(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 215 369 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.06.2002 Patentblatt 2002/25

(51) Int Cl.[7]: **F01L 9/02**

(21) Anmeldenummer: **01129480.8**

(22) Anmeldetag: **11.12.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **12.12.2000 AT 20622000**

(71) Anmelder: **Jenbacher Aktiengesellschaft**
6200 Jenbach/Tirol (AT)

(72) Erfinder:
- **Garstenauer, Michael**
  4040 Linz (AT)
- **Krimbacher, Norbert**
  4030 Linz (AT)
- **Scheidl, Rudolf**
  3253 Erlauf (AT)

(74) Vertreter: **Torggler, Paul, Dr. et al**
Wilhelm-Greil-Strasse 16
6020 Innsbruck (AT)

(54) Vollvariabler hydraulischer Ventilantrieb

(57) Vollvariabler hydraulischer Ventilantrieb mit einer hydraulischen Antriebseinheit, insbesondere Kolben-Zylindereinheit, welche zum Öffnen und Schließen eines Ventils, insbesondere einer Brennkraftmaschine, mit Hydraulikfluid beaufschlagt ist, wobei die Antriebseinheit des Ventils beim Schließ- oder Öffnungshub einen Zwischenspeicher mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid beaufschlagt, wobei dieses im Zwischenspeicher (Z1) unter Druck gespeicherte Hydraulikfluid anschließend bei dem entgegengesetzten Hub wieder die Antriebseinheit des Ventils (V) antreibt.

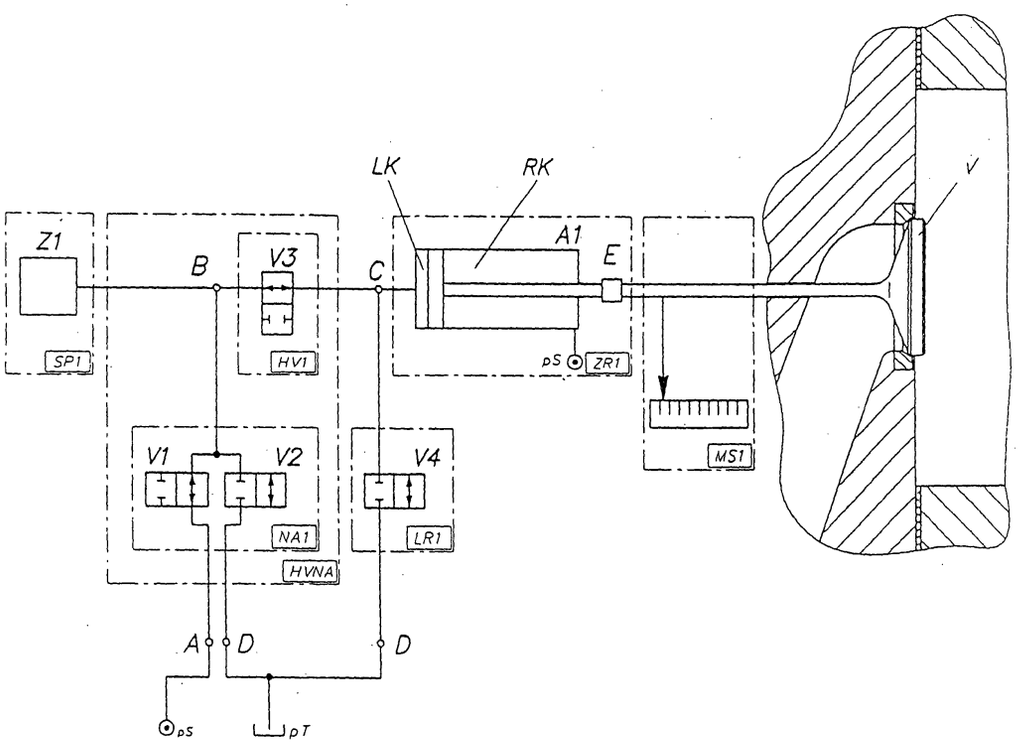

Fig. 2

EP 1 215 369 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen vollvariablen hydraulischen Ventilantrieb mit einer hydraulischen Antriebseinheit, insbesondere Kolben-Zylindereinheit, welche zum Öffnen und Schließen eines Ventils, insbesondere einer Brennkraftmaschine, mit Hydraulikfluid beaufschlagt ist, wobei die Antriebseinheit des Ventils beim Schließoder Öffnungshub einen Zwischenspeicher mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid beaufschlagt.

[0002] Bei den heutigen Verbrennungsmotoren wird zunehmend in den Betrieb des Motors aktiv eingegriffen. Damit ist es möglich, den Wirkungsgrad zu steigern und damit Kraftstoff zu sparen und die Schadstoffemission zu verringern. Ein Schritt in diese Richtung ist die Beeinflussung der Abgasabfuhr und der Frischluftzufuhr bzw. der Zufuhr des Gasgemisches. Um eine gegenüber dem Stand der Technik weiterreichende Beeinflussung in diesem Bereich durchführen zu können, ist es notwendig, jedes einzelne Ventil eines Motors getrennt steuern zu können. Für einen vollständigen Eingriff in diesen Teil des Kreisprozesses müssen die Öffnungsdauer, die Öffnungszeitpunkte und die Öffnungshübe der einzelnen Ventile beliebig variiert werden können. Die Erfindung beschäftigt sich mit einer energieeffizienten Realisierung eines vollvariablen Ventilantriebs in hydraulischer Ausführung.

