

(19)



(11)

EP 2 143 896 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.07.2010 Patentblatt 2010/28

(51) Int Cl.:
F01L 13/06^(2006.01) F01L 1/26^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09009191.9**

(22) Anmeldetag: **07.07.2009**

(54) **Brennkraftmaschine mit einer Motorbremseinrichtung**

Combustion engine with a motor brake device

Moteur à combustion interne doté d'un dispositif de frein moteur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **11.07.2008 DE 102008032773**
10.12.2008 DE 102008061412

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.01.2010 Patentblatt 2010/02

(73) Patentinhaber: **MAN Nutzfahrzeuge
Aktiengesellschaft
80995 München (DE)**

(72) Erfinder: **Dilly, Hans-Werner, Ing.
90599 Dietenhofen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 526 257 WO-A-02/42612
WO-A-2005/089274 WO-A-2007/078309
US-A1- 2005 211 206 US-B1- 6 386 160

EP 2 143 896 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Derartige Brennkraftmaschinen sind beispielsweise in der EP 0 736 672 B1 und der EP 1 526 257 A2 beschrieben. Bei den Motorbremseinrichtungen dieser Brennkraftmaschinen handelt es sich jeweils um eine Mischform aus einer Motorstaubremse und einer Dekompressionsbremse, die insbesondere auch als EVB (= Exhaust-Valve-Brake) bezeichnet wird. Die hydraulische Ventil-Zusatzsteuereinheit ist bei der Variante gemäß der EP 0 736 672 B1 in einen Kipphebel des Verbindungsmechanismus und bei der Variante gemäß der EP 1 526 257 A2 einseitig in eine zwei Auslassventile zugleich betätigende Ventilbrücke des Verbindungsmechanismus eingebaut. Die Speisung der hydraulischen Ventil-Zusatzsteuereinheit mit Öl erfolgt mittels des ohnehin vorhandenen Ölkreises der jeweiligen Brennkraftmaschine. Bei beiden Varianten sind zum Ausgleich des Spiels des Auslassventils gesonderte Einstellschrauben vorgesehen, anhand derer bei der Motormontage und danach in regelmäßigen Serviceabständen die Ventilspieleinstellung vorgenommen wird. Dies ist aufwändig. Falls das Ventilspiel vom Montage- oder Servicepersonal versehentlich zu groß eingestellt wird, kommt es zu einem Klappergeräusch zwischen Kipphebel und Ventilbrücke und es besteht die Gefahr einer Beschädigung am Ventiltrieb. Zudem öffnet das Auslassventil nicht ausreichend, sodass ein vollständiger Gasaustausch nicht gewährleistet ist. Falls das Ventilspiel zu klein eingestellt wird, besteht die Gefahr, dass die Ventile im heißen Zustand nicht vollständig schließen und damit durchbrennen.

[0003] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Brennkraftmaschine der eingangs bezeichneten Art zu schaffen, die mit möglichst geringem Montage- und Serviceaufwand einen sicheren und zuverlässigen Betrieb ermöglicht.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine umfasst einen hydraulischen Ventilspielausgleichsmechanismus für das Auslassventil, der in den Verbindungsmechanismus integriert und zur Ölspeisung an den ohnehin vorhandenen Ölkreis angeschlossen ist. Die hydraulische Ventil-Zusatzsteuereinheit wird über den Ventilspielausgleichsmechanismus und den Ölkanal mit Öl gespeist. Zum Ausgleichen des Ventilspiels des Auslassventils ist der Ölkanal mittels der Verschlusseinheit verschließbar, sodass beim Ausgleichen des Ventilspiels die hydraulische Ventil-Zusatzsteuereinheit nicht mit Öl versorgt wird und sich das Auslassventil in einer definierten Stellung befindet.

[0005] Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine hat also sowohl die für die Motorbremskraftwirkung günstige Ventil-Zusatzsteuereinheit als auch einen Ausgleichsmechanismus, der die Ventilspieleinstellung au-

tomatisch durchführt. Eine zeit- und kostenaufwändige sowie fehleranfällige regelmäßige Einstellung von Hand erübrigt sich. Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine bietet also verglichen mit bisherigen mit einer Motorbremseinrichtung ausgestatteten Brennkraftmaschinen eine Zusatzfunktionalität, die die Montage und den Betrieb sicherer und effizienter gestaltet. Durch die automatische Ventilspieleinstellung werden insbesondere die Klappergeräusche des Auslassventils minimiert und Beschädigungen am Ventiltrieb durch ein zu klein eingestelltes Ventilspiel vermieden. Weiterhin müssen durch den automatischen Ventilspielausgleich im Betrieb der Brennkraftmaschine keine Ventilspiele überbrückt werden, sodass die Steuerzeiten des Auslassventils exakt eingehalten werden können, wodurch das Abgasverhalten der Brennkraftmaschine optimiert wird.

[0006] Dadurch, dass sowohl die Ventil-Zusatzsteuereinheit als auch der Ventilspielausgleichsmechanismus an den ohnehin vorhandenen Ölkreis angeschlossen sind, können Brennkraftmaschinen ohne einen hydraulischen Ventilspielausgleichsmechanismus mit geringem Aufwand nachgerüstet werden. Während des normal befeuerten Betriebs, also wenn die Motorbremseinrichtung vom Fahrer nicht betätigt worden ist, ist der Ölkanal mittels der Verschlusseinheit verschlossen, so dass die hydraulische Ventil-Zusatzsteuereinheit von dem hydraulischen Ventilspielausgleichsmechanismus zum Ausgleichen des Ventilspiels entkoppelt ist.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine ergeben sich aus den Merkmalen der von Anspruch 1 abhängigen Ansprüche.

[0008] Eine Weiterbildung nach Anspruch 2 ist Platz sparend und ermöglicht ein Nachrüsten von Brennkraftmaschinen ohne einen hydraulischen Ventilspielausgleichsmechanismus durch einfaches Ersetzen der Ventilbrücke und Integrieren des Ventilspielausgleichsmechanismus in diese.

[0009] Eine erste hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 3 ermöglicht einen automatischen Spielausgleich zwischen dem Gegenhalter und der Ventilbrücke. Ein Einstellen des Spiels von dem Gegenhalter zu der Ventilbrücke von Hand bei der Montage oder in regelmäßigen Serviceabständen ist nicht erforderlich.

[0010] Eine erste hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 4 ist einfach und Platz sparend nachrüstbar.

[0011] Ein Federelement nach Anspruch 5 verhindert eine Schiefstellung der Ventilbrücke bei zu geringem Öldruck des Ventilspielausgleichsmechanismus.

[0012] Eine Ventil-Zusatzsteuereinheit nach Anspruch 6 gewährleistet ein sicheres Verschließen des Ölkanals zwischen dem Ventilspielausgleichsmechanismus und der Ventil-Zusatzsteuereinheit. Da sich der Kolben der zweiten hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit bei nicht betätigter Motorbremseinrichtung in seiner eingefahrenen Grundstellung befindet, kann der Kolben als Teil der Verschlusseinheit dienen und im normal befeuerten Betrieb den Ölkanal verschließen. Zusätzlich kann die Ver-

schlusseinheit ein Rückschlagventil aufweisen, das ein Einfahren des ausgefahrenen Kolbens verhindert, wenn die durch den Öldruck erzeugte Kraft auf den Kolben hierfür nicht ausreichend ist.

[0013] Eine Weiterbildung nach Anspruch 7 ist äußerst Platz sparend, wenn zusätzlich zu der Zusatz-Ventilsteuereinheit auch eine erste hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit zum Ausgleichen des Spiels zwischen dem Gegenhalter und der Ventilbrücke vorgesehen ist. Vorzugsweise sind die Kolben der ersten und zweiten Kolben-Zylinder-Einheit derart integriert ausgebildet, dass der Kolben der ersten Kolben-Zylinder-Einheit in dem Kolben der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit geführt ist.

[0014] Bei einer Weiterbildung nach Anspruch 8 ist die Ventil-Zusatzsteuereinheit mittels der dritten Kolben-Zylinder-Einheit an den Ventilspielausgleichsmechanismus angeschlossen. Die dritte hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit koppelt die Ventil-Zusatzsteuereinheit und den Ventilspielausgleichsmechanismus in günstiger Weise miteinander. Die dritte hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit erfüllt dabei mehrere Funktionen. So dient sie zum einen als Umschaltetelement zwischen dem Bremsbetrieb und dem normal befeuerten Betrieb. Zum anderen nimmt sie Öl auf bzw. steuert Öl ab, das aus der ersten hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit beim Ausgleich des Spiels zwischen dem Gegenhalter und der Ventilbrücke verdrängt wird. Vorzugsweise ist gemäß einer weiteren günstigen Ausgestaltung vorgesehen, dass ein vorderer Ölaufnahmeraum der dritten hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit ein Aufnahmefolumen hat, das mindestens so groß ist wie dasjenige eines Öldruckraums der ersten hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit.

[0015] Eine Durchgangsbohrung nach Anspruch 9 ermöglicht das Abbauen des Öldrucks in einem Steuerdruckraum der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit, wenn der Kolben der ersten Kolben-Zylinder-Einheit aus einer ausgefahrenen Stellung in eine eingefahrene Grundstellung zurückkehrt und wenn der Kolben der ersten Kolben-Zylinder-Einheit nach Rückhub des Kolbens der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit in einem oberen Totpunkt ist und beim Folgehub der Ventilbrücke an den Gegenhalter anschlägt. Vorzugsweise sind mehrere über den Umfang des Kolbens verteilte Durchgangsbohrungen vorgesehen, die über eine im Kolben und/oder in der Ventilbrücke ausgebildete Umfangsnut miteinander verbunden sind. Die Umfangsnut erhöht einen Ablaufquerschnitt und ermöglicht die Ausbildung einer genauen Kante zur Steuerung.

[0016] Ein Ventilspielausgleichsmechanismus nach Anspruch 10 hat sich in der Praxis bewährt.

[0017] Eine Anordnung der dritten Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 11 erhöht die Stabilität der Ventilbrücke, da die dritte Kolben-Zylinder-Einheit nicht in dem bei Betätigung der Auslassventile durch Biegemomente belasteten Bereich zwischen den Auslassventilen liegt. Vorzugsweise ist ein vorderer Ölaufnahmeraum der dritten Kolben-Zylinder-Einheit mit der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit und ein hinterer Ölaufnahmeraum mit

der ersten Kolben-Zylinder-Einheit gekoppelt, wobei zwischen der ersten Kolben-Zylinder-Einheit und der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit ein Rückschlagventil angeordnet ist, das für einen Ölfluss in Richtung der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit sperrend wirkt. Durch eine geeignete Dimensionierung der dritten Kolben-Zylinder-Einheit können geringe Steuerleckmengen und somit geringe Sprunghöhen des Kolbens der dritten Kolben-Zylinder-Einheit erzielt werden. Hierdurch ist eine geringe Bauhöhe der dritten Kolben-Zylinder-Einheit möglich.

[0018] Eine Weiterbildung nach Anspruch 12 ist äußerst Platz sparend. Vorzugsweise sind die erste, die zweite und die dritte Kolben-Zylinder-Einheit integriert ausgebildet. Der Kolben der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit ist beispielsweise in der Ventilbrücke geführt, wobei der Kolben der ersten Kolben-Zylinder-Einheit in diesem oder einem in der Ventilbrücke angeordnetem Zusatzteil angeordnet und geführt ist. Der Kolben der dritten Kolben-Zylinder-Einheit ist wiederum in dem Kolben der ersten Kolben-Zylinder-Einheit angeordnet und geführt. Durch eine derartige Schachtelung der Kolben-Zylinder-Einheiten ist eine geringe Bauhöhe der Ventilbrücke erzielbar. Durch eine geeignete Dimensionierung der dritten Kolben-Zylinder-Einheit können geringe Steuerleckmengen und somit geringe Sprunghöhen des Kolbens der dritten Kolben-Zylinder-Einheit erzielt werden. Hierdurch ist eine geringe Bauhöhe der dritten Kolben-Zylinder-Einheit möglich.

[0019] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsdarstellung einer Ventil-Zusatzsteuereinheit und eines Ventilspielausgleichsmechanismus gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 eine Querschnittsdarstellung einer Ventil-Zusatzsteuereinheit und eines Ventilspielausgleichsmechanismus gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 eine Querschnittsdarstellung einer Ventil-Zusatzsteuereinheit und eines Ventilspielausgleichsmechanismus gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 eine Querschnittsdarstellung einer Ventil-Zusatzsteuereinheit gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel,

Fig. 5 eine Querschnittsdarstellung einer Ventil-Zusatzsteuereinheit und eines Ventilspielausgleichsmechanismus gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel,

Fig. 6 eine Querschnittsdarstellung einer Ventil-Zu-

satzsteuereinheit gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel, und

Fig. 7 eine Teilschnittdarstellung der Ventil-Zusatzsteuereinheit gemäß Fig. 6.

