab. Dadurch verringert sich entsprechend die Entlastungskraft mit dem Ergebnis, dass die Zylindertrommel 4 wieder stärker an den Steuerspiegel 14 gepresst wird. Die kausale Reihenfolge ist dann durch die Kette: Lecköländerung → Druckänderung → Entlastungsänderung bestimmt. Die Schaltung gemäß Figur 6 entspricht somit einer hydraulischen Abhebesicherung. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 ist das Entlastungsventil 74 nicht dargestellt – dies kann selbstverständlich auch bei dieser Variante vorgesehen sein.

Falls über die Hydromaschine schnelle Last- und Drehrichtungswechsel gesteuert werden sollen, wie sie beispielsweise beim Reversieren auftreten können, werden die dann vorzugsweise als Konstanteinheiten ausgeführten Hydromaschinen im 4-Quadrantenbetrieb betrieben. Dies bedeutet, dass beim Reversieren Hochdruck- und Niederdruckseite an den Anschlüssen der Hydromaschine und auch entsprechend die Strömungsrichtung in der Hydromaschine wechseln. Für die erfindungsgemäße Lösung erfordert dies, dementsprechend die Strömungsrichtung und die Hochdruck-/Niederdruckseite zu erfassen und in Abhängigkeit von diesen Kenngrößen das Entlastungsfeld anzusteuern. Figur 7 zeigt ein hydraulisches Ausführungsbeispiel für eine derartige Lösung. Dabei ist der Steuerspiegel 14 mit zwei diametral zueinander angeordneten Entlastungsfeldern 58a, 58b ausgeführt, deren Grundaufbau dem Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 3 und 6 entspricht, so dass weitere Erläuterungen entbehrlich sind. Die in den Figuren rechts angeordnete Steuerniere ist nicht durch einen vergleichsweise langen Kreissegmentabschnitt sondern wie die HD-Steuernieren 16 durch eine Vielzahl von kleineren, zueinander beabstandeten Steuernieren 18 ausgebildet, die die gleiche Teilung wie die Steuernieren 16 aufweisen. Im Pumpenbetrieb wird je nach Lage der Hochdruckseite und Strömungsrichtung eines der Entlastungsfelder 58a, 58b mit dem Entlastungsdruck beaufschlagt und das jeweils andere Entlastungsfeld 58b, 58a drucklos geschaltet. Dies kann beispielsweise durch eine Schaltung gemäß Figur 7 erfolgen, die einen symmetrischen Aufbau aufweist.

Die Steuernieren 16, 18 sind über die in Figur 1 dargestellte Anschlussplatte 20 mit den beiden Anschlüssen A, B verbunden, wobei diese Druckmittelverbindung über Kanäle 84, 86 erfolgt, in denen jeweils Blenden 88, 90 angeordnet sind. Der Druck in den Kanälen 84, 86 wird zu den Eingängen eines Wechselventils 91 geführt, dessen

Ausgang an den Versorgungskanal 64 angeschlossen ist, in dem die Drossel 66 angeordnet ist. Der Versorgungskanal 64 verzweigt beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7 in zwei Versorgungskanalzweige 64a, 64b, die jeweils zum Eingang eines Entlastungsventils 74a, 74b führen. Dieses ist als 3/2-Wegeventil ausgeführt, wobei ein Ausgangsanschluss A über einen Kanalabschnitt 92a, 92b mit dem jeweiligen Entlastungsfeld 58a, 58b oder genauer gesagt der umgriffenen Tasche 60a, 60b verbunden ist. Der dritte Anschluss T ist mit dem Niederdruck ND verbunden. Das Entlastungsventil 74a, 74b ist in eine Grundposition vorgespannt, in der der Druckanschluss P abgesperrt ist und der Kanalabschnitt 92a, 92b mit dem Niederdruck ND (Tank) verbunden ist. In Richtung der Umschaltposition, in der der Druckanschluss P mit dem Arbeitsanschluss A verbunden ist, sind die beiden Entlastungsventile 74a, 74b jeweils vom Druck im zugeordneten Kanal 84, 86 beaufschlagt, der über eine Steuerleitung 96a, 96b abgegriffen wird.