[0003] Es gibt verschiedenste Verfahren zur Realisierung eines variablen Ventilantriebs. Die einzelnen Verfahren können in folgende Gruppen mit den zu diesen Gruppen gehörenden einzelnen Patentnummern unterteilt werden:

[0004] Als Beispiele für Systeme ohne Nockenwelle sind mit dem elektrischen Funktionsprinzip die DE 330 707 070, die US 4 375 793 und die EP 0 390 519 zu nennen. Ein System ohne Nockenwelle mit pneumatischem Funktionsprinzip wird in der DE 37 39 775 und der US 5 193 495 gezeigt. Ein System ohne Nockenwelle mit hydraulischem Funktionsprinzip wird in der DE 20 08 668, in der DE 39 09 822 A1, in der DE 38 33 459, in der DE 38 36 725, in der EP 0 19 376, in der WO 84/01 651, in der US 5 272 136 und in der US 5 829 396 gezeigt. Auf dem mechanischen Funktionsprinzip beruhende Systeme ohne Nockenwelle werden in der DE 20 06 618, der DE 23 63 891, der DE 24 28 915, der DE 368 775, der US 4 231 130, der DE 31 26 620, der DE 33 26 096, der DE 34 15 245, der DE 38 00 347, der DE 40 36 279, der DE 36 21 080, der DE 30 15 005, der US 5 103 779, der DE 21 01 542 und der DE 29 26 327 gezeigt.

[0005] Neben den genannten Systemen existieren auch Systeme mit Nockenwelle. Diese sind zum einen Systeme mit konventioneller Nockenwelle. Hier werden verschiedene Stellen des Eingriffs in die Variabilität des Ventilantriebs durch Kopplung von Hydraulik und Mechanik, Verwendung mehrerer Nockenwellen usw. realisiert. Daneben existieren Systeme mit speziellen Nokkenwellen. Hier werden verschiedene Stellen des Eingriffs in die Variabilität des Ventilantriebs durch mechanische Getriebe realisiert. Zusammenfassend gibt es eine Vielzahl an Patenten, die sich mit Systemen mit Nokkenwellen beschäftigen.

[0006] Bei der Realisierung eines variablen Ventilantriebs mit einem magnetischen Antrieb müssen ein hoher Leistungsbedarf und hohe Entwicklungskosten in Kauf genommen werden. Außerdem muß der Motornotlauf bei Stromausfall aufwendig realisiert werden. Die Leistungsdichte von Elektromagneten ist im Vergleich zur Hydraulik sehr gering, die Realisierung daher platzaufwendig.

[0007] Pneumatische Antriebe benötigen ebenfalls eine große Leistung. Die Leistungsdichte ist im Vergleich zu elektromagnetischen Antrieben nur unwesentlich größer.

[0008] Hydraulische Antriebe ermöglichen aufgrund ihrer hohen Leistungsdichte kompakte Realisierungen. In den oben angegebenen Patenten wird nur ein kleiner Teil der zugeführten Leistung zwischengespeichert. Daher benötigen diese Schaltvarianten große Anschlußleistungen. Stellvertretend für den Stand der Technik wird das Patent US 5,272,136 in der Figurenbeschreibung erläutert. Bei der diesem Patent gemäßen Ausführungsform eines Ventilantriebs wird eine teilweise Energierückgewinnung erzielt. Ein großes Problem dieser Anordnung ist jedoch, daß die Hydraulikventile bei den größten Ventilgeschwindigkeiten und somit bei den größten Volumenströmen geöffnet und geschlossen werden. Dadurch wird aufgrund endlicher Ventilgeschwindigkeiten Energie durch Drosselverluste in Wärme umgewandelt. In anderen Patenten wird die aufgewendete Energie überhaupt nicht zurückgewonnen. Diese Ventilantriebe haben daher einen großen Leistungsbedarf.

[0009] Einen weiteren hydraulischen Ventilantrieb mit einem Druckspeicher offenbart die DE 40 02 856 A1. Hier kann das aus einem Schließzylinder rückgewonnene Hydraulikmedium jedoch erst, wenn ein gewisser Druck im Speicher erreicht ist, wieder für einen Arbeitshub verwendet werden.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es somit, einen vollvariablen, gezielt ansteuerbaren hydraulischen Ventilantrieb zu schaffen, bei dem die im Ventilantrieb einmal eingesetzte Energie nahezu vollständig rückgewonnen und für den anschießenden Öffnungs- oder Schließzyklus zur Verfügung gestellt wird. Des weiteren ist es Aufgabe dieser Erfindung, die anderen Nachteile des Standes der Technik zu überwinden.

[0011] Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß dieses im Zwischenspeicher unter Druck gespeicherte Hydraulikfluid anschließend bei dem entgegengesetzten Hub wieder die Antriebseinheit des Ventils antreibt.

[0012] Die vorliegende Erfindung beschreibt somit eine Variante, welche die gesamte zugeführte Energie (bis auf die Reibungsverluste des Ventilstößels und die

Strömungsverluste durch die geöffneten Hydraulikventile) zurückgewinnt und beim nächsten Zyklus wiederverwertet. Dadurch wird der Energieverbrauch stark reduziert. Die verbleibenden Verluste werden hauptsächlich von der Baugröße, d.h. von der Größe des Nennvolumenstroms (Einheit l/min) eines schnellen Schaltventils bestimmt.

[0013] Beim erfindungsgemäßen vollvariablen hydraulischen Ventilantrieb wird das Ventil beim Öffnungs- und/oder beim Schließhub in Form eines freien Schwingers beschleunigt und gebremst, wobei vorzugsweise ein Steuerventil das Ventil in geöffnetem und geschlossenem Zustand festhält. Hierbei kann in Näherung und unter Vernachlässigung der Reibungsverluste ein freischwingendes Pendel, welches in seinen extremen Auslenkungen festgehalten wird, als physikalische Analogie angeführt werden. Im Sinne dieser Analogie entspricht es dem Zustand des Pendels, wenn es bei maximaler Auslenkung festgehalten wird und somit maximale potentielle Energie besitzt, im Falle des Ventilantriebs dem Zustand, wenn z.B. das Ventil geschlossen und damit das Hydraulikfluid im Zwischenspeicher unter Druck gespeichert wird. Wird nun das Steuerventil zwischen dem Zwischenspeicher und der Antriebseinheit des Ventils geöffnet, so entspricht dies dem Loslassen des Pendels. Nach Öffnen des Steuerventils strömt das unter Druck stehende Hydraulikfluid über das Steuerventil in den Zylinder der Antriebseinheit des Ventils und das Ventil wird beschleunigt. Dies entspricht in der Analogie des Pendels dem Pendeln. Mit zunehmender Menge an Hydraulikflüssigkeit, welche vom Zwischenspeicher in die Zylinderkammer der Ventilantriebseinheit geströmt ist, nimmt die resultierende Kraft auf die Antriebseinheit des Ventils ab. Dadurch wird das Ventil gebremst. Dies entspricht dem Pendel, wenn es über die Nullage hinausgeschwungen ist und durch die entsprechenden Kräfte abgebremst wird. Bevor die Antriebseinheit des Ventils seine Bewegungsrichtung ändert, wird das Steuerventil geschlossen und somit die Antriebseinheit in der anderen Extremlage fixiert. Dies entspricht in der Analogie dem Zustand, wenn das Pendel die zweite Extremlage erreicht hat und dort festgehalten wird. Wird das Steuerventil nun wieder geöffnet, so beginnt der entgegengesetzte Vorgang.