[0020] Nachfolgend wird anhand von Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Eine Brennkraftmaschine 1 mit einer Motorbremseinrichtung 2 weist mehrere in der Fig. 1 nicht gezeigte Zylinder auf, die jeweils einen Brennraum begrenzen. Jedem dieser Brennräume ist mittels mindestens eines Einlassventils Luft oder ein Luft-Kraftstoff-Gemisch zuführbar. Darüber hinaus hat jeder Brennraum zwei Auslassventile 3 und 4, mittels derer Abgas in einen Abgaskanal abführbar ist. Die Auslassventile 3 und 4 sind mittels einer gemeinsamen Ventilbrücke 5 mechanisch ansteuer- und betätigbar. Die Ventilbrücke 5 ist Teil eines Verbindungsmechanismus, der die Auslassventile 3 und 4 mit einer in der Fig. 1 nicht mit dargestellten Nockenwelle der Brennkraftmaschine 1 verbindet. Der Verbindungsmechanismus umfasst außerdem einen ebenfalls in der Fig. 1 nicht mit dargestellten, schwenkbar gelagerten Kipphebel. Der Kipphebel wirkt über einen teilweise dargestellten Kontaktbolzen 6 auf die Ventilbrücke 5. Hierzu ist der Kontaktbolzen 6 an seinem freien Ende mit einer kugelgelenkig angelenkten Stützkalotte 7 versehen.

[0021] Im Inneren des Kontaktbolzens 6 und der Stützkalotte 7 verläuft ein Ölzufuhrkanal 8 eines zur Schmierung, aber auch zur hydraulischen Steuerung vorgesehenen Ölkreises 9 der Brennkraftmaschine 1. Das in diesem Ölzufuhrkanal 8 geführte Öl hat während des Betriebs näherungsweise den gleichen Öldruck konstant. Die Abhängigkeit des Öldrucks p_{konstant} von der Öltemperatur, der Drehzahl und der Last ist bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine 1 vernachlässigbar.

[0022] Zum Spielausgleich zwischen einem Gegenhalter 10 und der Ventilbrücke 5 ist eine erste hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit 11 vorgesehen. Die erste Kolben-Zylinder-Einheit 11 weist einen im Längsquerschnitt T-förmig ausgebildeten ersten Kolben 12 auf, der in einer in der Ventilbrücke 5 ausgebildeten und als Zylinder wirkenden ersten Zylinderbohrung 13 geführt ist. Der erste Kolben 12 ist zwischen einer als Anschlag wirkenden vorderen Begrenzungsfläche 14 und einer als Anschlag wirkenden hinteren Begrenzungsfläche 15 axial beweglich geführt. Die hintere Begrenzungsfläche 15 wird beispielsweise durch eine in die Ventilbrücke 5 eingeschraubte Gewindescheibe 16 gebildet, die eine Durchgangsöffnung 17 für den ersten Kolben 12 aufweist. In der in Fig. 1 gezeigten Stellung des ersten Kolbens 12 ist zwischen diesem und der vorderen Begrenzungsfläche 14 ein Öldruckraum 18 gebildet. Der erste Kolben 12 hat eine zentrale Durchgangsbohrung 19, die an einer dem Gegenhalter 10 zugewandten Seite eine Absteueröffnung 20 bildet. Die Durchgangsbohrung 19 ist Teil eines ersten Ölkanals 21, der den Öldruckraum 18 mit der Absteueröffnung 20 verbindet.

[0023] Die Motorbremseinrichtung 2 der Brennkraftmaschine 1 ist vom EVB-Typ. Sie umfasst neben einem in der Fig. 1 nicht näher gezeigten Drosselelement im Abgaskanal sowie einer ebenfalls nicht näher gezeigten zentralen Steuer-/Regeleinheit auch für jeden Zylinder eine hydraulische Ventil-Zusatzsteuereinheit 22, die als zweite hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit ausgebildet ist. Die Ventil-Zusatzsteuereinheit 22 wirkt im Motorbremsbetrieb lediglich mit dem Auslassventil 3 zusammen. Das Auslassventil 4 ist dagegen nicht mit einer entsprechenden Ventil-Zusatzsteuereinheit 22 versehen. Die Auslassventile 3 und 4 sind mit einem Schaft 23 bzw. 24 in einem Zylinderkopf axial beweglich gelagert und durch eine Schließfeder 25 bzw. 26 mit einer bestimmten Vorspannkraft in Schließrichtung beaufschlagt. Die Schließfedern 25 bzw. 26 sind zwischen dem Zylinderkopf und Ventil-Federtellern 27 bzw. 28 gespannt. Die Schließkraft der Schließfeder 25 ist mit F_{Fed} bezeichnet.

[0024] Die Ventil-Zusatzsteuereinheit 22 weist einen als Steuerkolben wirkenden zweiten Kolben 29 auf, der in einer in der Ventilbrücke 5 ausgebildeten und als Zylinder wirkenden zweiten Zylinderbohrung 30 axial beweglich geführt ist. Der zweite Kolben wird nachfolgend als Steuerkolben 29 bezeichnet. Der Steuerkolben 29 stützt sich am oberen Ende des Schafts 23 des Auslassventils 3 ab. An einer dem Auslassventil 3 abgewandten Seite verjüngt sich der Steuerkolben 29 und bildet eine schräg verlaufende Ringfläche 31 aus. In der in der Fig. 1 gezeigten Stellung des Steuerkolbens 29 ist zwischen einer Begrenzungsfläche 32 der Ventil-Zusatzsteuereinheit 22 und dem Steuerkolben 29 ein Steuerdruckraum 33 ausgebildet. In dem Steuerdruckraum 33 ist eine Nachstellfeder 34 angeordnet, die gegen die Begrenzungsfläche 32 und den Steuerkolben 29 anliegt und den Steuerkolben 29 gegen den Schaft 23 drückt. Die Federkraft der Nachstellfeder 34 wirkt damit gegen die Schließkraft F_{Fed} der Schließfeder 25 und wird nachfolgend mit F_{NFed} bezeichnet.

[0025] An der Begrenzungsfläche 32 mündet der erste Ölkanal 21 in den Steuerdruckraum 33 ein, sodass Öl aus dem Steuerdruckraum 33 durch die Absteueröffnung 20 entweichen kann, wenn die Absteueröffnung 20 bei betätigter Motorbremseinrichtung 2 während eines Teils einer Bremszyklusperiode von dem Gegenhalter 10 freigegeben wird. In Fig. 1 ist eine Betriebssituation dargestellt, in der der Gegenhalter 10 die Absteueröffnung 20 und somit den Steuerdruckraum 33 verschließt.

[0026] Die Ventil-Zusatzsteuereinheit 22 ist hydraulisch an eine dritte hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit 35 angeschlossen. Die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35 weist einen im Längsquerschnitt U-förmigen dritten Kolben 36 auf, der in einer in der Ventilbrücke 5 ausgebildeten und als Zylinder wirkenden dritten Zylinderbohrung 37 axial beweglich geführt ist. Der dritte Kolben 36 unterteilt die dritte Zylinderbohrung 37 in einen vorderen Ölaufnahmeraum 38 und einen hinteren Ölaufnahmeraum 39. Der vordere Ölaufnahmeraum 38 ist über einen zweiten Ölkanal 40 mit dem Steuerdruckraum 33 ver-

bunden. Der zweite Ölkanal 40 ist durch eine innerhalb der Ventilbrücke 5 verlaufende Querbohrung gebildet, die den ersten Ölkanal 21 durchdringt. Die Querbohrung ist mit einem Verschluss 41 versehen. In dem hinteren Ölaufnahmeraum 39 ist eine Rückstellfeder 42 angeordnet, die gegen den dritten Kolben 36 und ein Anschlagenelement 43 anliegt. Das Anschlagenelement 43 weist zur Öableitung aus dem hinteren Ölaufnahmeraum 39 eine Ölaustrittsöffnung 44 auf.

[0027] Die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35 ist ein Umschaltelement, dessen Kolbenstellungen je nachdem, ob der Benutzer der Brennkraftmaschine 1 den normal befeuerten Motorbetrieb oder den Motorbremsbetrieb vorgibt, unterschiedlich sind. Der vordere Ölaufnahmeraum 38 dient zur Aufnahme des in dem Öldruckraum 18 befindlichen Öls, wenn dieses Öl bei einer Vorwärtsbewegung des ersten Kolbens 12 verdrängt wird. Das maximale Aufnahmefolumen des vorderen Ölaufnahmeräume 38 ist deshalb mindestens so groß wie das des Öldruckraums 18.

[0028] Die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35 ist an einen hydraulischen Ventilspielausgleichsmechanismus 45 angeschlossen, der als vierte Kolben-Zylinder-Einheit ausgebildet ist. Der hydraulische Ventilspielausgleichsmechanismus 45 gleicht automatisch das Spiel der Auslassventile 3 und 4 aus und wird nachfolgend als vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45 bezeichnet. Die vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45 weist einen im Längsquerschnitt U-förmigen vierten Kolben 46 auf, der in einer in der Ventilbrücke 5 ausgebildeten und als Zylinder wirkenden vierten Zylinderbohrung 47 axial beweglich geführt ist. In der in Fig. 1 gezeigten Stellung des vierten Kolbens 46 ist zwischen diesem und einer Begrenzungsfläche 48 ein Ölaufnahmeraum 49 ausgebildet. Der Ölaufnahmeraum 49 ist mit dem hinteren Ölaufnahmeraum 39 hydraulisch verbunden. Hierzu weist der dritte Kolben 36 in einer Seitenwand eine Absteueröffnung 50 auf, die bei einer bestimmten Stellung des dritten Kolbens 36, nämlich genau in der in der Fig. 1 gezeigten Stellung, den hinteren Ölaufnahmeraum 39 über einen dritten Ölkanal 51 mit dem Ölaufnahmeraum 49 verbindet. Der dritte Ölkanal 51 ist durch eine in der Ventilbrücke 5 ausgebildete Querbohrung und eine Längsbohrung gebildet. Die Querbohrung mündet in die dritte Zylinderbohrung 37 und ist durch einen Verschluss 52 abgedichtet. Die Längsbohrung erstreckt sich ausgehend von der Begrenzungsfläche 48 bis zu der Querbohrung. In dem Ölaufnahmeraum 49 ist eine Nachstellfeder 53 angeordnet, die gegen die Begrenzungsfläche 48 und den vierten Kolben 46 anliegt.

[0029] Die vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45 ist an den Ölkreis 9 angeschlossen. Hierzu hat der mit der Stützkalotte 7 des Kontaktbolzens 6 aufgrund der Federkraftwirkung der Nachstellfeder 53 in permanentem Kontakt stehende vierte Kolben 46 in seinem Kolbenboden einen zentralen Ölzufuhrkanal 54, der mit dem Ölzufuhrkanal 8 des Kontaktbolzens 6 korrespondiert. An einem dem Ölaufnahmeraum 49 zugewandten Ende des Ölzufuhr-

kanals 54 ist ein Rückschlagventil 55 (= Rücklaufsperrventil) vorgesehen, dessen Kugel bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel mittels einer zusätzlichen Rückschlagventilfeder in den Kugelsitz gedrückt wird. Eine Seitenwand des vierten Kolbens 46 weist eine Absteueröffnung 56 auf, die bei einer bestimmten Stellung des vierten Kolbens 46 den Ölaufnahmeraum 49 mit dem zweiten Ölkanal 40 verbindet.

[0030] Im Bereich zwischen der Stützkalotte 7 und dem Rückschlagventil 55 ist in dem vierten Kolben 46 eine quer zu dem Ölzufuhrkanal 54 verlaufende Durchgangsbohrung 57 ausgebildet. Die Durchgangsbohrung 57 durchdringt den Ölzufuhrkanal 54. Eine in dem vierten Kolben 46 ausgebildete Umfangsnut 58 verbindet die Enden der Durchgangsbohrung 57. In einer bestimmten Stellung des vierten Kolbens 46, nämlich der in der Fig. 1 gezeigten Stellung, ist die Durchgangsbohrung 57 über einen vierten Ölkanal 59 mit dem Steuerdruckraum 33 verbunden. Der vierte Ölkanal 59 verläuft schräg innerhalb der Ventilbrücke 5 und durchdringt den zweiten Ölkanal 40 nicht. An einer dem Steuerdruckraum 33 zugewandten Seite des vierten Ölkanals 59 ist ein Rückschlagventil 60 mit einer in einem Kugelsitz 61 aufnehmbaren Kugel 62 angeordnet. Der Steuerkolben 29 und das Rückschlagventil 60 sind Teil einer Verschlusseinheit 63. Mittels der Verschlusseinheit 63 ist der vierte Ölkanal 59 verschließbar, sodass das Ventilspiel der Auslassventile 3 und 4 mittels der vierten Kolben-Zylinder-Einheit 45 ausgleichbar ist.