Im Bereich zwischen den Eingängen des Wechselventils 91 und den Steuernieren 16, 18 zweigt jeweils ein Bypasskanal 98a, 98b ab, der die jeweilige Blende 88, 90 umgeht und in dem ein entsperresbares Rückschlagventil 100a, 100b angeordnet ist, das durch den Druck im jeweils anderen Bypasskanal 98b, 98a entsperresbar ist. In der entsperressten Position lässt das Rückschlagventil 100a, 100b eine Druckmittelströmung in Richtung zu den Anschlüssen A bzw. B zu, wobei die jeweilige Blende 88, 90 umgangen wird. Der Druck stromabwärts der Blenden 88, 90 bzw. im Einmündungsbereich des Bypasskanals 98a, 98b in den Arbeitskanal 84, 86 wird über einen Steuerkanal 102a, 102b abgegriffen und zu einer in Schließrichtung wirksamen Steuerfläche des anderen Entlastungsventils 74a, 74b gemeldet.

Wie in Figur 7 weiter dargestellt ist, ist der Versorgungskanal 64 stromabwärts der Verzweigung zu den Kanalabschnitten 64a, 64b über die verstellbare Drossel 72 mit dem Niederdruck ND (Tank) verbunden.

Es sei nun angenommen, dass die Axialkolbenmaschine 1 im Pumpenbetrieb läuft, wobei am Anschluss A der Hochdruck anliegt und der Anschluss B die Saugseite (ND) darstellt. Durch den höheren Druck im Kanal 84 wird das Entlastungsventil 74a in seine Durchgangsstellung umgeschaltet, in der der Versorgungskanalabschnitt 64a mit dem

Kanalabschnitt 92a verbunden ist. Das Druckmittel kann dann von der Hochdruckseite über das Wechselventil 91, den Versorgungskanal 64 und den Versorgungskanalabschnitt 64a sowie den Kanalabschnitt 92a zum Entlastungsfeld 58a strömen, so dass an diesem der Hochdruck anliegt. Dabei bleibt das Entlastungsventil 74b in seiner Feder vorgespannten Grundposition, so dass das in Figur 7 rechte Entlastungsfeld 58b zum Niederdruck ND hin entlastet ist. Durch den hohen Druck im Kanal 84 wird das niederdruckseitige Rückschlagventil 100b entsperrt. Bei aufgesteuertem Rückschlagventil 100b liegt an beiden Seiten des Entlastungsventils 74b der gleiche Steuerdruck an, so dass dieses über die Kraft der Feder in seine Grundposition vorgespannt ist, in der das Entlastungsfeld 58b zum ND hin entlastet ist. Die Strömungsrichtung wird über den Druckabfall an der Blende 88 (oder 90) erfasst.

Die Funktion im Motorbetrieb ist entsprechend. Prinzipiell ist der Aufbau gemäß den Figuren 6 und 7 für einen 4-Quadrantenbetrieb mit den damit einhergehenden Druckseitenwechseln und Strömungsrichtungswechseln (Pumpe/Motor) ausgelegt.

Wie ausgeführt, kann über eine derartige Steueranordnung sowohl die Strömungsrichtung des Druckmittels als auch die Lage der Hochdruckseite erfasst und in Abhängigkeit von diesen Parametern die Entlastungsflächen 58a, 58b gesteuert werden.

Figur 8 zeigt eine elektrohydraulische Lösung mit einem gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7 vereinfachten Aufbau.

Der Aufbau des Steuerspiegels 14 ist der gleiche wie beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7, d.h. es sind zwei Entlastungsfelder 58a, 58b vorgesehen und die hochdruck- bzw. niederdruckseitigen Steuernieren 16, 18 sind durch insgesamt fünf, auf einem gemeinsamen Teilkreis liegende vergleichsweise kleine Nieren ausgeführt. Je nach Betriebsweise der Axialkolbenmaschine können diese Entlastungsfelder 58a, 58b über eine Steuerung angesteuert werden.