[0014] Wie mit der oben erläuterten Pendelanalogie gezeigt, führt der erfindungsgemäße Ventilantrieb einen Öffnungs- und/oder einen Schließhub des Ventils in einem in diesem Zeitinter-vall geschlossenen Hydrauliksystem durch. Dieses Hydrauliksystem besteht vorzugsweise aus einem Zwischenspeicher, einer Antriebseinheit des Ventils und einem Steuerventil.

[0015] Der erfindungsgemäße variable Ventilantrieb ist zum Antrieb von Ein- und Auslaßventilen geeignet. Unterschiede gibt es nur bei der Dimensionierung. Es werden daher in der nachfolgenden Beschreibung, wenn von Ventilen die Rede ist, Ein- bzw. Auslaßventile des Verbrennungsmotors angesprochen. Der mögliche Einsatzbereich des erfindungsgemäßen variablen Ventilantriebs geht über die reine Verwendung bei Verbrennungskraftmaschinen hinaus. Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich unmittelbar zur aktiven Ventilsteuerung in Kompressoren und zur Ansteuerung von schnellen Hydraulikventilen.

[0016] Beim erfindungsgemäßen Ventilantrieb wird durch hydraulische Schließkräfte das Ventil in der geschlossenen Stellung gehalten. Damit kann auf einfachem Wege Ventilspiel, wie es durch Abnutzung und Ablagerung am Ventil entsteht, ausgeglichen werden.

[0017] Bei einer erfindungsgemäßen Ausführungsform eines vollvariablen Ventilantriebs wird (werden) das bzw. die Steuerventil(e) nur dann geschaltet, wenn der durch es (sie) hindurchfließende Hydraulikflüssigkeitsvolumenstrom kleiner als 20 % des maximal durch es (sie) hindurchfließenden Volumenstroms ist. Ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel sieht vor, daß das bzw. die Steuerventil(e) nur dann geschaltet wird (werden), wenn der durch es (sie) hindurchfließende Hydraulikflüssigkeitsvolumenstrom kleiner als 10 % bzw. kleiner als 5 % des maximal durch es (sie) hindurchfließenden Volumenstroms ist. Bei dieser Ausführungsform ist die Schaltgeschwindigkeit der Hydraulikventile nicht so entscheidend wie beim Stand der Technik. Darüber hinaus wird deutlich weniger Energie durch Drosselverluste in Wärme umgewandelt.

[0018] Im Kern handelt es sich bei diesem erfindungsgemäßen Konzept um einen Positionierantrieb, der durch die folgenden erläuterten Funktionsmerkmale gekennzeichnet ist. Die Positionierung erfolgt in einem Zug. Verschiedene Postionen sind im voraus wählbar. Bei allen zu überwindenden Kräften dominiert die Beschleunigungskraft. Dadurch ist die Energierückgewinnung signifikant. Die Zeit für das Positionieren ist weitgehend unabhängig von der gewählten Position. Es wird eine hohe Dynamik und dadurch extrem kurze Positionierzeiten erreicht. Insgesamt treten beim erfindungsgemäßen Ventilantrieb nur geringe Verluste auf. Die beim Positionieren zu überwindenden Kräfte sind im voraus genau bekannt, andernfalls würden große Streuungen in der Position auftreten.

[0019] Weitere Merkmale und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung. Dabei zeigt

- Fig. 1 den Stand der Technik anhand eines Patentes von Ford,
- Fig. 2 eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen vollvariablen hydraulischen Ventilantriebs,
- Fig. 3 Varianten anderer bevorzugter Ausführungsformen.

[0020] Beim in Fig. 1 dargestellten Stand der Technik werden das Ein- bzw. Auslaßventil durch einen konstanten Systemdruck in geschlossener Stellung gehalten. Der konstante Druck (Anschluß 44) wirkt hierbei auf die Ringfläche des Kolbens 26. Durch Öffnen vom Steuer-

ventil 64 wird in die Kolbenkammer 25 Öl gepreßt und das Ventil 16 geöffnet. Nach dem Schließen des Steuerventils 64 saugt das Ventil 16 über das Rückschlagventil 10 Öl nach, bis die Bewegungsenergie abgebaut ist. Danach verharrt das Ventil 16 in der geöffneten Stellung. Zum Schließen wird das Steuerventil 68 geöffnet und der Innendruck zum Tank abgelassen. Damit schließt sich das Ventil. Kurz bevor das Ventil auf den Ventilsitz auftrifft, wird das Steuerventil 68 geschlossen und die überschüssige Bewegungsenergie wird in Form von Überdruck im Fluid über das Rückschlagventil 66 in die Versorgungsleitung zurückgespeist.