[0031] Im Folgenden werden die als Kolbensteuerung bezeichneten Funktionsweisen der Motorbremseinrichtung 2 sowie des Ventilspielausgleichsmechanismus 45 näher beschrieben.

[0032] Zunächst wird der Motorbremsbetrieb erläutert. Bei Betätigung der Motorbremseinrichtung 2 wird das Drosselement im Abgaskanal in Drosselstellung gebracht, wodurch sich Abgase im Abgaskanal zwischen der Auslassventilöffnung des Zylinders und dem Drosselement stauen. Dieser Staudruck im Abgaskanal mit der Druckwelle der sich öffnenden Auslassventile der benachbarten Zylinder bewirkt eine Zwischenöffnung des Auslassventils 3, welche während des Kompressions takts und des Expansionstakts jedes Vier-Takt-Zyklus der Brennkraftmaschine 1 eintritt. Aufgrund der im Brennraum des Zylinders und im Abgaskanal herrschenden Druckverhältnisse resultiert eine pneumatische Kraft F_{pn} , die der Schließkraft F_{Fed} der Schließfeder 25 entgegenwirkt und das angesprochene Zwischenöffnen des Auslassventils 3 verursacht. Die Federkraft F_{NFed} der Nachstellfeder 34 rückt den Steuerkolben 29 dem Auslassventil 3 nach und unterstützt das Zwischenöffnen des Auslassventils 3.

[0033] Während des Ansaugtaktes befindet sich der Kipphebel der Auslassventile 3 und 4 auf dem Nocken grundkreis der Nockenwelle. Dadurch ist der vierte Kolben 46 an seinem oberen Totpunkt. Die Absteueröffnung 56 ist verschlossen. Die Durchgangsbohrung 57 ist mit dem vierten Ölkanal 59 verbunden. Diese Betriebssitua-

tion ist in der Fig. 1 gezeigt.

[0034] Ist die Summe der pneumatischen Kraft F_{pn} und der Federkraft F_{NFed} größer als die Schließkraft F_{Fed} der Schließfeder 25, erfolgt die Zwischenöffnung des Auslassventils 3. Bei der Zwischenöffnung des Auslassventils 3 folgt der Steuerkolben 29 aufgrund der Federkraft F_{NFed} der Nachstellfeder 34 der Öffnungsbewegung des Auslassventils 3, wodurch sich zugleich das Volumen des Steuerdruckraums 33 vergrößert. Die Verjüngung des Steuerkolbens 29 dient dazu, dem Steuerkolben 29 über den vierten Ölkanal 59 das für die Bewegung erforderliche Öl zur Verfügung zu stellen. Durch die Bewegung des Steuerkolbens 29, der Teil der Verschlusseinheit 63 ist, gibt dieser den vierten Ölkanal 59 frei. Der vierte Ölkanal 59 ist nun nicht länger verschlossen. Aufgrund des in dem Steuerdruckraum 33 entstehenden Unterdrucks fließt Öl durch die Ölzufuhrkanäle 8, 54, die Durchgangsbohrung 57 und den vierten Ölkanal 59 in den Steuerdruckraum 33, wodurch eine hydraulische Kraft F_{Hyd} auf den Steuerkolben 29 wirkt und die Nachstellfeder 34 unterstützt. Da das Öl aufgrund des Rückschlagventils 60 nicht aus dem Steuerdruckraum 33 zurück in den vierten Ölkanal 59 strömen kann und die Absteueröffnungen 20 und 56 verschlossen sind, wird der Steuerkolben 29 gegen die Schließkraft F_{Fed} der Schließfeder 25 in Position und somit auch das mechanisch mit dem Steuerkolben 29 gekoppelte Auslassventil 3 in der zwischengeöffneten Stellung gehalten. Der Steuerkolben 29 ist also in der Ventilbrücke 5 hydraulisch geblockt. Das Auslassventil 3 bleibt damit während des zweiten Taktes (= Kompressionstakt) und des folgenden dritten Taktes (= Expansionstakt) in der zwischengeöffneten Stellung, wodurch sich die gewünschte Motorbremswirkung einstellt.

[0035] Am Ende des dritten Taktes belastet der Kipphebel die Ventilbrücke 5 aufgrund der Nockenwellensteuerung wieder, um die Auslassventile 3 und 4 in die während des vierten Taktes vorgesehene vollständig geöffnete Stellung zu bringen. Die Ventilbrücke 5 bewegt sich aufgrund der Belastung durch den Kipphebel von dem Gegenhalter 10 weg, sodass der Kontakt zwischen dem Gegenhalter 10 und dem ersten Kolben 12 abreißt und sich die Absteueröffnung 20 öffnet. Nach dem Öffnen der Absteueröffnung 20 wird der vierte Kolben 46 nach unten in Richtung seines unteren Totpunkts gedrückt, sodass sich die Absteueröffnung 56 öffnet. Der Öldruck $p_{konstant}$ ist zu gering, um den Steuerkolben 29 in seiner Stellung zu halten. Das in dem Steuerdruckraum 33 befindliche Öl kann über den ersten Ölkanal 21 durch die Absteueröffnung 20 in den Bereich des Zylinderdeckels ausströmen. Damit wird die hydraulische Blockung des Steuerkolbens 29 aufgehoben. Der Ölabbfluss aus dem Steuerdruckraum 33 wird auch dadurch unterstützt, dass der Steuerkolben 29 durch die Schließkraft F_{Fed} der Schließfeder 25 in seinen oberen Totpunkt zurückgedrückt wird. Bei der Rückbewegung des Steuerkolbens 29 wird der erste Kolben 12 aufgrund des durch die Absteueröffnung 20 austretenden Öls in seinen oberen Tot-

punkt gedrückt. Darüber hinaus drückt das Öl bei der Rückbewegung des Steuerkolbens 29 die Kugel 62 in den Kugelsitz 61, sodass das Rückschlagventil 60 den vierten Ölkanal 59 verschließt.

[0036] Beim Rückhub des Kipphebels wird nach dem erneuten Kontaktschluss zwischen dem Gegenhalter 10 und dem ersten Kolben 12 dieser so weit in Richtung seines unteren Totpunkts zurückgedrängt, bis die Ventilbrücke 5 in ihrem oberen Totpunkt ist. Das im Öldruckraum 18 befindliche Öl kann aufgrund des Kontaktschlusses mit dem Gegenhalter 10 nicht länger durch die Absteueröffnung 20 entweichen und strömt über den zweiten Ölkanal 40 in den vorderen Ölaufnahmeraum 38, wodurch der entstehende Öldruck den dritten Kolben 36 in seinen unteren Totpunkt zurückdrängt und die Absteueröffnung 50 geöffnet wird. Da sich der vierte Kolben 46 in seinem unteren Totpunkt befindet, kann das in dem vorderen Ölaufnahmeraum 38 befindliche Öl über die Absteueröffnung 56, den Ölaufnahmeraum 49, den dritten Ölkanal 51, die Absteueröffnung 50, den hinteren Ölaufnahmeraum 39 und die Ölaustrittsöffnung 44 abfließen. Das Aufnahmevermögen des vorderen Ölaufnahmeraums 38 muss zur Aufnahme des aus dem Öldruckraum 18 abfließenden Öls ausreichend groß dimensioniert werden, damit sich das aus dem Öldruckraum 18 abfließende Öl nicht aufstaut und zu einer unerwünschten Bewegung des Steuerkolbens 29 führt. Das Aufnahmevermögen des vorderen Ölaufnahmeraums 38 darf aber ein maximales Aufnahmevermögen nicht überschreiten, damit der dritte Kolben 36 sicher in seinen unteren Totpunkt gelangt. Andernfalls ist bei einer nachfolgenden Bewegung des Steuerkolbens 29 zum Zwischenöffnen des Auslassventils 3 der Steuerdruckraum 33 wegen des noch möglichen Resthubs des dritten Kolbens 36 elastisch und kann das Auslassventil 3 nicht in der zwischengeöffneten Stellung halten. Am Ende des vierten Taktes (= Ausschubtakt) liegt der erste Kolben 12 wieder an dem Gegenhalter 10 an und der Kipphebel hat wieder den Nockengrundkreis erreicht. Der vierte Kolben 46 geht in seinen oberen Totpunkt zurück, wobei die Absteueröffnung 56 verschlossen wird. Ein neuer Bremszyklus kann beginnen.

[0037] Dadurch, dass der erste Kolben 12 hydraulisch nachführbar ist, wird ein Anschlagspiel zwischen dem Gegenhalter 10 und der Ventilbrücke 5 automatisch ausgeglichen. Dies ist deshalb vorteilhaft, da die genaue Lage der Ventilbrücke 5 aufgrund des durch die vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45 bewirkten Ventilspielausgleichs nicht exakt definiert ist. Aufgrund der automatischen Nachführung des ersten Kolbens 12 wird dessen Lage der jeweils aktuellen Lage der Ventilbrücke 5 angepasst, sodass kein Spalt zwischen dem Gegenhalter 10 und dem ersten Kolben 12 bleibt und die Absteueröffnung 20 sicher verschlossen wird.

[0038] Der vierte Kolben 46, der primär für den Ventilspielausgleich bestimmt ist, erfüllt bei der Brennkraftmaschine 1 weitere Funktionen. Er ist insbesondere ein Steuerelement für den (EVB-)Motorbremszyklus und ein

Durchflusselement für die Versorgung der Ventil-Zusatzsteuereinheit 22 mit Öl des Ölkreises 9.

[0039] Weiterhin ist die in der Ventilbrücke 5 vorgesehene Bohrungskonfiguration günstig. Sie ermöglicht insbesondere eine Verwendung des Öls sowohl für die funktionelle Bewegung, beispielsweise um das Auslassventil 3 in die zwischengeöffnete Stellung zu bringen und dort zu halten, als auch zur hydraulischen Steuerung der verschiedenen mechanisch bewegten Komponenten. So ist es beispielsweise vorteilhaft, wenn die Längsachsen des Schafts 23, des Steuerkolbens 29, des Steuerdruckraums 33, des ersten Kolbens 12 und des Öldruckraums 18 miteinander fluchten.

[0040] Im Folgenden wird der normal befeuerte Motorbetrieb erläutert. Im normal befeuerten Motorbetrieb bleibt das Drosselelement im Abgaskanal in der geöffneten Stellung. Während des Ansaugtakts befindet sich der Kippschalter der Auslassventile 3 und 4 auf dem Nockenrundkreis. Dadurch ist der vierte Kolben 46 an seinem oberen Totpunkt, wodurch die Absteueröffnung 56 verschlossen ist. Das Auslassventil 3 verbleibt während des ersten bis dritten Taktes aufgrund der Schließkraft F_{Fed} der Schließfeder 25 in seiner geschlossenen Stellung, wodurch der Steuerkolben 29 sich in seinem oberen Totpunkt befindet. Dadurch ist der vierte Ölkanal 59 verschlossen. Damit kann Öl des Ölkreises 9 über die Ölzufuhrkanäle 8 und 54 in den Ölaufnahmeraum 49, den dritten Ölkanal 51 und den vierten Ölkanal 59 strömen. Dadurch, dass sich der dritte Kolben 36 in seinem oberen Totpunkt befindet, wodurch die Absteueröffnung 50 verschlossen ist, kann kein Öl über den dritten Ölkanal 51 aus dem Ölaufnahmeraum 49 entweichen. Gleichzeitig kann über die Durchgangsbohrung 57 und den vierten Ölkanal 59 kein Öl in den Steuerdruckraum 33 gelangen und das Auslassventil 3 unerwünscht öffnen, da der Steuerkolben 29 als Teil der Verschlusseinheit 63 den vierten Ölkanal 59 verschließt. Von dem unter dem konstanten Öldruck p_{konstant} stehenden Öl des Ölkreises 9 strömt eine so große Menge in den Ölaufnahmeraum 49, dass das aktuelle Ventilspiel aufgrund der hydraulisch und durch die Nachstellfeder 53 bedingten Nachführung des vierten Kolbens 46 ausgeglichen ist. Dies erfolgt ebenfalls automatisch. Hierbei kommt es auf nur sehr geringe Ölmengen an. Deshalb wird bei dem Rückschlagventil 55 die Kugel mittels einer gesonderten Feder in dem Kugelsitz gehalten. Leckagen an dem vierten Kolben 46 werden durch Nachführung von Öl aus dem Ölkreis 9 ausgeglichen.

[0041] Dadurch, dass der vierte Ölkanal 59 im normal befeuerten Motorbetrieb durch den Steuerkolben 29 verschlossen ist, ist die Ventil-Zusatzsteuereinheit 22 von der vierten Kolben-Zylinder-Einheit 45 entkoppelt, wodurch der Steuerkolben 29 sicher in seinem oberen Totpunkt verbleibt. Das Auslassventil 3 und die Ventilbrücke 5 weisen somit für den Ausgleich des Ventilspiels eine definierte Lage auf.