Die Anschlüsse A, B sind wieder über Kanäle 84, 86 in der Anschlußplatte 20 mit der Hochdruckseite bzw. der Niederdruckseite verbunden. Der Druck in diesen beiden

Kanälen 84, 86 liegt an den Eingängen des Wechselventils 91 an, dessen Ausgang über den Versorgungskanal 64 und die Drossel 66 mit den Versorgungskanalzweigen 64a, 64b verbunden ist, die jeweils zu einem der Entlastungsfelder 58a, 58b führen. Die Versorgungskanalzweige 64a, 64b sind über den Entlastungskanal 70 und die verstellbare Drossel 72 mit dem ND verbunden.

In den Versorgungskanalzweigen 64a, 64b ist jeweils ein elektrisch oder elektrohydraulisch verstellbares Entlastungsventil 74a, 74b vorgesehen, das in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Lage des Hochdruckfeldes sowie dem Betriebsmodus (Pumpe, Motor) angesteuert wird, um das jeweilige Entlastungsfeld 58a, 58b mit Druck zu beaufschlagen oder zu entlasten. In entsprechender Weise kann die Ansteuerung der Entlastungsventile 74a, 74b auch erfolgen, um ein Kippen oder Abheben der Zylindertrommel 4 zu unterbinden oder zumindest in höhere Drehzahlbereiche zu verschieben.

Die beiden Entlastungsventile 74a, 74b sind ebenfalls als 2/2-Wegeventile ausgeführt, wobei die Entlastungsfelder 58a, 58b in der federvorgespannten Grundposition dieser Entlastungsventile 74a, 74b auf Niederdruck gelegt sind. In Reihe zu jedem Entlastungsventil 74a, 74b ist ein 2/2-Wege-Schaltventil 102a, 102b vorgesehen, das in eine Schließposition vorgespannt ist und das über den Druck in den Kanälen 84, 86 umschaltbar ist. Dieser Druck wird über einen Steuerkanal 104a, 104b abgegriffen. In dem Fall, in dem der Anschluss A mit Hochdruck beaufschlagt ist (Steuernieren 16 sind HD-Nieren), wird das Schaltventil 102a umgeschaltet und das Entlastungsfeld 58a über das Wechselventil 91, die Drossel 66, den Versorgungskanal 64, den Versorgungskanalabschnitt 64a sowie das über die Steuerung aufgesteuerte Entlastungsventil 74 mit dem Hochdruck beaufschlagt. Das dann im Niederdruckzweig gelegene Schaltventil 102b bleibt in seiner Feder vorgespannten Sperrstellung, so dass das andere Entlastungsfeld 58b druckentlastet ist.

Die Strömungsrichtung des Druckmittels wird über die Drehrichtung der Zylindertrommel 4 bestimmt. Diese wird über einen geeigneten Sensor erfasst und an die Steuerung gemeldet, so dass diese in Abhängigkeit von der Drehrichtung oder

genauer gesagt von der Druckmittelströmungsrichtung und vom Betriebszustand ein geeignetes Signal an die Versorgungsventile 74a, 74b abgeben kann.

Offenbart ist eine Axialkolbenmaschine mit einem in Abhängigkeit vom Betriebsmodus steuerbaren Entlastungsfeld.

Patentansprüche

1. Axialkolbenmaschine mit einer drehbar gelagerten Zylindertrommel (4), in der eine Vielzahl von durch jeweils einen Kolben (8) abschnittsweise begrenzte Zylinderräume (10) ausgebildet sind, die während der Rotation der Zylindertrommel (4) über einen an einer Stirnseite (12) der Zylindertrommel (4) anliegenden Steuerspiegel (14) mit Hochdruck (HD) oder Niederdruck (ND) verbindbar sind, und mit einem mit einem Entlastungsdruck beaufschlagten Entlastungsfeld (58) zur Verringerung der Flächenpressung zwischen Zylindertrommel (4) und Steuerspiegel (14), gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung, über die das Entlastungsfeld (58) in Abhängigkeit vom Betriebsmodus entlastbar ist.
2. Axialkolbenmaschine nach Patentanspruch 1, wobei die Steuereinrichtung eine stetig verstellbare oder schaltbare Ventileinrichtung (74) hat, über die das Entlastungsfeld (58) mit Niederdruck (ND) oder mit Hochdruck (HD) beaufschlagbar ist.
3. Axialkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei zusätzlich zum steuerbaren Entlastungsfeld (58) ein Hauptentlastungsfeld (56) vorgesehen ist.
4. Axialkolbenmaschine nach Patentanspruch 3, wobei die Summe der Wirkflächen des Entlastungsfelds (58) und des Hauptentlastungsfelds (56) etwas größer als die druckbeaufschlagte Gesamtfläche der Kolben (8) und diese Gesamtfläche wiederum größer als die Wirkfläche des Hauptentlastungsfelds (56) ist.
5. Axialkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Entlastungsfeld (58, 56) am Steuerspiegel (14) ausgebildet ist.
6. Axialkolbenmaschine nach Patentanspruch 5, wobei das Hauptentlastungsfeld (56) als ringförmiger Vorsprung (54) ausgebildet ist, in dem die Steuernieren (16, 18) münden und/oder das Entlastungsfeld (58) radial versetzt zu den hochdruckseitigen Steuernieren (16) angeordnet ist.