[0021] Im in Fig. 2 dargestellten hydraulischen Schaltplan einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ventilantriebs deuten die schraffierten Teile die Zylinderwände, den Zylinderkopf und den Ventilsitz an. Der Differentialzylinder A1 ist über seine Kolbenstange mit dem Ventilschaft des Ventils V verbunden. Die Zylinderkammer RK des Differentialzylinders ist durch eine Leitung mit dem konstanten Druck pS verbunden. Das Volumen Z1 bildet eine hydraulische Kapazität. Die drei hydraulischen Ventile V1, V2 und V3 (= Steuerventile) sind als 2/2-Wegeventile ausgeführt und können unabhängig voneinander elektrisch angesteuert werden. Das 2/2-Wegeventil V4 (= Steuerventil) verbindet die Zylinderkammer LK des Differentialzylinders mit der Tankleitung. Der herrschende Druck in der Versorgungsleitung ist pS, der Druck pT gibt den im Rücklauf (Tankleitung) herrschenden Druck an.

[0022] Nachfolgend wird das Funktionsprinzip des erfindungsgemäßen vollvariablen Ventilantriebs erklärt. Der Zyklus ist in die folgenden vier Abschnitte unterteilt: Startzustand, Ventil öffnen, Ausgleich der Reibungsverluste und Ventil schließen. Beim Startzustand sind die 2/2-Wegeventile V1, V2 und V3 (= Steuerventile) geschlossen. In der hydraulischen Kapazität Z1 (= Zwischenspeicher) herrscht der Solldruck pZ (= Fülldruck). Der Kolben des Differentialzylinders befindet sich im eingefahrenen Zustand nah seiner mechanischen Endlage, das Ventil V ist geschlossen. Das 2/2-Wegeventil V4 ist geöffnet, damit die entstehenden Leckagen ungehindert in den Tank abfließen können und kein ungewollter Druck in der linken Zylinderkammer LK aufgebaut wird. In der rechten Zylinderkammer RK herrscht der Versorgungsdruck pS. Dieser verursacht eine konstante Kraft F, die das Ventil V an den Ventilsitz preßt.

[0023] Um das Ventil V zu öffnen, müssen die 2/2-Wegeventile V4 geschlossen und V3 geöffnet werden. Der Kolben des Differentialzylinders wird beschleunigt, weil ein Teil der komprimierten Hydraulikflüssigkeit von der hydraulischen Kapazität Z1 in den Differentialzylinder überströmt. Dieses Überströmen wird beendet, wenn der Kolben des Zylinders den Umkehrpunkt (Kolbengeschwindigkeit wird zu Null) erreicht hat. Das 2/2-Wegeventil V3 wird wieder geschlossen, damit das Ventil V geöffnet bleibt.

[0024] Im reibungsfreien Fall würde sich der Kolben beim nochmaligen Öffnen des 2/2-Wegeventils V3 wieder in die Ausgangslage zurückbewegen. Damit die Verluste durch Reibung und Leckagen ausgeglichen werden, wird im offenen Zustand des Ventils V über das 2/2-Wegeventils V2 Öl vom Volumen Z1 abgelassen. Der Druck in Z1 wird dadurch auf den Ablaßdruck pZA gesenkt.

[0025] Damit das Ventil V geschlossen wird, wird das 2/2-Wegeventil V3 geöffnet. Der Kolben wird gemeinsam mit dem Ventil V zufolge des in der Zylinderkammer RK wirkenden hydraulischen Drucks pS beschleunigt. Diese Bewegung setzt sich solange fort, bis der Abstand zwischen dem Ventil V und dem Ventilsitz einen sehr kleinen vorgegebenen Wert erreicht hat. Die Bewegungsenergie des Ventils V wird dabei in der hydraulischen Kapazität Z1 wieder gespeichert. Das 2/2-Wegeventil V3 wird bei Stillstand des Kolbens wieder geschlossen. Damit das Ventil V vollständig geschlossen wird, muß das 2/2-Wegeventil V4 geöffnet werden. Es werden damit auch wieder die Leckagen, welche in den verwendeten Bauelementen entstehen, in den Tank geleitet, damit ein sicheres Schließen des Ventils V gewährleistet ist. Der Druck, der momentan in der hydraulischen Kapazität Z1 herrscht, ist für einen neuerlichen Zyklus zu gering, weil Verluste aufgetreten sind. Darum wird das 2/2-Wegeventil V1 so lange geöffnet, bis der gewünschte Solldruck pZ wieder erreicht wird. Wenn das 2/2-Wegeventil V1 geschlossen ist, hat man den Startzustand wieder erreicht. Die Steuerung des Hubes des Ventils V kann durch Variation des Drucks im Startzustand pZ erreicht werden. Wird der Druck erhöht, befindet sich mehr gespeicherte Energie im vorgespannten Volumen Z1 und dadurch wird das Ventil V weiter geöffnet. Für einen geringen Hub muß nur der Startdruck reduziert werden. Da es sich um einen zyklischen Prozeß handelt, kann der Druck einfach durch Variation der Öffnungszeit des 2/2-Wegeventils V1 eingestellt werden.

[0026] Der Öffnungszeitpunkt kann einfach durch das Ventil V3 gesteuert werden. Wird das Hydraulikventil nie geöffnet, dann wird das Ventil V nicht geöffnet und es kann auf diese Weise jedes Ventil V und damit jeder einzelne Zylinder des Motors für bestimmte Zeit abgeschaltet werden (Leerlaufbetrieb, Teillastbetrieb). Ist das Ventil V geöffnet, dann kann jederzeit durch erneutes Öffnen des Hydraulikventils V3 das Ventil V wieder geschlossen werden.

[0027] Neben dieser bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ventilantriebs werden in Fig. 3 weitere mögliche erfindungsgemäße Ausführungsformen dargestellt. Beim Einfügen einer Variante in den variablen Ventilantrieb gemäß Fig. 2 muß auf die Knoten A, B, C, D und E geachtet werden. Es dürfen immer nur gleich bezeichnete Knoten miteinander verbunden werden.

[0028] Im folgenden werden Varianten des Speicherblocks SP diskutiert: In SP1 ist eine hydraulische Kapazität, d.h. ein mit der Hydraulikflüssigkeit gefüllter Hohlraum mit dem konstanten Volumen V1 dargestellt. Die

Variante SP2 wird aus einem gängigen, gasgefüllten hydraulischen Speicher gebildet. Hierbei sind alle drei Arten (Membranspeicher, Blasenspeicher und Kolbenspeicher) geeignet.