[0042] Bei der Brennkraftmaschine 1 entfällt während der Motormontage und auch während des späteren Be-

triebs jegliche Einstellung des Ventilspiels und auch des Anschlagspiels (= EVB-Spiels) zwischen dem Gegenhalter 10 und der Ventilbrücke 5. Der Ausgleich beider Spiele erfolgt aufgrund der diesbezüglich besonders günstigen Ausgestaltung der Motorbremseinrichtung 2 und des Ventilspielausgleichsmechanismus (= vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45) automatisch. Insbesondere erfolgt auch ein automatischer Ausgleich der thermischen Ausdehnung der Auslassventile 3 und 4. Da keine Spiele überbrückt werden müssen, können die theoretisch vorgegebenen Steuerzeitpunkte exakter eingehalten werden. Dies wirkt sich günstig auf die Abgaswerte aus. Außerdem reduziert der Ausgleich des Ventilspiels und des EVB-Spiels die Geräuschentwicklung der Brennkraftmaschine 1. Es ergeben sich akustische Vorteile.

[0043] Grundsätzlich können die beschriebenen Ausgleichsmechanismen auch bei den Einlassventilen eingesetzt werden. Die bei der Brennkraftmaschine 1 verwendeten Komponenten sind keine Sonderbauteile. So kann beispielsweise die Ventilbrücke 5 in ihrer Grundbauform auch bei anderen Brennkraftmaschinen verwendet werden, die nicht mit einer Motorbremseinrichtung ausgestattet sind. Die Ventilbrücke 5 enthält dann nur die vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45 mit einem vierten Kolben 46 ohne eine Absteueröffnung 56 und eine Durchgangsbohrung 57. Die weiteren Kolben-Zylinder-Einheiten 11, 22 und 35 können entfallen.

[0044] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Konstruktiv identische Teile erhalten dieselben Bezugszeichen wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel, auf dessen Beschreibung hiermit verwiesen wird. Konstruktiv unterschiedliche, jedoch funktionell gleichartige Teile erhalten dieselben Bezugszeichen mit einem nachgestellten a. Gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel entfallen bei dem zweiten Ausführungsbeispiel die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35, der zweite Ölkanal 40 und der dritte Ölkanal 51 sowie die Absteueröffnung 56. In der Ventilbrücke 5a der Brennkraftmaschine 1a sind lediglich der erste Ölkanal 21 und der vierte Ölkanal 59 ausgebildet. In dem vierten Kolben 46a sind in der bereits beschriebenen Weise der Ölzufuhrkanal 54 und die Durchgangsbohrung 57 ausgebildet. Der Steuerkolben 29a weist an der dem Steuerdruckraum 33a zugewandten Seite eine quer verlaufende Durchgangsbohrung 64 auf. Die umfangsseitigen Enden der Durchgangsbohrung 64 sind durch eine in dem Steuerkolben 29a ausgebildete Umfangsnut 65 miteinander verbunden. In der Ventilbrücke 5a ist im Bereich des Steuerdruckraums 33a eine weitere Umfangsnut 66 ausgebildet, die mit einer Absteueröffnung 67 verbunden ist. Die Absteueröffnung 67 ist mittels eines Rückschlagventils 68 in Richtung des Steuerdruckraums 33a verschließbar.

[0045] Zunächst wird der Motorbremsbetrieb erläutert. Das Blockieren des Auslassventils 3 in der zwischengeöffneten Stellung, wenn die Motorbremseinrichtung 2a betätigt ist, erfolgt in der bereits beschriebenen Weise. In der zwischengeöffneten Stellung des Auslassventils

3 verschließt der Steuerkolben 29a die Absteueröffnung 67, sodass kein Öl aus dem Steuerdruckraum 33a entweichen kann. Diese Betriebssituation ist in Fig. 2 gezeigt. Wenn am Ende des dritten Taktes der Kipphebel die Ventilbrücke 5a aufgrund der Nockenwellensteuerung wieder belastet, um das Auslassventil 3 in die während des vierten Taktes vorgesehene vollständig geöffnete Stellung zu bringen, hebt der erste Kolben 12 von dem Gegenhalter 10 ab, sodass die Absteueröffnung 20 freigegeben wird. Das in dem Steuerdruckraum 33a befindliche Öl kann nun über den ersten Ölkanal 21 durch die Absteueröffnung 20 abfließen. Die hydraulische Blockung des Steuerkolbens 29a wird aufgehoben. Der Steuerkolben 29a bewegt sich in seinen oberen Totpunkt zurück, wobei die Absteueröffnung 67 die Durchgangsbohrung 64 freigibt. Zugleich bewegt sich der erste Kolben 12 in seinen oberen Totpunkt. Beim Rückhub des Kipphebels wird nach dem erneuten Kontaktschluss zwischen dem Gegenhalter 10 und dem ersten Kolben 12 dieser in Richtung seines unteren Totpunkts zurückgedrängt. Das in dem Öldruckraum 18 verdrängte Öl kann über den ersten Ölkanal 21, den Steuerdruckraum 33a, die Durchgangsbohrung 64 und die Absteueröffnung 67 entweichen. Die Umfangsnuten 65 und 66 erhöhen den Ablaufquerschnitt für das ausströmende Öl und tragen zu einer exakten Absteuerung des Öls in Abhängigkeit des Hubs des Steuerkolbens 29a bei. Am Ende des vierten Takts liegt der Gegenhalter 10 wieder am ersten Kolben 12 an und der Kipphebel hat wieder den Nockengrundkreis erreicht. Das EVB-Spiel ist ausgeglichen und ein neuer Bremszyklus kann beginnen.

[0046] Im normal befeuerten Motorbetrieb befindet sich der Steuerkolben 29a in seinem oberen Totpunkt, sodass der vierte Ölkanal 59 verschlossen ist. Der Steuerkolben 29a bildet somit wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel einen Teil der Verschlusseinheit 63a. Das Auslassventil 3 und die Ventilbrücke 5a weisen somit für den Ventilspielausgleich eine definierte Lage auf. Der Ausgleich des Ventilspiels mittels des vierten Kolbens 46a erfolgt in der bereits beschriebenen Weise, wobei eine Hubbewegung des vierten Kolbens 46a ausschließlich für den Ventilspielausgleich erforderlich ist. Da beim Ventilspielausgleich nur geringe Hubbewegungen erforderlich sind, ist die Durchgangsbohrung 57 ständig mit dem vierten Ölkanal 59 verbunden. Hinsichtlich der weiteren Funktionsweise der Ventil-Zusatzsteereinheit 22a und des Ventilspielausgleichsmechanismus (= vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45a) wird auf das erste Ausführungsbeispiel verwiesen. Die Funktionsweise des zweiten Ausführungsbeispiels wird auch als Kantensteuerung bezeichnet.

[0047] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Konstruktiv identische Teile erhalten dieselben Bezugszeichen wie bei den vorangegangenen Ausführungsbeispielen, auf deren Beschreibung hiermit verwiesen wird. Konstruktiv unterschiedliche, jedoch funktionell gleichartige Teile erhalten dieselben Bezugszeichen mit

einem nachgestellten b. Gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel entfallen bei dem dritten Ausführungsbeispiel die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35, die Absteueröffnung 56, die Durchgangsbohrung 57 und das Rückschlagventil 60. Der vierte Ölkanal 59b verbindet den dritten Ölkanal 51b mit dem zweiten Ölkanal 40b. Der zweite Ölkanal 40b ist über die gesamte Breite des Steuerkolbens 29b mit dem Steuerdruckraum 33b verbunden und bildet im Bereich des oberen Totpunkts des Steuerkolbens 29b eine rechteckige Umfangsnut aus. Der Steuerkolben 29b ist entsprechend dem zweiten Ausführungsbeispiel mit der Durchgangsbohrung 64 und der Umfangsnut 65 versehen. Weiterhin weist die Ventilbrücke 5b entsprechend dem zweiten Ausführungsbeispiel die Umfangsnut 66 sowie die Absteueröffnung 67 mit dem Rückschlagventil 68 auf. Entsprechend den vorangegangenen Ausführungsbeispielen kann in dem vierten Ölkanal 59b ein in Fig. 3 nicht dargestelltes Rückschlagventil 60 angeordnet sein.

[0048] Zunächst wird der Motorbremsbetrieb erläutert. Beim Zwischenöffnen des Auslassventils 3 wird durch die Bewegung des Steuerkolbens 29b in dem Steuerdruckraum 33b ein Unterdruck erzeugt, durch den Öl aus dem Ölaufnahmeraum 49 der vierten Kolben-Zylinder-Einheit 45b über den dritten Ölkanal 51b, den vierten Ölkanal 59b und die Umfangsnut des zweiten Ölkanals 40b angesaugt wird. Das aus dem Ölaufnahmeraum 49 abfließende Öl strömt über die Ölzufuhrkanäle 8, 54 und das Rückschlagventil 55 nach. In der zwischengeöffneten Stellung verschließt der Steuerkolben 29b die Absteueröffnung 67. Diese Betriebssituation ist in Fig. 3 gezeigt. Dadurch, dass kein Öl aus dem Steuerdruckraum 33b mehr abfließen kann, ist das Auslassventil 3 in der zwischengeöffneten Stellung blockiert. Wenn am Ende des dritten Taktes der Kipphebel die Ventilbrücke 5b aufgrund der Nockenwellensteuerung wieder belastet, um das Auslassventil 3 in die während des vierten Taktes vorgesehene vollständig geöffnete Stellung zu bringen, hebt der Gegenhalter 10 von dem ersten Kolben 12 ab, wodurch die Absteueröffnung 20 freigegeben wird. Das in dem Steuerdruckraum 33b befindliche Öl kann nun über den ersten Ölkanal 21 durch die Absteueröffnung 20 abfließen, wodurch die Blockung des Steuerkolbens 29b aufgehoben wird. Der Steuerkolben 29b bewegt sich in seinen oberen Totpunkt zurück. In dieser Stellung wird die Durchgangsbohrung 64 durch die Absteueröffnung 67 freigegeben und der vierte Ölkanal 59b durch den Steuerkolben 29b verschlossen. Der Steuerkolben 29b bildet somit die Verschlusseinheit 63b. Zeitgleich bewegt sich der erste Kolben 12 in seinen oberen Totpunkt.

[0049] Beim Rückhub des Kipphebels wird nach dem erneuten Kontaktschluss zwischen dem Gegenhalter 10 und dem ersten Kolben 12 die Absteueröffnung 20 verschlossen und der erste Kolben 12 in Richtung seines unteren Totpunkts zurückgedrängt, bis sich die Ventilbrücke 5b in ihrem oberen Totpunkt befindet. Das aus dem Öldruckraum 18 verdrängte Öl wird über den ersten Ölkanal 21, den Steuerdruckraum 33b, die Durchgangs-

bohrung 64 und die Absteueröffnung 67 entsprechend dem zweiten Ausführungsbeispiel abgesteuert. Am Ende des vierten Taktes liegt der Gegenhalter 10 wieder an dem ersten Kolben 12 an und der Kipphebel hat wieder den Nockengrundkreis erreicht. Das EVB-Spiel ist ausgeglichen und ein neuer Bremszyklus kann beginnen.

[0050] Im normal befeuerten Motorbetrieb befindet sich der Steuerkolben 29b in seinem oberen Totpunkt, sodass der Steuerkolben 29b als Verschlusselement 63b für den vierten Ölkanal 59b wirkt. Der aufgrund der Hubbewegung des Kipphebels in dem Ölaufnahmeraum 49 erzeugte Öldruck kann den Steuerkolben 29b nicht aus seinem oberen Totpunkt herausbewegen und somit den vierten Ölkanal 59b nicht öffnen. Somit weisen das Auslassventil 3 und die Ventilbrücke 5b für den Ventilspielausgleich eine definierte Lage auf. Der Ventilspielausgleich erfolgt in der bereits beschriebenen Weise, wobei eine Hubbewegung des vierten Kolbens 46b ausschließend für den Ventilspielausgleich erforderlich ist. Der vierte Kolben 46b und die Verschlusseinheit 63b vereinfachen sich bei diesem Ausführungsbeispiel im Vergleich zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen. Hinsichtlich der weiteren Funktionsweise der Ventil-Zusatzsteuereinheit 22b und des Ventilspielausgleichsmechanismus (= vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45b) wird auf die vorangegangenen Ausführungsbeispiele verwiesen. Die Funktionsweise dieses Ausführungsbeispiels wird auch als Kantensteuerung bezeichnet.