7. Axialkolbenmaschine nach einem der Patentansprüche 3 bis 6, wobei das Entlastungsfeld (58) hydraulisch mit dem Hauptentlastungsfeld (56) verbunden ist oder über eine eigene Druckmittelversorgung verfügt.
8. Axialkolbenmaschine nach Patentanspruch 2 oder einem der darauf bezogenen Ansprüche, wobei die Druckmittelversorgung extern über die Ventileinrichtung (74) erfolgt.
9. Axialkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei jeder Drehrichtung der Zylindertrommel (4) ein Entlastungsfeld (58a, 58b) zugeordnet ist.
10. Axialkolbenmaschine nach Patentanspruch 9, wobei die Steuereinrichtung eine Einrichtung zum Erfassen der Druckmittelströmungsrichtung und der Lage der Hochdruckseite hat.
11. Steuerspiegel für eine Axialkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, mit mehreren Steuernieren (16, 18) und einem im Bereich der Steuernieren (16, 18) ausgebildeten Hauptentlastungsfeld (56) sowie einem demgegenüber radial versetzten Entlastungsfeld (58), dessen Größe wesentlich geringer als diejenige des Hauptentlastungsfelds (56) ist.

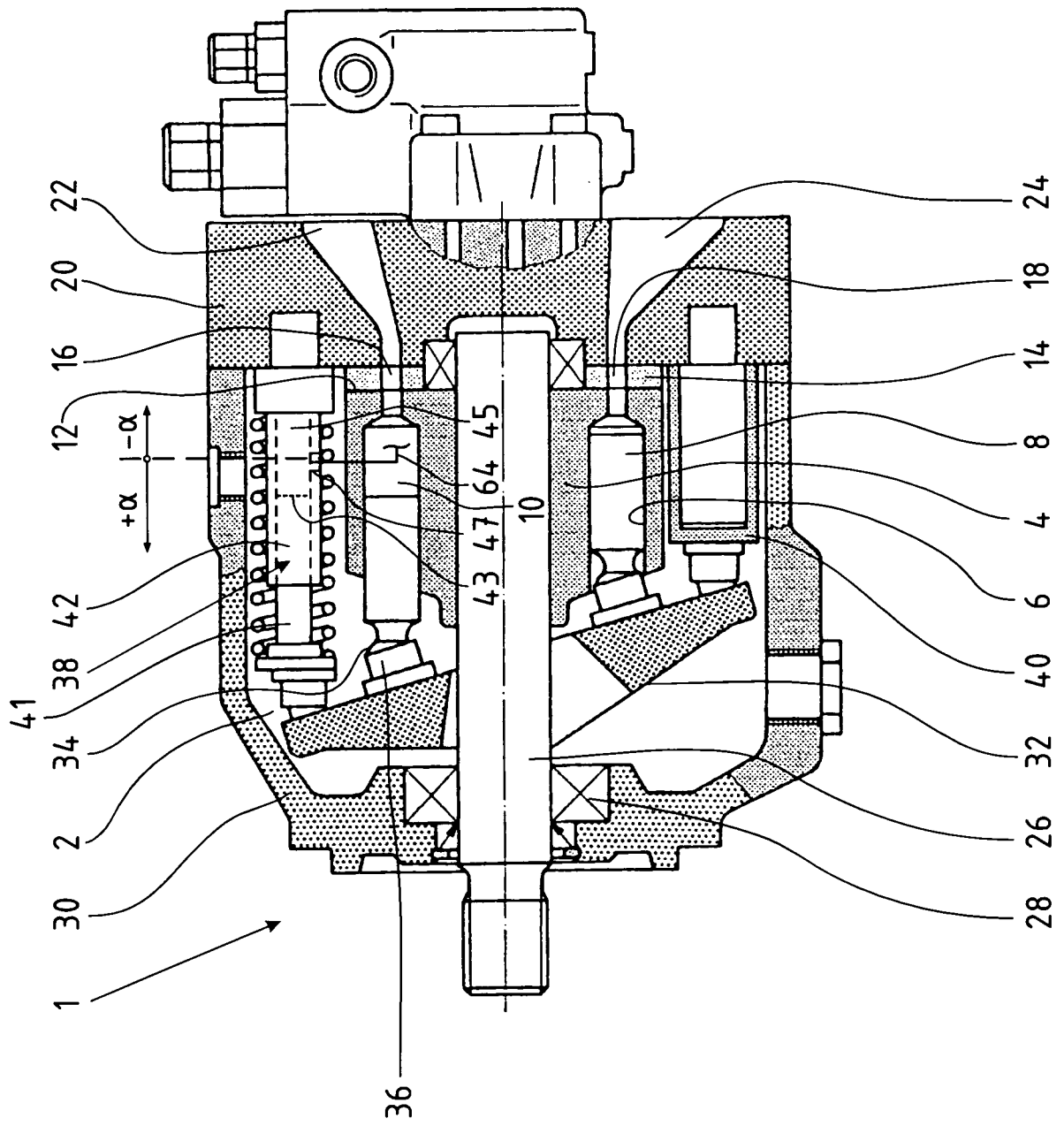


Fig.1