[0029] Nachfolgend werden die Varianten des Nachfüll- und Ablaßblocks NA besprochen: NA1 besteht aus zwei 2/2-Wegeventilen. Sie sind unabhängig voneinander steuerbar. Variante NA2 besteht aus einem 2/2-Wegeventil und einem 3/2-Wegeventil. Die beiden Ventile können getrennt voneinander angesteuert werden. NA3 besteht aus einem 3/3-Wegeventil, welches in einer Schaltstellung die Anschlüsse A, B und D ganz verschließen können. NA4 besteht aus einem 2/2-Wegeventil verbunden mit dem Druckanschluß und einer Drossel verbunden mit dem Tankanschluß. NA5 besteht aus einem 2/2-Wegeventil verbunden mit dem Tankanschluß und einer Drossel verbunden mit dem Druckanschluß. NA6 besteht aus einem 3/3-Wegeventil, das selbe wird auch in NA3 verwendet. Die Drücke p1 und p2 in den beiden Versorgungsleitungen können unabhängig voneinander beliebig stufenlos eingestellt werden.

[0030] Als Varianten des Hauptventils — Block HV wird neben HV1, welches aus einem 2/2-Wegeventil besteht, auch Variante HV2 in Fig. 3 gezeigt. Hier besteht der Block HV aus jeweils zwei 2/2-Wegeventilen und Rückschlagventilen. Die Ansteuerung der Ventile erfolgt unabhängig voneinander. Die Aufgabe der beiden Rückschlagventile wird bei der Beschreibung der Variante HV4 beschrieben. Die Variante HV3 sieht vor, daß der Block HV aus einem 3/2-Wegeventil und zwei Rückschlagventilen besteht. Die Aufgabe der beiden Rückschlagventile wird ebenfalls bei der Beschreibung der Variante HV4 beschrieben. Die Variante HV4 sieht vor, daß der Block HV aus einem 2/2-Wegeventil und einem 3/2-Wegeventil mit zwei integrierten Rückschlagventilen besteht. Der Steuerschieber des 3/2-Wegeventils wird mit dem 2/2-Wegeventil gesteuert. Das jeweils verwendete Rückschlagventil schließt selbsttätig, wenn der Kolben des Differentialzylinders seine Bewegungsrichtung ändert und sich dadurch auch die Strömungsrichtung durch das jeweilige verwendete Rückschlagventil umkehrt. Der Kolben bleibt so lange in seiner Position, bis der Steuerschieber das 3/2-Wegeventil in die andere Stellung umgeschaltet wird. Die für die Vorsteuerung des Steuerschiebers benötigte Hydraulikflüssigkeit wird je nach Bewegungsrichtung des Steuerschiebers vom Knoten B oder C entnommen. Bei dieser Art der Vorsteuerung wird dieselbe Menge an Hydraulikfluid am anderen Ende des Steuerschiebers verdrängt, die an der einen Seite zugeführt werden mußte. Die verdrängte Hydraulikflüssigkeit wird dem Knoten C oder B zugeführt und steht für die Beschleunigung des Kolbens weiter zur Verfügung. Bevor der Druck im Knoten C oder B größer wird als der im Knoten B oder C (Umkehrpunkt), muß das 2/2-Wegeventil geschlossen werden. Dadurch wird ein ungewolltes Umschalten des Steuerschiebers verhindert. Wenn der Zyklus weiter fortgesetzt werden soll, muß das 2/2-Wegeventil wieder kurz geöffnet werden.

[0031] Nachfolgend werden Varianten des Hauptventils und Nachfüll-Ablaßblocks HVNA besprochen. Dieser Block kann anstatt der Blöcke NA und HV verwendet werden. Ein 5/4-Wegeventil mit zwei eingebauten Rückschlagventilen wird durch ein 2/2-Wegeventil vorgesteuert. Die Funktion ist dieselbe wie beim Ventilblock HV4 und wurde dort beschrieben. Der andere Teil des Ventils ist gleich wie das bei NA2 beschriebene Ventilkonzept. Die Steuerschieber der beiden 3/2-Wegeventile werden mechanisch (oder auch nur hydraulisch) miteinander gekoppelt und durch das 2/2-Wegeventil gesteuert. Das Prinzip der Vorsteuerung wurde ebenfalls bereits bei HV4 beschrieben.

[0032] Eine Variante zu HVNA ist HVNB. HVNB wird aus zwei unterschiedlichen Wegeventilen gebildet. Das eine ist ein 3/3-Wegeventil, welches das Zu- bzw. Abfließen im Knoten B steuert, und das andere ist ein 3/2-Wegeventil, das das Überströmen zwischen den Knoten B und C ermöglicht. Die Steuerschieber der beiden oben beschriebenen Wegeventile werden miteinander verbunden, also zu einem Steuerschieber vereint. Damit erreicht man eine gleichzeitige Betätigung, welche die Steuerung des Systems wesentlich vereinfacht. Die Drücke p1 und p2 der beiden Versorgungsleitungen können wie in NA6 unabhängig voneinander beliebig stufenlos eingestellt werden.

[0033] Nachfolgend werden Varianten des Leckölrückführungsblocks LR besprochen. LR1 besteht nur aus einem 2/2-Wegeventil. LR2 besteht nur aus einer Drossel mit konstantem Querschnitt. Bei der LR3 dargestellten Drossel ist der hydraulische Widerstand der Drossel von der Kolbenposition des Differentialzylinders abhängig. Der Widerstand soll klein sein, wenn der Kolben eingefahren ist. Wenn der Kolben seine Endlage (Kolben ist ganz eingefahren) verläßt und eine gewisse Schranke überschreitet, soll die Drossel vollständig geschlossen werden.