[0051] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Konstruktiv identische Teile erhalten dieselben Bezugszeichen wie bei den vorangegangenen Ausführungsbeispielen, auf deren Beschreibung hiermit verwiesen wird. Konstruktiv unterschiedliche, jedoch funktionell gleichartige Teile erhalten dieselben Bezugszeichen mit einem nachgestellten c. Der wesentliche Unterschied gegenüber den vorangegangenen Ausführungsbeispielen ist, dass die erste Kolben-Zylinder-Einheit 11c mit der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit (= Ventil-Zusatzsteuereinheit 22c) integriert ausgebildet ist. Der erste Kolben 12c ist axial beweglich in dem als Zylinder wirkenden Steuerkolben 29c geführt. Der Öldruckraum 18c wird von dem ersten Kolben 12c und dem Steuerkolben 29c begrenzt. Der erste Ölkanal 21c ist stufenförmig in dem ersten Kolben 12c ausgebildet und verbindet den Öldruckraum 18c mit der Absteueröffnung 20. Der erste Ölkanal 21c ist über eine quer in dem ersten Kolben 12c verlaufende Durchgangsbohrung 69 mit dem Steuerdruckraum 33c verbunden. Der Steuerkolben 29c weist an einer dem Steuerdruckraum 33c zugewandten Seite einen Ringanschlag 70 auf. Die Nachstellfeder 34c liegt gegen den Ringanschlag 70 und die Begrenzungsfläche 32c an und umgibt den ersten Kolben 12c. Der vierte Ölkanal 59c mündet in den Steuerdruckraum 33c. Der Steuerkolben 29c und das Rückschlagventil 60 bilden die Verschlusseinheit 63c. Die integrierte Ausbildung der ersten und zweiten Kolben-Zylinder-Einheiten 11c und 22c ist äußerst platz sparend. Die Bauhöhe der Ventil-

brücke 5c kann dadurch verringert werden.

[0052] Der Gegenhalter 10c ist gestuft ausgebildet und weist einen Ringanschlag 71 auf. Zwischen dem Ringanschlag 71 und der Ventilbrücke 5c ist ein als Schraubenfeder ausgebildetes Federelement 72 angeordnet. Das Federelement 72 verhindert eine Schiefstellung der Ventilbrücke 5c, insbesondere wenn der Öldruck in dem - in Fig. 4 nicht dargestellten - Ölaufnahmeraum 49 zu gering ist. Das Federelement 72 kann auch bei den vorangegangenen Ausführungsbeispielen eingesetzt werden, falls dies vorteilhaft ist.

[0053] Darüber hinaus kann die integrierte Ausbildung der ersten und zweiten Kolben-Zylinder-Einheit 11c und 22c in beliebiger Weise mit den in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen beschriebenen Elementen der Kantensteuerung und der Kolbensteuerungen kombiniert werden.

[0054] Zunächst wird der Motorbremsbetrieb erläutert. Beim Zwischenöffnen des Auslassventils 3 strömt Öl durch den vierten Ölkanal 59c in den Steuerdruckraum 33c. Das Rückschlagventil 60 verhindert ein Zurückströmen des Öls, sodass das Auslassventil 3 in der zwischen geöffneten Stellung blockiert wird. Wenn am Ende des dritten Taktes der Kipphebel die Ventilbrücke 5c aufgrund der Nockenwellensteuerung wieder belastet, um das Auslassventil 3 in die während des vierten Taktes vorgesehene vollständig geöffnete Stellung zu bringen, wird der Gegenhalter 10c von dem ersten Kolben 12c abgehoben und gibt die Absteueröffnung 20 frei. Damit wird die Blockierung des Steuerkolbens 29c aufgehoben. Während der Bewegung des Steuerkolbens 29c in seinen oberen Totpunkt, wird das in dem Steuerdruckraum 33c befindliche Öl über die Durchgangsbohrung 69 und den ersten Ölkanal 21c durch die Absteueröffnung 20 abgesteuert. Gleichzeitig wird das in dem Öldruckraum 18c befindliche Öl über den ersten Ölkanal 21c durch die Absteueröffnung 20 abgesteuert. Durch das Absteuern des Öls aus dem Steuerdruckraum 33c bewegt sich auch der erste Kolben 12c in seinen oberen Totpunkt. Beim Rückhub des Kipphebels wird die Absteueröffnung 20 durch den Gegenhalter 10c wieder verschlossen. Der Gegenhalter 10c drängt den ersten Kolben 12c und den Steuerkolben 29c zurück, wobei das verdrängte Öl wie bei den vorangegangenen Ausführungsbeispielen ablaufen kann. Das EVB-Spiel wird eingestellt.

[0055] Im normal befeuerten Motorbetrieb befindet sich der Steuerkolben 29c in seinem oberen Totpunkt und verschließt den vierten Ölkanal 59c. Der Ventilspielausgleich des Auslassventils 3 kann in der bereits beschriebenen Weise erfolgen. Hinsichtlich der weiteren Funktionsweise der Ventil-Zusatzsteuereinheit (= zweite Kolben-Zylinder-Einheit 22c) und des in Fig. 4 nicht dargestellten Ventilspielausgleichsmechanismus (= vierte Kolben-Zylinder-Einheit) wird auf die vorangegangenen Ausführungsbeispiele verwiesen.

[0056] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Konstruktiv identische Teile erhalten diesel-

ben Bezugszeichen wie bei den vorangegangenen Ausführungsbeispielen, auf deren Beschreibung hiermit verwiesen wird. Konstruktiv unterschiedliche, jedoch funktionell gleichartige Teile erhalten dieselben Bezugszeichen mit einem nachgestellten d. Ein Unterschied gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel ist, dass die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35d nicht zwischen den Auslassventilen 3, 4 angeordnet ist, sondern an einer dem Auslassventil 4 abgewandten Seite des Auslassventils 3 im Bereich seitlich neben der ersten Kolben-Zylinder-Einheit 11. Die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35d ist somit aus dem bei Betätigung der Auslassventile 3, 4 durch Biegemomente belasteten Bereich nach außen verlegt. Der dritte Kolben 36d ist zylinderförmig ausgebildet und liegt in seinem oberen Totpunkt gegen eine hohlzylinderförmige Anschlagbuchse 73 an, die in die dritte Zylinderbohrung 37d eingesetzt ist. Der dritte Ölkanal 51d verbindet die erste Kolben-Zylinder-Einheit 11 mit der dritten Kolben-Zylinder-Einheit 35d. Hierzu verläuft der dritte Ölkanal 51d ausgehend von dem ersten Ölkanal 21 d unterhalb des Öldruckraums 18 zu der dritten Kolben-Zylinder-Einheit 35d und mündet dort im Bereich nahe der Anschlagbuchse 73 in die dritte Zylinderbohrung 37d. In diesem Bereich weist die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35d eine Umfangsnut 74 auf, die den dritten Ölkanal 51 d mit dem hinteren Ölaufnahmeraum 39d verbindet. In den ersten Ölkanal 21d ist zwischen dem dritten Ölkanal 51d und dem Steuerdruckraum 33d ein Rückschlagventil 75 angeordnet, das in Richtung des Steuerdruckraums 33d sperrend wirkt. Das Rückschlagventil 75 weist einen im ersten Ölkanal 21d ausgebildeten Kegelsitz 76 mit einer darin aufnehmbaren Kugel 77 auf. Gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel entfallen bei dem fünften Ausführungsbeispiel - entsprechend dem dritten Ausführungsbeispiel - die Absteueröffnung 56, die Durchgangsbohrung 57 und das Rückschlagventil 60. Der vierte Ölkanal 59d verbindet den Ölaufnahmeraum 49 direkt mit dem Steuerdruckraum 33d. Im vierten Ölkanal 59d kann zusätzlich ein Rückschlagventil 60 entsprechend den vorangegangenen Ausführungsbeispielen angeordnet sein.

[0057] Zunächst wird der Motorbremsbetrieb erläutert. Beim Zwischenöffnen des Auslassventils 3 wird durch die Bewegung des Steuerkolbens 29d in dem Steuerdruckraum 33d ein Unterdruck erzeugt, durch den Öl aus dem Ölaufnahmeraum 49 über den vierten Ölkanal 59d angesaugt wird. Das Rückschlagventil 75 verhindert einen Ölfluss von dem Öldruckraum 18 zu dem Steuerdruckraum 33d. Das aus dem Ölaufnahmeraum 49 abfließende Öl strömt über die Ölzuführkanäle 8, 54 und das Rückschlagventil 55 nach. In der zwischengeöffneten Stellung wird der dritte Kolben 36d über den zweiten Ölkanal 40d in seinen oberen Totpunkt gedrückt. Der dritte Kolben 36d liegt somit gegen die Anschlagbuchse 73 an und verschließt den dritten Ölkanal 51d und die Umfangsnut 74. Diese Betriebssituation ist in Fig. 5 gezeigt. Dadurch, dass kein Öl aus dem Steuerdruckraum 33d mehr abfließen kann, ist das Auslassventil 3 in der zwischengeöffneten Stellung blockiert. Wenn am Ende des dritten Taktes der Kipphebel die Ventilbrücke 5d aufgrund der Nockenwellensteuerung wieder belastet, um das Auslassventil 3 in die während des vierten Taktes vorgesehene vollständig geöffnete Stellung zu bringen, hebt der erste Kolben 12 von dem Gegenhalter 10 ab, wodurch die Absteueröffnung 20 freigegeben wird. Das in dem Steuerdruckraum 33d befindliche Öl kann nun über das Rückschlagventil 75, das in Richtung der Absteueröffnung 20 einen Ölfluss zulässt, durch die Absteueröffnung 20 abfließen, wodurch die Blockierung des Steuerkolbens 29d aufgehoben wird. Der Steuerkolben 29d bewegt sich in seinen oberen Totpunkt zurück. In dieser Stellung verschließt der Steuerkolben 29d den vierten Ölkanal 59d. Der Steuerkolben 29d bildet somit die Verschlusseinheit 63d. Zeitgleich bewegt sich der erste Kolben 12 in seinen oberen Totpunkt und der dritte Kolben 36d durch die Rückstellfeder 42 in seinen unteren Totpunkt, da das im vorderen Ölaufnahmeraum 38d befindliche Öl über den zweiten Ölkanal 40d und den ersten Ölkanal 21d durch die Absteueröffnung 20 abfließen kann.

[0058] Beim Rückhub des Kipphebels wird nach dem erneuten Kontaktschluss zwischen dem Gegenhalter 10 und dem ersten Kolben 12 die Absteueröffnung 20 verschlossen und der erste Kolben 12 in Richtung seines unteren Totpunkts zurückgedrängt, bis sich die Ventilbrücke 5d in ihrem oberen Totpunkt befindet. Das aus dem Öldruckraum 18 verdrängte Öl wird über den dritten Ölkanal 51 d, die Umfangsnut 74, den hinteren Ölaufnahmeraum 39d und die Ölaustrittsöffnung 44 abgesteuert. Die Umfangsnut 74 vergrößert den Abflussquerschnitt des Öls und dient zur genauen Steuerung des Ölflusses. Da das Rückschlagventil 75 einen Ölfluss von dem Öldruckraum 18 über den zweiten Ölkanal 40d zu dem vorderen Ölaufnahmeraum 38d verhindert, bleibt der dritte Kolben 36d in seinem unteren Totpunkt. Am Ende des vierten Taktes liegt der Gegenhalter 10 wieder an dem ersten Kolben 12 an und der Kipphebel hat wieder den Nockengrundkreis erreicht. Das EVB-Spiel ist ausgeglichen und ein neuer Bremszyklus kann beginnen.

[0059] Im normal befeuerten Motorbetrieb befindet sich der Steuerkolben 29d in seinem oberen Totpunkt, so dass der Steuerkolben 29d als Verschlusseinheit 63d für den vierten Ölkanal 59d wirkt. Der aufgrund der Hubbewegung des Kipphebels in dem Ölaufnahmeraum 49 erzeugte Öldruck kann den Steuerkolben 29d nicht aus seinem oberen Totpunkt herausbewegen und somit den vierten Ölkanal 59d nicht öffnen. Somit weisen das Auslassventil 3 und die Ventilbrücke 5d für den Ventilspielausgleich eine definierte Lage auf. Der Ventilspielausgleich erfolgt in der bereits beschriebenen Weise, wobei eine Hubbewegung des vierten Kolbens 46d ausschließlich für den Ventilspielausgleich erforderlich ist. Im Vergleich zu dem ersten Ausführungsbeispiel erfolgt die Absteuerung des Öls bei dem Ausgleich des EVB-Spiels direkt über die dritte Kolben-Zylinder-Einheit

35d und nicht über den Ventilspielausgleichsmechanismus (= vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45d). Weiterhin wird die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35d nur durch den Überdruck in dem Steuerdruckraum 33d nach dem Zwischenöffnen des Auslassventils 3 betätigt und ist dementsprechend unabhängig von dem Ventilspielausgleichsmechanismus 45d. Dadurch, dass die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35d lediglich mit der ersten Kolben-Zylinder-Einheit 11 und der Ventil-Zusatzsteuereinheit 22d verbunden ist, kann die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35d aus dem durch Biegemomente belasteten Bereich zwischen den Auslassventilen 3 und 4 seitlich nach außen verlegt werden. Das Blockieren des Auslassventils 3 in der zwischengeöffneten Stellung funktioniert auch bei kleinen Sprunghüben des Auslassventils 3, wenn der Durchmesserunterschied zwischen dem ersten Kolben 12 und dem dritten Kolben 36d groß ist, so dass beim Öffnungsvorgang des dritten Kolbens 36d der Ölverlust über den dritten Ölkanal 51 d und den zweiten Ölkanal 40d gering ist. Die Umfangsnut 74 dient weiterhin dazu, dass bei Verschluss des dritten Ölkanals 51d durch den dritten Kolben 36d möglichst wenig Öl austreten und verloren gehen kann, da damit die Hubhöhe des dritten Kolbens 36d minimiert werden kann. Hinsichtlich der weiteren Funktionsweise der Ventil-Zusatzsteuereinheit 22d und des Ventilspielausgleichsmechanismus (= vierte Kolben-Zylinder-Einheit 45d) wird auf die vorangegangenen Ausführungsbeispiele verwiesen.