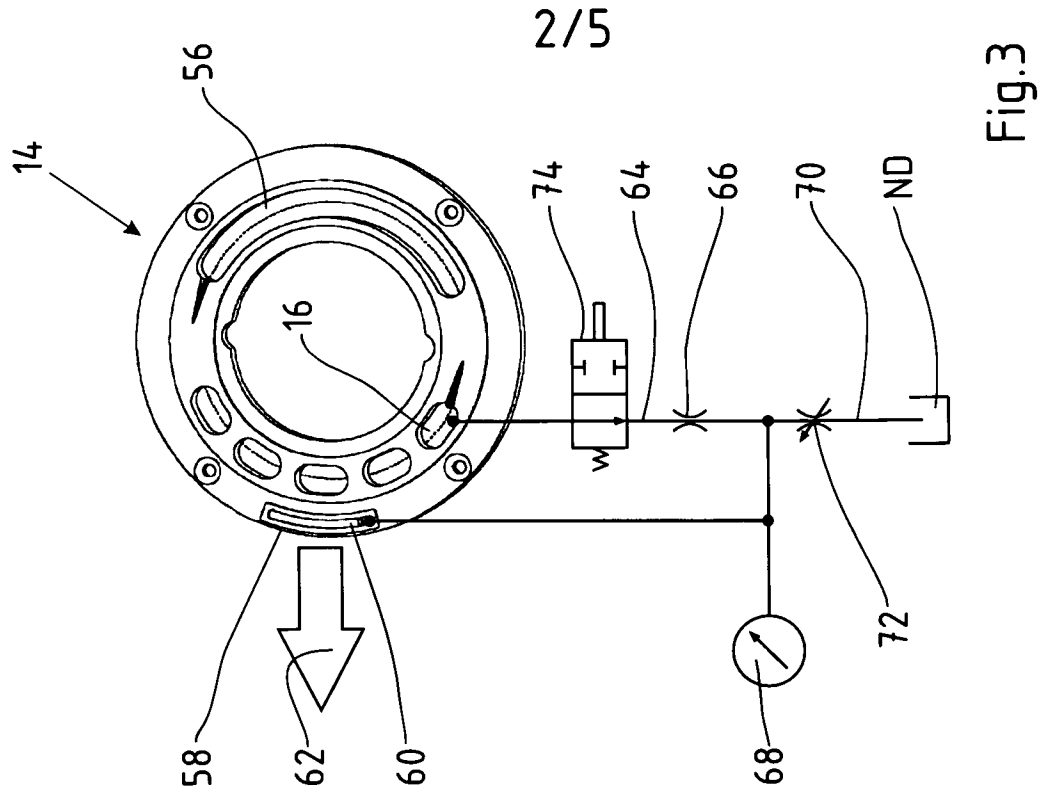


Fig.3

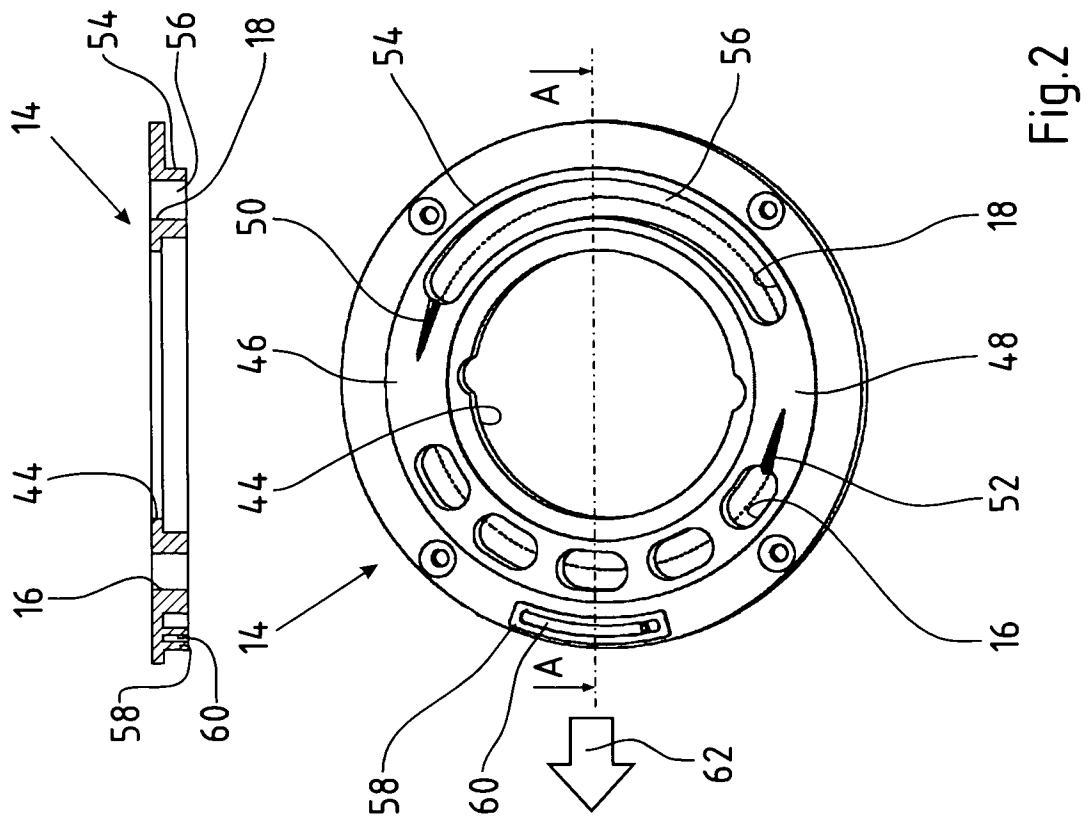


Fig.2

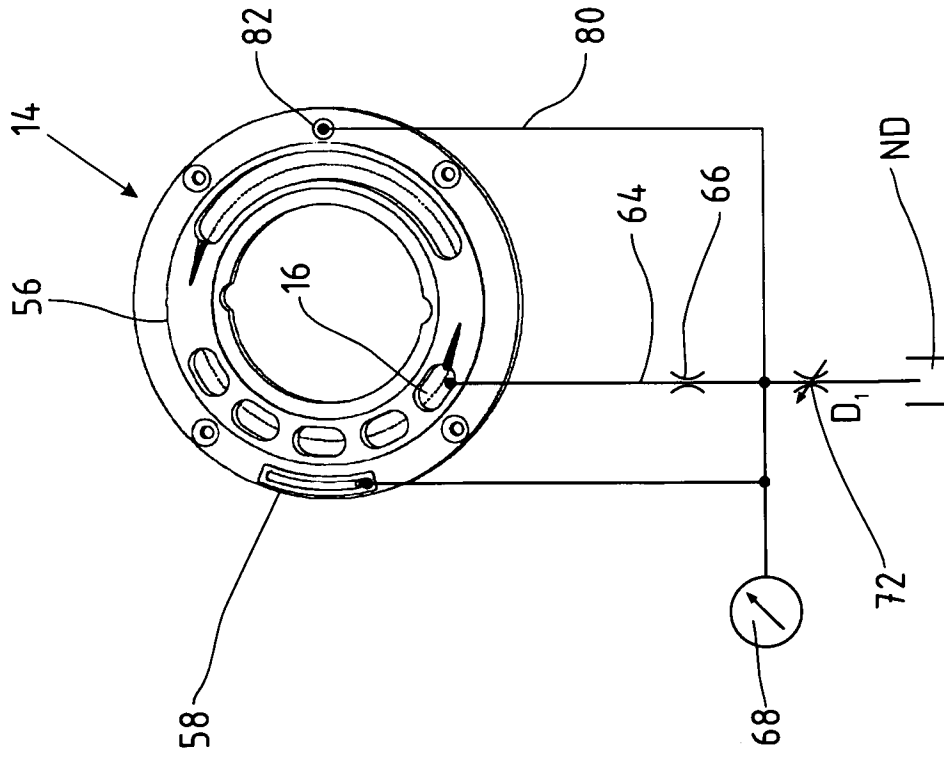


Fig. 6

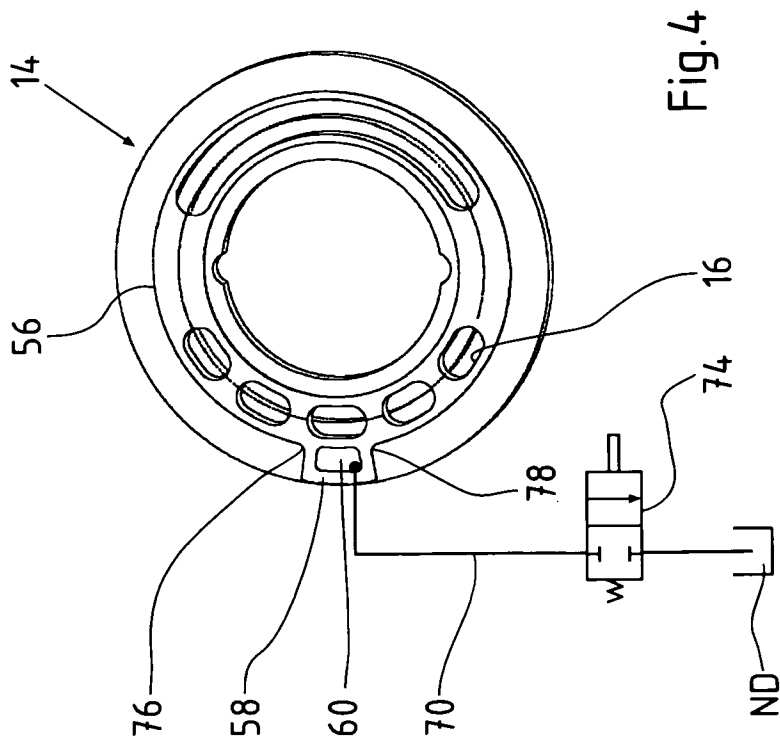


Fig. 4

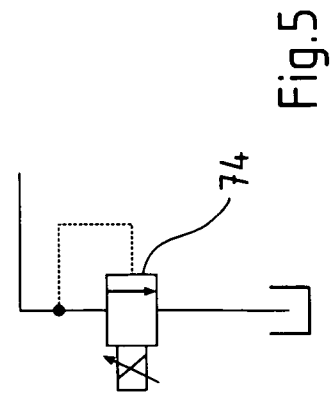


Fig. 5

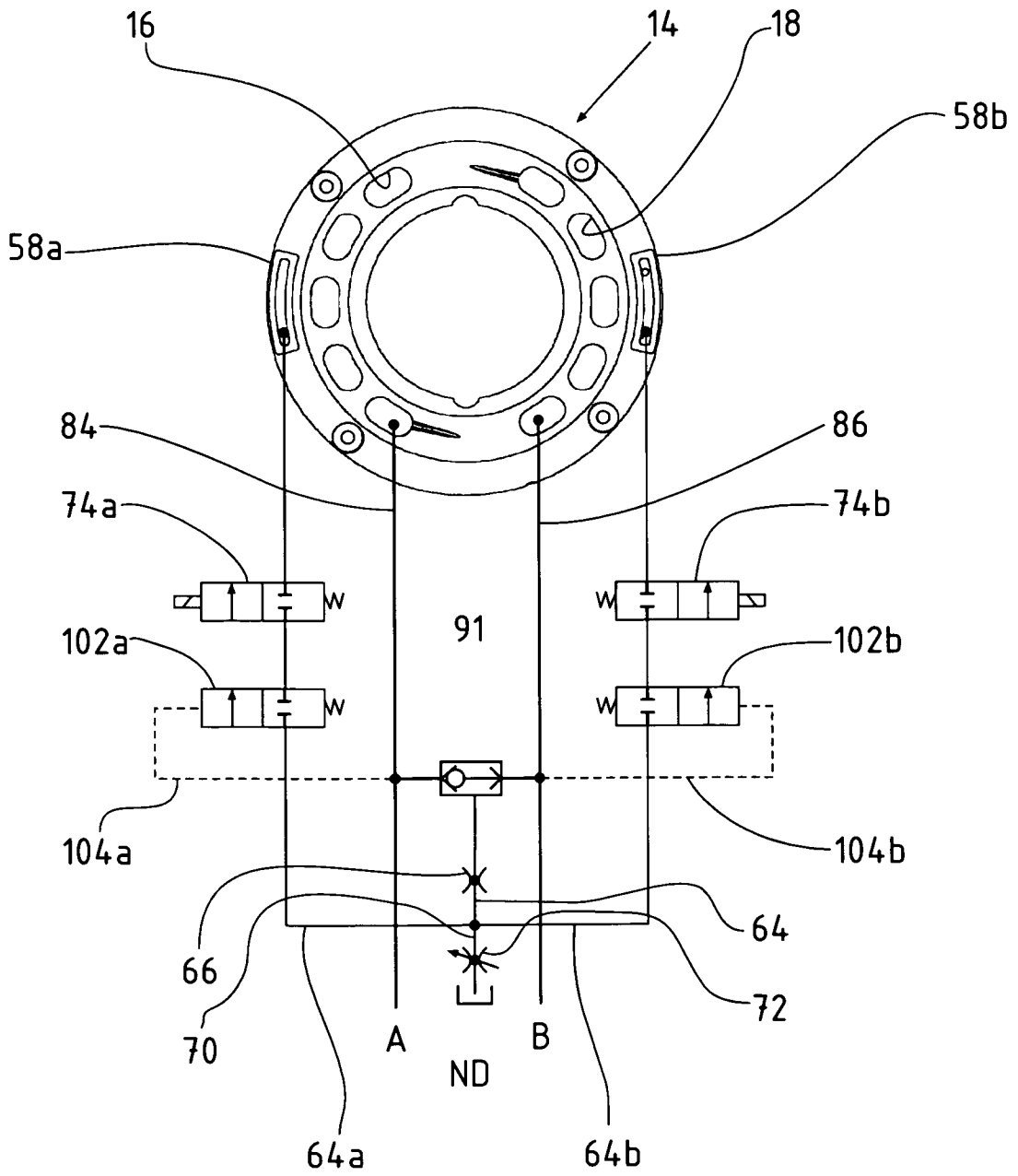


Fig.8