[0034] Nachfolgend werden Varianten des Zylinders mit Rückholeinrichtung ZR besprochen. In ZR ist der Zylinder als Differentialzylinder ausgeführt. Im Zylinderraum auf der Seite der Ringfläche herrscht immer der konstante Systemdruck pS. In ZR2 ist der Zylinder als einfach wirkender Zylinder (Plungerzylinder) mit Federrückstellung ausgeführt. In ZR3 ist der Zylinder als Differentialzylinder ausgeführt. Weiters wird eine hydraulische Kapazität Z2 und ein 2/2-Wegeventil verwendet. Die Ölverluste, welche aufgrund von Leckagen auftreten, können ausgeglichen werden, wenn das 2/2-Wegeventil geöffnet wird. In ZR4 ist der Zylinder als Differentialzylinder ausgeführt. Weiters wird eine hydraulische Kapazität Z2 und ein Rückschlagventil verwendet. Das Rückschlagventil öffnet sich, wenn der Druck in der hydraulischen Kapazität Z2 den Versorgungsdruck p1 unterschreitet. Die Leckagen werden dadurch ausgeglichen. Die Variante ZR5 ist bei auf die hydraulische Kapazität gleich wie die, welche bei ZR4 beschrieben wurde. Anstatt der hydraulischen Kapazität wird ein hydrau-

lischer Speicher Z2 verwendet. Die Verwendung eines hydraulischen Speichers anstatt der hydraulischen Kapazität Z2 ist auch in der Variante ZR3 möglich. Bei der Ausführung des hydraulischen Speichers Z2 sind generell alle drei Arten (Membranspeicher, Blasenspeicher und Kolbenspeicher) geeignet. In den Varianten ZR1, ZR4 und ZR5 kann auch ein Gas als Medium verwendet werden. In Variante ZR2 kann zusätzlich zur Feder ein Gasdruck vorgegeben werden.

[0035] Nachfolgend werden Regelungs- bzw. Steuerungsmaßnahmen besprochen. Das vorgestellte Verfahren beruht im wesentlichen auf einer Steuerung. Im Prinzip reicht es aus, für den jeweils gewünschten Öffnungshub des Ventils V den richtigen Druck pZ im Speicher Z1 einzustellen. Die Einstellwerte können etwa in Abhängigkeit verschiedener Einflußparameter (Temperatur des Öles und im Zylinderkopf, Aufladezustand, ...) als Kennlinien abgespeichert werden. Sollte die damit erzielbare Genauigkeit nicht ausreichen, kann durch Messung der Position des Ventils V bzw. jedes anderen mit ihm fest verbundenen Teiles eine Verbesserung in Verbindung mit einer entsprechenden Regelung erzielt werden.

[0036] Messungen der Position können auf folgenden Wegen erfolgen. Ein Wegaufnahmer MS1 nach einem gängigen Prinzip (induktiv, optisch, kapazitiv, ...) mißt laufend die aktuelle Position des Ventils. Alternativ kann ein Druckaufnehmer (Drucksensor) in der Kapazität Z1-MS2 verwendet werden. Bei einem gegebenen Fülldruck der hydraulischen Kapazität Z1 besteht in beiden Varianten SP1 und SP2 ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Position des Ventils V und dem Druck in Z1. Dieses Drucksignal kann darüber hinaus auch für die Einstellung des Fülldrucks pZ bzw. des Ablaßdrucks pZA verwendet werden. Alternativ zu MS2 kann auch MS3 verwendet werden. Hier ist ein Druckaufnehmer (Drucksensor) in der Zylinderkammer LK angeordnet. In der geöffneten Stellung des Ventils V3 ist der Druck in LK im wesentlichen gleich dem Druck in Z1 und kann daher gleichermaßen für die Messung der Position des Ventils V herangezogen werden. Die Druckmessung zur Bestimmung der Position des Ventils V kann des weiteren auch im Zwischenspeicher Z1 und im Speicher Z2 gemessen werden. Alternativ zu den oben genannten Varianten wird mit der Variante MS4 eine Möglichkeit gezeigt, die Messung an bestimmten Positionen des Ventils V durchzuführen. Während des Positioniervorgangs werden an bestimmten Positionen des Ventils V Signale ausgelöst. Daraus lassen sich Rückschlüsse über den Bewegungsverlauf insbesondere über die erreichte Endposition ziehen. Solche Signale können etwa durch induktive oder kapazitive Näherungsschalter oder durch Lichtschranken ausgelöst werden.

[0037] Bei den Regelungsverfahren ist zunächst die Korrektur des Fülldruckes pZ in Z1 anzuführen. Durch laufende Beobachtung der erreichten Endposition werden die Einstellwerte für den Fülldruck in Z1 so nachjustiert, daß die gewünschte Position mit der geforderten Genauigkeit erreicht wird. Dies kann z.B. durch eine Variation der Öffnungszeit des Ventils V1 erfolgen. Die Korrektur des Ablaßdruckes pZA in Z1 wird wie folgt durchgeführt. Durch eine Beobachtung des Positionsverlaufes des Ventils V in der Schließphase kann der Einstellwert für den Ablaßdruck pZA nachjustiert werden. In der Variante HVNB und NA6 werden die beiden Drücke für einen ganzen Motor gemeinsam geregelt.

Patentansprüche

1. Vollvariabler hydraulischer Ventilantrieb mit einer hydraulischen Antriebseinheit, insbesondere Kolben-Zylindereinheit, welche zum Öffnen und Schließen eines Ventils, insbesondere einer Brennkraftmaschine, mit Hydraulikfluid beaufschlagt ist, wobei die Antriebseinheit des Ventils beim Schließ- oder Öffnungshub einen Zwischenspeicher mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid beaufschlagt, **dadurch gekennzeichnet, daß** dieses im Zwischenspeicher (Z1) unter Druck gespeicherte Hydraulikfluid anschließend bei dem entgegengesetzten Hub wieder die Antriebseinheit des Ventils (V) antreibt.

2. Ventilantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Ventil (V) beim Öffnungs- und/oder beim Schließhub in Form eines freien Schwingers beschleunigt und bremst, wobei vorzugsweise ein Steuerventil (V3) das Ventil (V) in geöffnetem und geschlossenem Zustand festhält.