[0060] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 6 und Fig. 7 ein sechstes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Konstruktiv identische Teile erhalten dieselben Bezugszeichen wie bei den vorgegangenen Ausführungsbeispielen, auf deren Beschreibung hiermit verwiesen wird. Konstruktiv unterschiedliche, jedoch funktionell gleichartige Teile erhalten dieselben Bezugszeichen mit einem nachgestellten e. Der wesentliche Unterschied gegenüber den vorangegangenen Ausführungsbeispielen, insbesondere dem ersten und fünften Ausführungsbeispiel, ist, dass die erste Kolben-Zylinder-Einheit 11e mit der zweiten Kolben-Zylinder-Einheit (= Ventil-Zusatzsteuereinheit 22e) und der dritten Kolben-Zylinder-Einheit 35e integriert ausgebildet ist. Der erste Kolben 12e ist axial beweglich in einem hohlzylinderförmigen Zusatzteil 78 geführt, das einstückig mit der Gewindescheibe 16e ausgebildet ist. Alternativ kann das Zusatzteil 78 auch einstückig mit einer Einpressscheibe ausgebildet sein, die in die Ventilbrücke 5e eingepresst ist. Der erste Kolben 12e ist in dem hohlzylinderförmigen Zusatzteil 78 geführt. Der im Querschnitt H-förmige Steuerkolben 29e umgibt das Zusatzteil 78, wobei zwischen dem Zusatzteil 78 und dem Steuerkolben 29e die Nachstellfeder 34 angeordnet ist. Das Zusatzteil 78 ist an einer der Scheibe 16e abgewandten Seite durch eine weitere eingeschraubte oder eingepresste Scheibe 79 verschlossen. In der Scheibe 79 ist ein Teil des ersten Ölkanals 21 e mit dem Rückschlagventil 75e ausgebildet. Das Zusatzteil 78 weist eine Durchgangsbohrung 80 auf, die Teil des zweiten Ölkanals 40e ist.

[0061] Die dritte Kolben-Zylinder-Einheit 35e ist in den ersten Kolben 12e integriert. Hierzu ist in dem ersten Kolben 12e die Zylinderbohrung 37e für den dritten Kolben 36e ausgebildet. Die Absteueröffnung 20 bildet gleichzeitig die Ölaustrittsöffnung 44e aus, wobei der um die Ölaustrittsöffnung 44e liegende Bereich des ersten Kolbens 12e als das Anschlagenelement 43e für die Rückstellfeder 42 wirkt. Darüber hinaus weist die Zylinderbohrung 37e einen Ringanschlag 81 für den dritten Kolben 36e auf. Die Zylinderbohrung 37e ist an einer der Absteueröffnung 20 abgewandten Seite durch eine eingeschraubte oder eingepresste Verschlusscheibe 82 verschlossen. Ein Teil des ersten Ölkanals 21 e ist als Durchgangsbohrung in dem dritten Kolben 36e ausgebildet, so dass der vordere Ölaufnahmeraum 38e mit dem hinteren Ölaufnahmeraum 39e verbunden ist. Der zweite Ölkanal 40e ist im Bereich der Verschlusscheibe 82 in dem ersten Kolben 12e ausgebildet und verbindet den vorderen Ölaufnahmeraum 38e über die Durchgangsbohrung 80 mit dem Steuerdruckraum 33e. Der dritte Ölkanal 51 e ist L-förmig ausgebildet und verbindet den Öldruckraum 18e mit dem hinteren Ölaufnahmeraum 39e, wobei der dritte Ölkanal 51e im Bereich des Ringanschlages 81 einmündet, so dass dieser durch den dritten Kolben 36e verschließbar ist, wenn sich dieser in seinem oberen Totpunkt befindet. Gegenüberliegend zu dem dritten Ölkanal 51 e ist nahe dem Ringanschlag 81 eine Absteuerbohrung 83 ausgebildet, die den hinteren Ölaufnahmeraum 39e mit einem Ringspalt 84 verbindet, der zwischen dem Zusatzteil 78 sowie der Scheibe 16e und dem ersten Kolben 12e ausgebildet ist. Der dritte Ölkanal 51 e ist zu dem Ringspalt 84 hin durch den Verschluss 52e verschlossen. Die Umfangsnut 74e ist im Bereich des Ringanschlages 81 angeordnet. Die Umfangsnut 74e erstreckt sich lediglich entlang eines Teilmumfangs des dritten Kolbens 36e und ist somit beidseitig des dritten Ölkanals 51 e und der Absteuerbohrung 83 unterbrochen, so dass der dritte Ölkanal 51e und die Absteuerbohrung 83 über die Umfangsnut 74e nicht miteinander verbunden sind, wenn sich der dritte Kolben 36e in seinem oberen Totpunkt befindet. Fig. 7 zeigt einen Teilquerschnitt durch den ersten Kolben 12e auf Höhe des Ringanschlages 81. Wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, ist die Umfangsnut 74e in Form von zwei Halbmonden ausgebildet, wobei jeweils einer mit dem dritten Ölkanal 51 e und mit der Absteuerbohrung 83 in Verbindung ist. In seinem oberen Totpunkt verhindert der dritte Kolben 36e einen Ölfluss von dem dritten Ölkanal 51e zu der Absteuerbohrung 83. Die Umfangsnut 74e dient entsprechend dem fünften Ausführungsbeispiel zur Vergrößerung des Ablaufquerschnitts des Öls und zur genauen Steuerung des Ölabflusses. Die Absteuerbohrung 83 ist verschließbar, wenn sich der dritte Kolben 36e in seinem oberen Totpunkt befindet. In dem vierten Ölkanal 59e ist entsprechend den vorangegangenen Ausführungsbeispielen das Rückschlagventil 60 angeordnet. Die in Fig. 6 nicht dargestellte vierte Kolben-Zylinder-Einheit ist beispielsweise entsprechend dem fünften Ausführungsbeispiel aus-

gebildet.

[0062] Zunächst wird der Motorbremsbetrieb erläutert. Beim Zwischenöffnen des Auslassventils 3 wird durch die Bewegung des Steuerkolbens 29e in dem Steuerdruckraum 33e ein Unterdruck erzeugt, durch den Öl aus dem Ölaufnahmeraum 49 der vierten Kolben-Zylinder-Einheit 45e über den vierten Ölkanal 59e angesaugt wird. Das aus dem Ölaufnahmeraum 49 abfließende Öl strömt über die Ölzuführkanäle 8, 54 und das Rückschlagventil 55 in bereits beschriebener Weise nach. Das Rückschlagventil 75e verhindert einen Ölfluss von dem Öldruckraum 18e zu dem Steuerdruckraum 33e. In der zwischengeöffneten Stellung drückt der Steuerkolben 29e den dritten Kolben 36e über den zweiten Ölkanal 40e in seinen oberen Totpunkt, so dass dieser den dritten Ölkanal 51e und die Absteuerbohrung 83 verschließt. Diese Betriebssituation ist in Fig. 6 gezeigt. Dadurch, dass kein Öl aus dem Steuerdruckraum 33e mehr abfließen kann, ist das Auslassventil 3 in der zwischengeöffneten Stellung blockiert. Wenn am Ende des dritten Taktes der Kipphebel die Ventilbrücke 5e aufgrund der Nockenwellensteuerung wieder belastet, um das Auslassventil 3 in die während des vierten Taktes vorgesehene vollständig geöffnete Stellung zu bringen, hebt der Gegenhalter 10 von dem ersten Kolben 12e ab, wodurch die Absteueröffnung 20 freigegeben wird. Das in dem Steuerdruckraum 33e befindliche Öl kann nun über den zweiten Ölkanal 40e und den ersten Ölkanal 21e sowie über das Rückschlagventil 75e, den dritten Ölkanal 51e und den ersten Ölkanal 21e durch die Absteueröffnung 20 abfließen, da sich gleichzeitig der erste Kolben 12e in seinen oberen Totpunkt und der dritte Kolben 36e aufgrund der Rückstellfeder 42 in seinen unteren Totpunkt bewegt. Hierdurch wird die Blockierung des Steuerkolbens 29e aufgehoben, so dass sich dieser in seinen oberen Totpunkt zurückbewegt. In dieser Stellung wird der vierte Ölkanal 59e durch den Steuerkolben 29e verschlossen. Der Steuerkolben 29e bildet somit die Verschlusseinheit 63e.

[0063] Beim Rückhub des Kipphebels wird nach dem erneuten Kontaktschluss zwischen dem Gegenhalter 10 und dem ersten Kolben 12e die Absteueröffnung 20 verschlossen und der erste Kolben 12e in Richtung seines unteren Totpunkts zurückgedrängt, bis sich die Ventilbrücke 5e in ihrem oberen Totpunkt befindet. Das aus dem Ölraum 18e verdrängte Öl wird über den dritten Ölkanal 51e, die Absteuerbohrung 83 und den Ringspalt 84 abgesteuert. Am Ende des vierten Taktes liegt der Gegenhalter 10 wieder an dem ersten Kolben 12e an und der Kipphebel hat wieder den Nockengrundkreis erreicht. Das Rückschlagventil 75e verhindert dabei einen ungewollten Druckaufbau in dem Steuerdruckraum 33e und damit eine Bewegung des dritten Kolbens 36e in seinen oberen Totpunkt, was ein Verschließen der Absteuerbohrung 83 zur Folge hätte. Das EVB-Spiel ist ausgeglichen und ein neuer Bremszyklus kann beginnen.

[0064] Im normal befeuerten Motorbetrieb befindet sich der Steuerkolben 29e in seinem oberen Totpunkt,

so dass der Steuerkolben 29e als Verschlusseinheit 63e für den vierten Ölkanal 59e wirkt. Der aufgrund der Hubbewegung des Kipphebels in dem Ölaufnahmeraum 49 erzeugte Öldruck kann den Steuerkolben 29e nicht aus seinem oberen Totpunkt herausbewegen und somit den vierten Ölkanal 59e nicht öffnen. Somit weisen das Auslassventil 3 und die Ventilbrücke 5e für den Ventilspielausgleich eine definierte Lage auf. Der Ventilspielausgleich erfolgt in der bereits beschriebenen Weise. Hinsichtlich der weiteren Funktionsweise der Ventil-Zusatzsteuereinheit (= zweite Kolben-Zylinder-Einheit 22e) und des in Fig. 6 nicht dargestellten Ventilspielausgleichsmechanismus (= vierte Kolben-Zylinder-Einheit) wird auf die vorangegangenen Ausführungsbeispiele, insbesondere das fünfte Ausführungsbeispiel, verwiesen.

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine, umfassend

- mindestens ein Auslassventil (3, 4) zum Abführen von Abgas aus mindestens einem Brennraum,
- eine Motorbremseinrichtung (2; 2a; 2b; 2c; 2d; 2e) mit einer hydraulischen Ventil-Zusatzsteuereinheit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e),

-- die in einen das Auslassventil (3) mit einer Nockenwelle verbindenden Verbindungsmechanismus (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7) integriert ist,

-- die zur Ölspeisung an einen Ölkreis angeschlossen ist, und

-- mittels der das Auslassventil (3) bei betätigter Motorbremseinrichtung (2; 2a; 2b; 2c; 2d; 2e) in einer zwischengeöffneten Stellung haltbar ist,

gekennzeichnet durch

- einen hydraulischen Ventilspielausgleichsmechanismus (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) für das Auslassventil (3, 4),

-- der in den Verbindungsmechanismus (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7) integriert ist, und

-- der zur Ölspeisung an den Ölkreis angeschlossen ist, und

- einen Ölkanal (59; 59b; 59c; 59d; 59e),

-- der zur Ölspeisung der hydraulischen Ventil-Zusatzsteuereinheit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) zwischen dieser und dem hydraulischen Ventilspielausgleichsmechanismus (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) ausgebildet ist, und

- der zum Ausgleichen eines Ventilspiels des Auslassventils (3, 4) mittels einer Verschlusseinheit (63; 63a; 63b; 63c; 63d; 64e) verschließbar ist.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventil-Zusatzsteuereinheit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) und der Ventilspielausgleichsmechanismus (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) in eine Ventilbrücke (5; 5a; 5b; 5c; 5d; 5e) integriert sind und der Ölkanal (59; 59b; 59c; 59d; 59e) in der Ventilbrücke (5; 5a; 5b; 5c; 5d; 5e) ausgebildet ist.
 3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit (11; 11c; 11e) zum Spielausgleich zwischen einem mit der Ventil-Zusatzsteuereinheit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) zusammenwirkenden Gegenhalter (10; 10c) und der Ventilbrücke (5; 5a; 5b; 5c; 5d; 5e) vorgesehen ist.
 4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit (11; 11c) an den Ölkreis angeschlossen ist und einen in die Ventilbrücke (5; 5a; 5b; 5c; 5d; 5e) integrierten Kolben (12; 12c) aufweist.
 5. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Ventilbrücke (5c) und einem mit der Ventil-Zusatzsteuereinheit (22c) zusammenwirkenden Gegenhalter (10c) ein Federelement (72) angeordnet ist.
 6. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventil-Zusatzsteuereinheit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) als eine zweite hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit mit einem Kolben (29; 29a; 29b; 29c; 29d; 29e) ausgebildet ist, wobei der Kolben (29; 29a; 29b; 29c; 29d; 29e) ein Teil der Verschlusseinheit (63; 63a; 63b; 63c; 63d; 63e) ist.
 7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (12c; 12e) der ersten hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit (11c; 11e) mit dem Kolben (29c; 29e) der zweiten hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit (22c; 22e) integriert ausgebildet ist.
 8. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventil-Zusatzsteuereinheit (22; 22d; 22e) mittels einer dritten hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit (35; 35d; 35e) an den Ventilspielausgleichsmechanismus (45; 45d; 45e) angeschlossen ist.
 9. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (29a; 29b) der zweiten hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit (22a; 22b) mindestens eine quer verlaufende Durchgangsbohrung (64) aufweist und die mindestens eine Durchgangsbohrung (64) mit einer Umfangsnut (65) zusammenwirkt.
 10. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventilspielausgleichsmechanismus (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) als eine vierte Kolben-Zylinder-Einheit ausgebildet ist.
 11. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dritte Kolben-Zylinder-Einheit (35d) an einer dem Ventilspielausgleichsmechanismus (45d) abgewandten Seite der ersten Kolben-Zylinder-Einheit (11) angeordnet ist.
 12. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kolben (36e) der dritten Kolben-Zylinder-Einheit (35e) mit dem Kolben (12e) der ersten Kolben-Zylinder-Einheit (11e) integriert ausgebildet ist.

Claims

1. An internal combustion engine, comprising
 - at least one exhaust valve (3, 4) for removing exhaust from at least one combustion chamber,
 - an engine braking means (2; 2a; 2b; 2c; 2d; 2e) with a hydraulic valve additional control unit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e),
 - which is integrated in a connecting mechanism (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7) connecting the exhaust valve (3) to a camshaft,
 - which for supplying oil is connected to an oil circuit, and
 - by means of which the exhaust valve (3) can be held in an intermediate open position when the engine braking means (2; 2a; 2b; 2c; 2d; 2e) is actuated,
- characterised by**
- a hydraulic valve play compensation mechanism (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) for the exhaust valve (3, 4),
 - which is integrated in the connecting mechanism (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7), and
 - which for supplying oil is connected to the oil circuit, and

- an oil duct (59; 59b; 59c; 59d; 59e),
 - which for supplying oil to the hydraulic valve additional control unit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) is formed between the latter and the hydraulic valve play compensation mechanism (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e), and
 - which can be closed by means of a closing unit (63; 63a; 63b; 63c; 63d; 64e) for compensating for a valve play of the exhaust valve (3, 4).
- 2. An internal combustion engine according to Claim 1, **characterised in that** the valve additional control unit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) and the valve play compensation mechanism (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) are integrated in a valve bridge (5; 5a; 5b; 5c; 5d; 5e) and the oil duct (59; 59b; 59c; 59d; 59e) is formed in the valve bridge (5; 5a; 5b; 5c; 5d; 5e).
- 3. An internal combustion engine according to Claim 2, **characterised in that** a first hydraulic piston/cylinder unit (11; 11c; 11e) is provided for compensating for play between a counter-support (10; 10c) which cooperates with the valve additional control unit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) and the valve bridge (5; 5a; 5b; 5c; 5d; 5e).
- 4. An internal combustion engine according to Claim 3, **characterised in that** the first hydraulic piston/cylinder unit (11; 11c) is connected to the oil circuit and has a piston (12; 12c) integrated in the valve bridge (5; 5a; 5b; 5c; 5d; 5e).
- 5. An internal combustion engine according to one of Claims 2 to 4, **characterised in that** a spring element (72) is arranged between the valve bridge (5c) and a counter-support (10c) which cooperates with the valve additional control unit (22c).
- 6. An internal combustion engine according to one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the valve additional control unit (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) is designed as a second hydraulic piston/cylinder unit with a piston (29; 29a; 29b; 29c; 29d; 29e), the piston (29; 29a; 29b; 29c; 29d; 29e) being part of the closing unit (63; 63a; 63b; 63c; 63d; 63e).
- 7. An internal combustion engine according to Claim 6, **characterised in that** the piston (12c; 12e) of the first hydraulic piston/cylinder unit (11c; 11e) is designed integrated with the piston (29c; 29e) of the second hydraulic piston/cylinder unit (22c; 22e).
- 8. An internal combustion engine according to one of Claims 1 to 7, **characterised in that** the valve additional control unit (22; 22d; 22e) is connected by

means of a third hydraulic piston/cylinder unit (35; 35d; 35e) to the valve play compensation mechanism (45; 45d; 45e).

- 9. An internal combustion engine according to one of Claims 6 to 8, **characterised in that** the piston (29a; 29b) of the second hydraulic piston/cylinder unit (22a; 22b) has at least one transversely extending through-bore (64) and the at least one through-bore (64) cooperates with a peripheral groove (65).
- 10. An internal combustion engine according to one of Claims 1 to 8, **characterised in that** the valve play compensation mechanism (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) is designed as a fourth piston/cylinder unit.
- 11. An internal combustion engine according to one of Claims 8 to 10, **characterised in that** the third piston/cylinder unit (35d) is arranged on a side of the first piston/cylinder unit (11) which is remote from the valve play compensation mechanism (45d).
- 12. An internal combustion engine according to one of Claims 8 to 10, **characterised in that** a piston (36e) of the third piston/cylinder unit (35e) is designed integrated with the piston (12e) of the first piston/cylinder unit (11e).

Revendications

1. Moteur à combustion interne comprenant :

- au moins une soupape d'échappement (3, 4) pour évacuer les gaz d'échappement d'au moins une chambre de combustion,
- au moins une installation de frein moteur (2; 2a; 2b; 2c; 2d; 2e) ayant une unité de commande hydraulique complémentaire de soupape (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e),

- intégrée dans un mécanisme de liaison (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7) reliant la soupape d'échappement (3) à l'arbre à came,
 - reliée à un circuit d'huile pour assurer l'alimentation en huile, et
 - qui tient la soupape d'échappement (3) dans une position intermédiaire, ouverte, lorsque l'installation de frein moteur (2; 2a; 2b; 2c; 2d; 2e) est activée,
- caractérisé par**

- un mécanisme hydraulique de compensation de jeu de soupapes (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) pour la soupape d'échappement (3,4),

- intégré dans le mécanisme de liaison (5,

- 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7), et
- relié au circuit d'huile pour assurer l'alimentation en huile, et
- un canal d'huile (59; 59b; 59c; 59d; 59e),
- assurant l'alimentation en huile de l'unité de commande hydraulique, complémentaire de soupape (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) en étant situé entre celle-ci et le mécanisme hydraulique de compensation de jeu de soupape (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e), et
- qui peut être fermé par une unité de fermeture (63; 63a; 63b; 63c; 63d; 63e) pour compenser le jeu de la soupape d'échappement (3, 4).
2. Moteur à combustion interne selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
l'unité de commande complémentaire de soupape (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) et le mécanisme de compensation de jeu de soupape (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) sont intégrés dans un pont de soupapes (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7), et le canal d'huile (59; 59b; 59c; 59d; 59e) est réalisé dans le pont de soupapes (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7).
3. Moteur à combustion interne selon la revendication 2,
caractérisé par
une première unité hydraulique piston/cylindre (11; 11c; 11e) pour compenser le jeu entre un support antagoniste (10; 10c) coopérant avec l'unité de commande complémentaire de soupape (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) et le pont de soupapes (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7).
4. Moteur à combustion interne selon la revendication 3,
caractérisé en ce que
la première unité hydraulique piston/cylindre (11; 11c) est reliée au circuit d'huile et comporte un piston (12; 12c) intégré dans le pont de soupapes (5, 6, 7; 5a, 6, 7; 5b, 6, 7; 5c, 6, 7; 5d, 6, 7; 5e, 6, 7).
5. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé par**
un élément de ressort (72) entre le pont de soupapes (5c) et un contre-appui (10) coopérant avec l'unité de commande complémentaire de soupape (22c).
6. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que**
l'unité de commande complémentaire de soupape (22; 22a; 22b; 22c; 22d; 22e) est réalisée comme second ensemble hydraulique piston/cylindre avec un piston (29; 29a; 29b; 29c; 29d; 29e), faisant partie
- de l'unité de fermeture (63; 63a; 63b; 63c; 63d; 63e).
7. Moteur à combustion interne selon la revendication 6,
caractérisé en ce que
le piston (12c; 12e) du premier ensemble hydraulique piston/cylindre (11c; 11e) est intégré au piston (29c; 29e) du second ensemble piston/cylindre (22c; 22e).
8. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que**
l'unité de commande complémentaire de soupape (22; 22d; 22e) est reliée par un troisième ensemble hydraulique piston/cylindre (35; 35d; 35e) au mécanisme de compensation de jeu de soupape (45; 45d; 45e).
9. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que**
le piston (29a; 29b) du second ensemble hydraulique piston/cylindre (22a; 22b) comporte au moins un perçage traversant (64) dirigé transversalement et ce perçage traversant (64) coopère avec une rainure périphérique (65).
10. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que**
le mécanisme de compensation de jeu de soupape (45; 45a; 45b; 45c; 45d; 45e) est réalisé comme quatrième ensemble piston/cylindre.
11. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que**
le troisième ensemble piston/cylindre (35d) est prévu sur le côté du premier ensemble piston/cylindre (11) non tourné vers le mécanisme de compensation de jeu de soupape (45d).
12. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce qu'**
un piston (36e) du troisième ensemble piston/cylindre (35e) est intégré au piston (12e) du premier ensemble piston/cylindre (11e).