3. Ventilantrieb nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Öffnungs- und/oder ein Schließhub des Ventils (V) in einem in diesem Zeitintervall geschlossenen Hydrauliksystem erfolgt, welches vorzugsweise aus einem Zwischenspeicher (Z1) einer Antriebseinheit des Ventils (V) und einem Steuerventil (V3) besteht.

4. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hub des Ventiles (V) einstellbar ist.

5. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Ausgleich der durch Reibung und Leckagen hervorgerufenen Verluste durch Nachlieferung von vorzugsweise unter Druck stehendem Hydraulikfluid aus einer Versorgungsleitung erfolgt.

6. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Öffnungs- und Schließzeitpunkt des Ventils (V) frei steuerbar ist.

7. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hub des Ventils

(V) durch den in geschlossenem Zustand des Ventils (V) im Zwischenspeicher (Z1) herrschenden Fülldruck gesteuert ist.

8. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Öffnungszeit eines Steuerventils (V1) den Fülldruck des Zwischenspeichers (Z1) in geschlossenem Zustand des Ventils (V) regelt.

9. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Einstellwerte in Abhängigkeit verschiedener Einflußparameter vorzugsweise Temperatur des Öles und/oder der Temperatur des Zylinderkopfes und/oder des Aufladezustandes als Kennlinien abgespeichert sind.

10. Vollvariabler hydraulischer Ventilantrieb mit mindestens einem Steuerventil und mit einer hydraulischen Antriebseinheit, insbesondere Kolben-Zylindereinheit, welche zum Öffnen und Schließen eines Ventils, insbesondere einer Brennkraftmaschine, mit Hydraulikfluid beaufschlagt ist, wobei die Antriebseinheit des Ventils beim Schließ- oder Öffnungshub einen Zwischenspeicher mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid beaufschlagt, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das bzw. die Steuerventil(e) nur dann geschaltet wird (werden), wenn der durch es (sie) hindurchfließende Hydraulikflüssigkeitsvolumenstrom kleiner als 20 % des maximal durch es (sie) hindurchfließenden Volumenstroms ist.

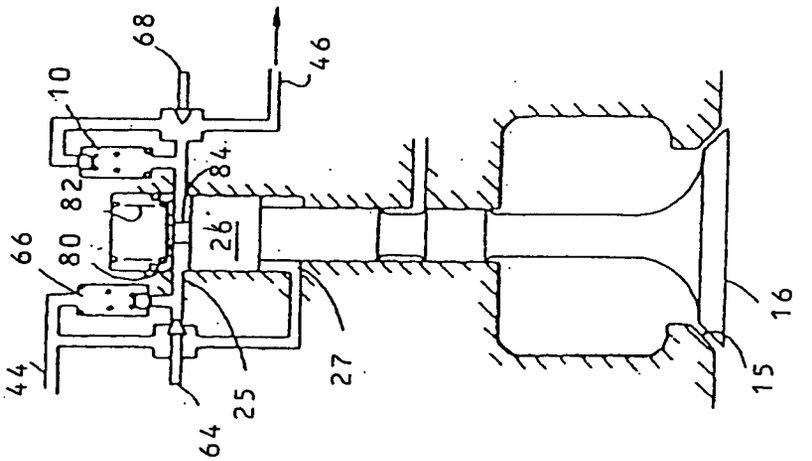

Fig. 1

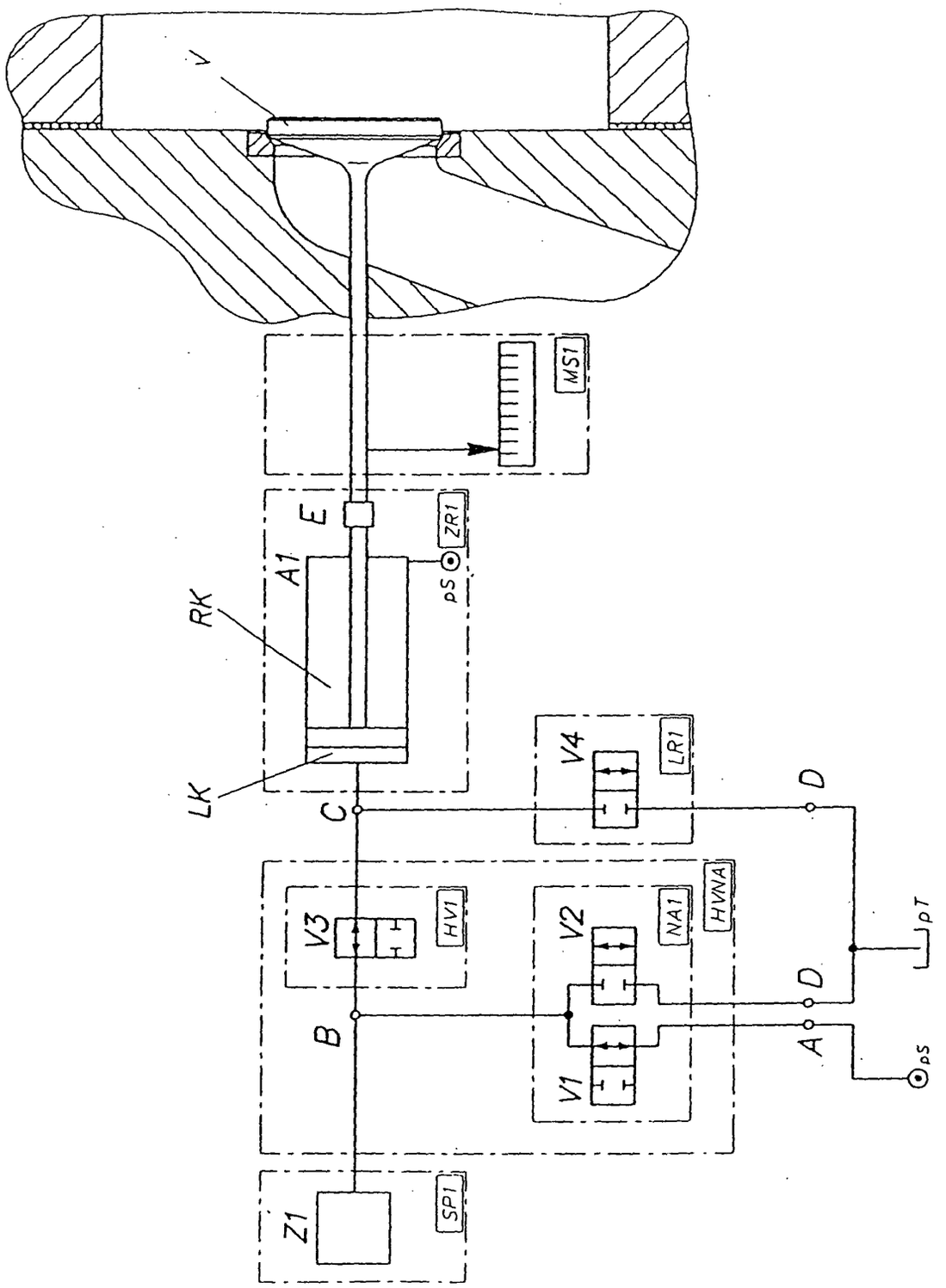
V
MS1
E
A1
ZR1
pS
RK
LK
C
V4
LR1
D
V3
HV1
V2
NA1
HVNA
B
V1
D
A
pT
pS
Z1
SP1

Fig. 2

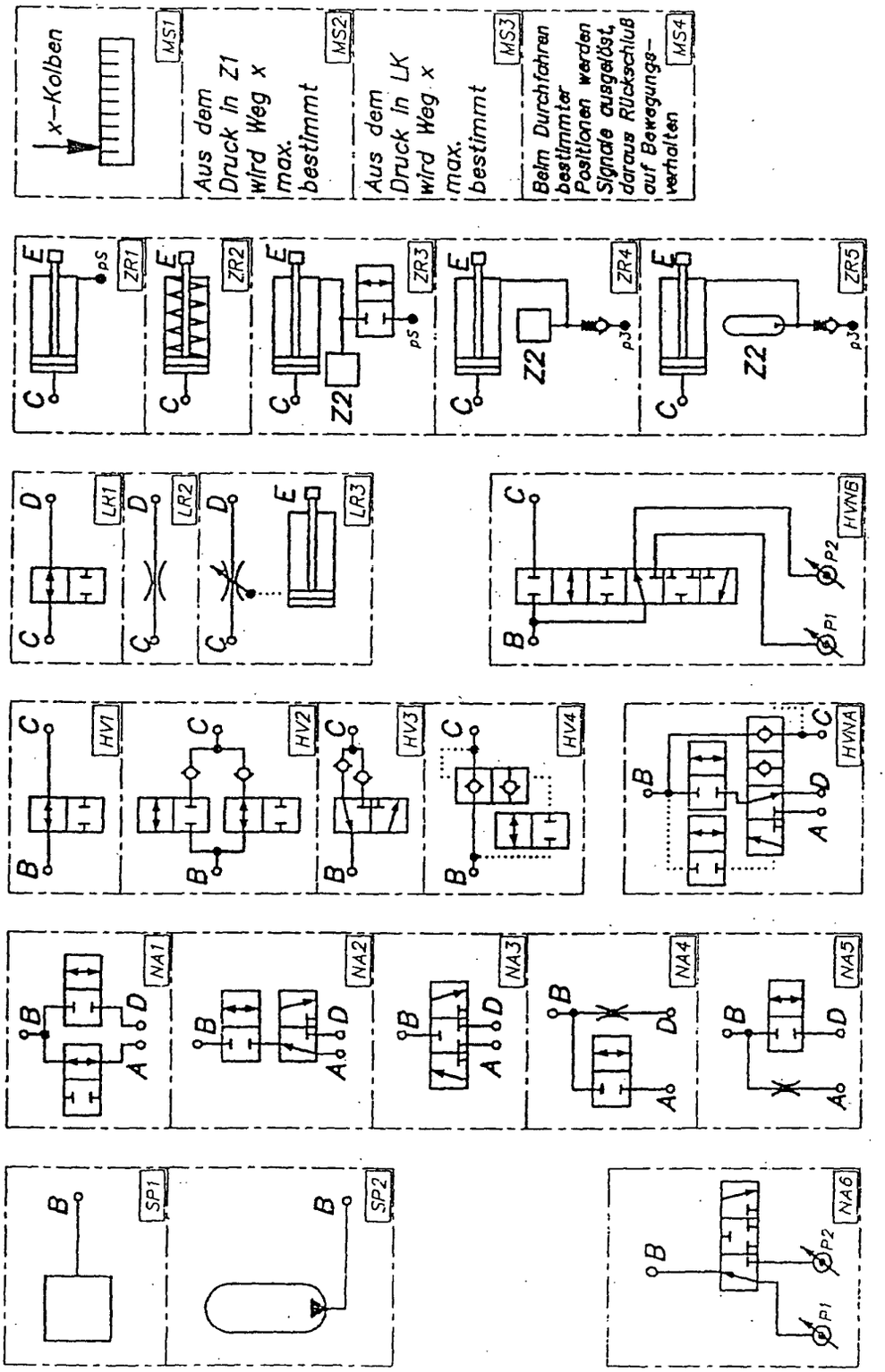
x-Kolben
MS1
Aus dem Druck in Z1 wird Weg x max. bestimmt
MS2
Aus dem Druck in LK wird Weg x max. bestimmt
MS3
Beim Durchfahren bestimmter Positionen werden Signale ausgelöst, daraus Rückschluß auf Bewegungsverhalten
MS4
ZR1
ZR2
ZR3
ZR4
ZR5
Z2
LR1
LR2
LR3
HVNB
HV1
HV2
HV3
HV4
HVNA
NA1
NA2
NA3
NA4
NA5
NA6
SP1
SP2
pS
p3
P1
P2

Fig. 3