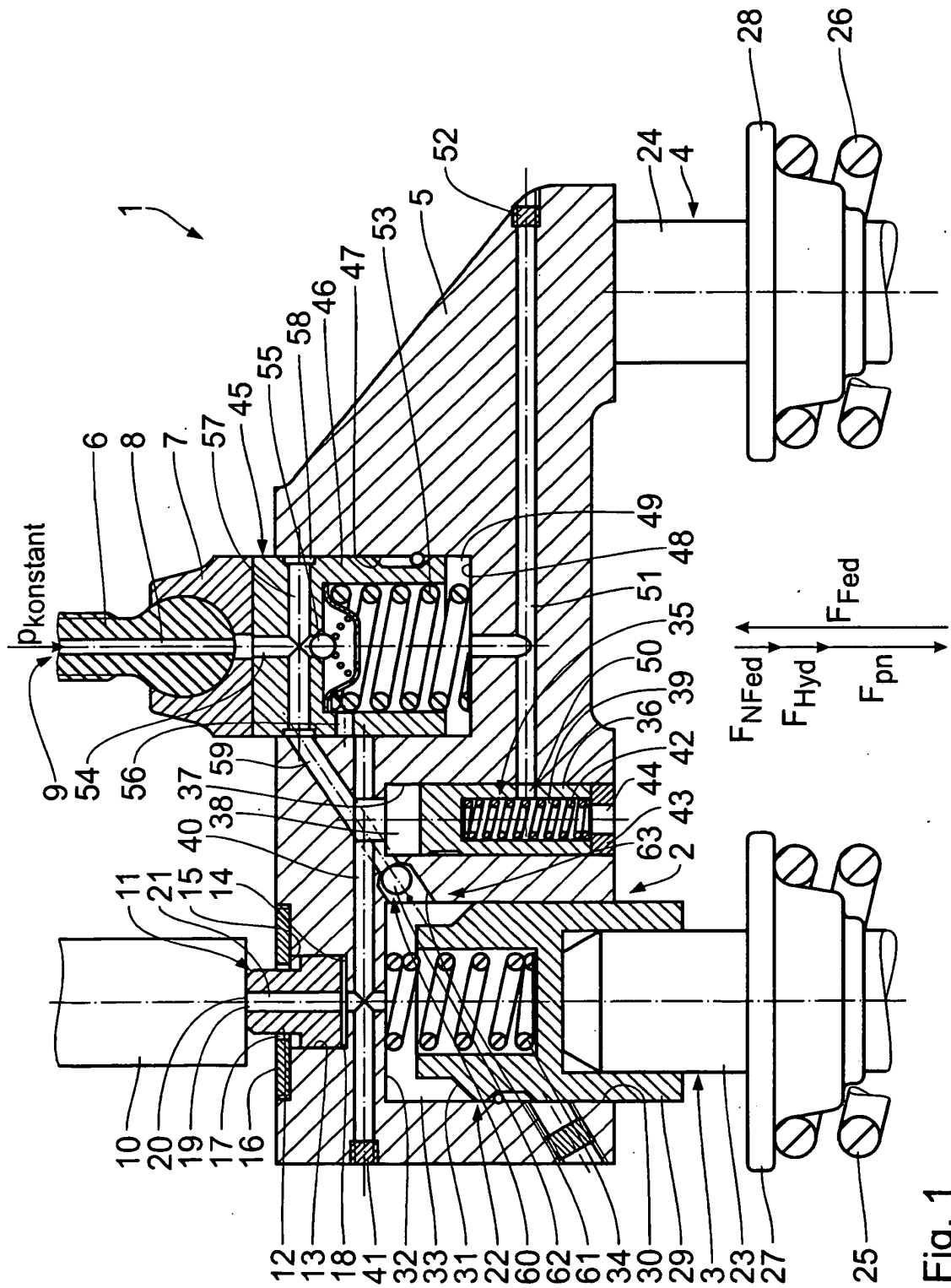
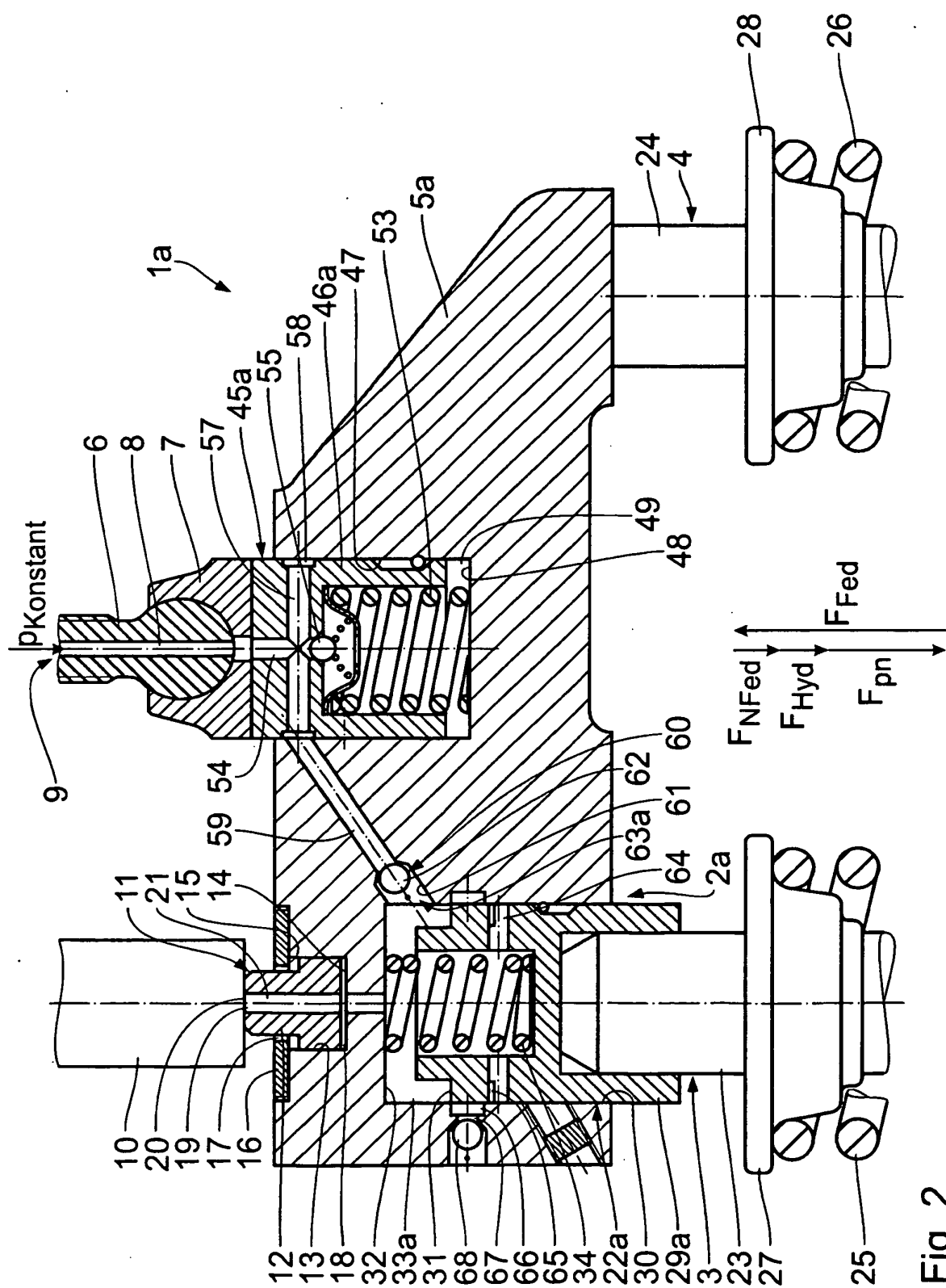
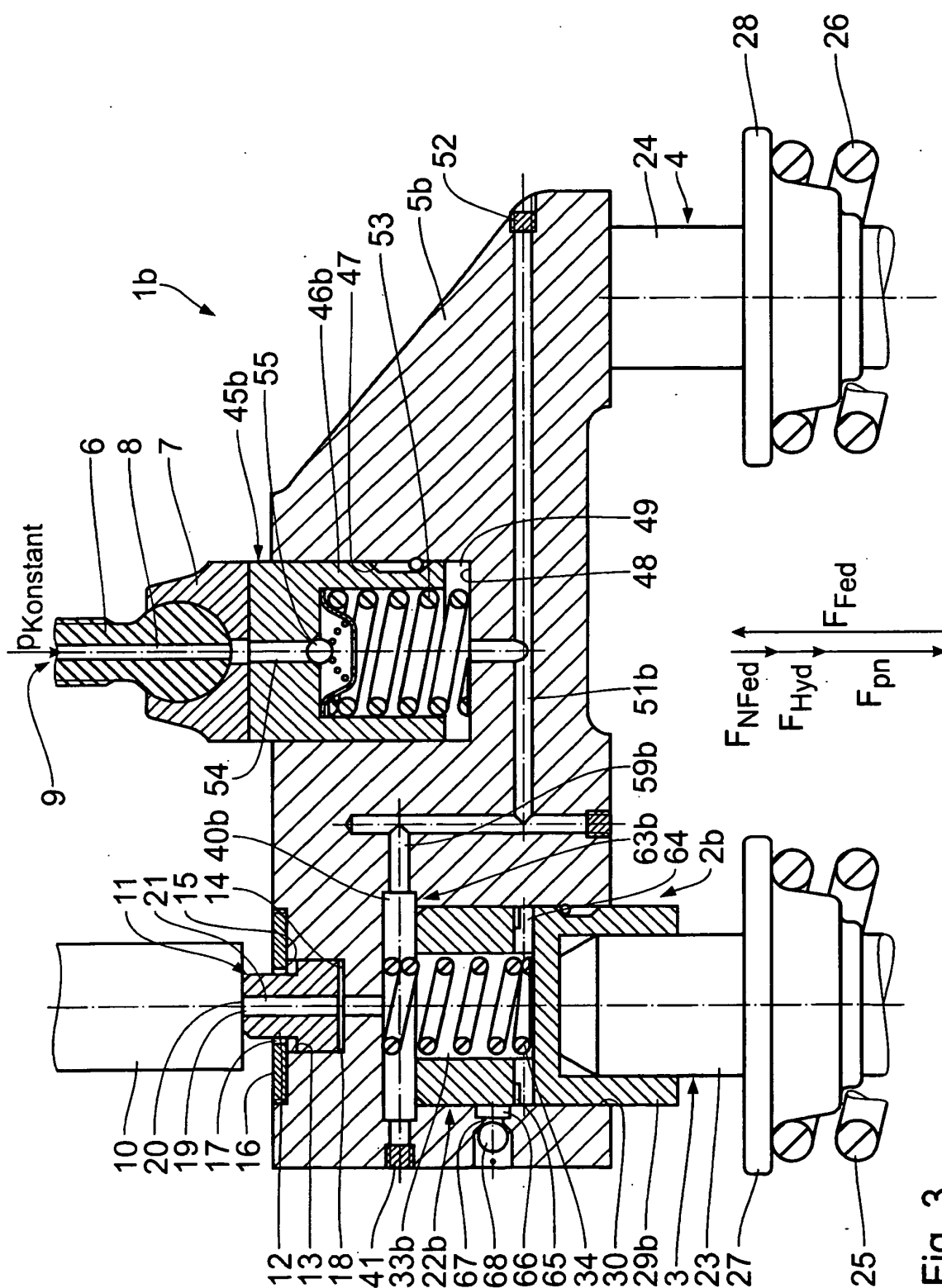


Fig. 1





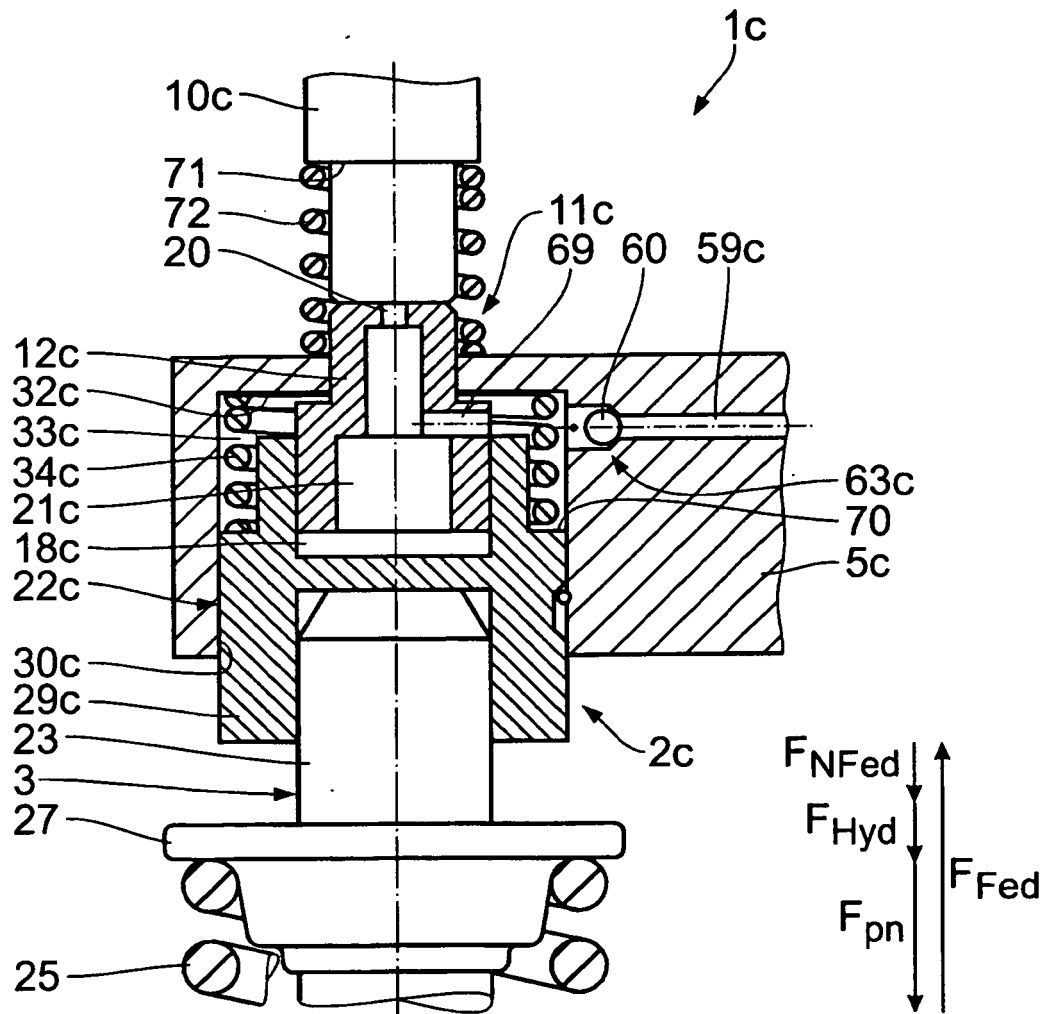


Fig. 4

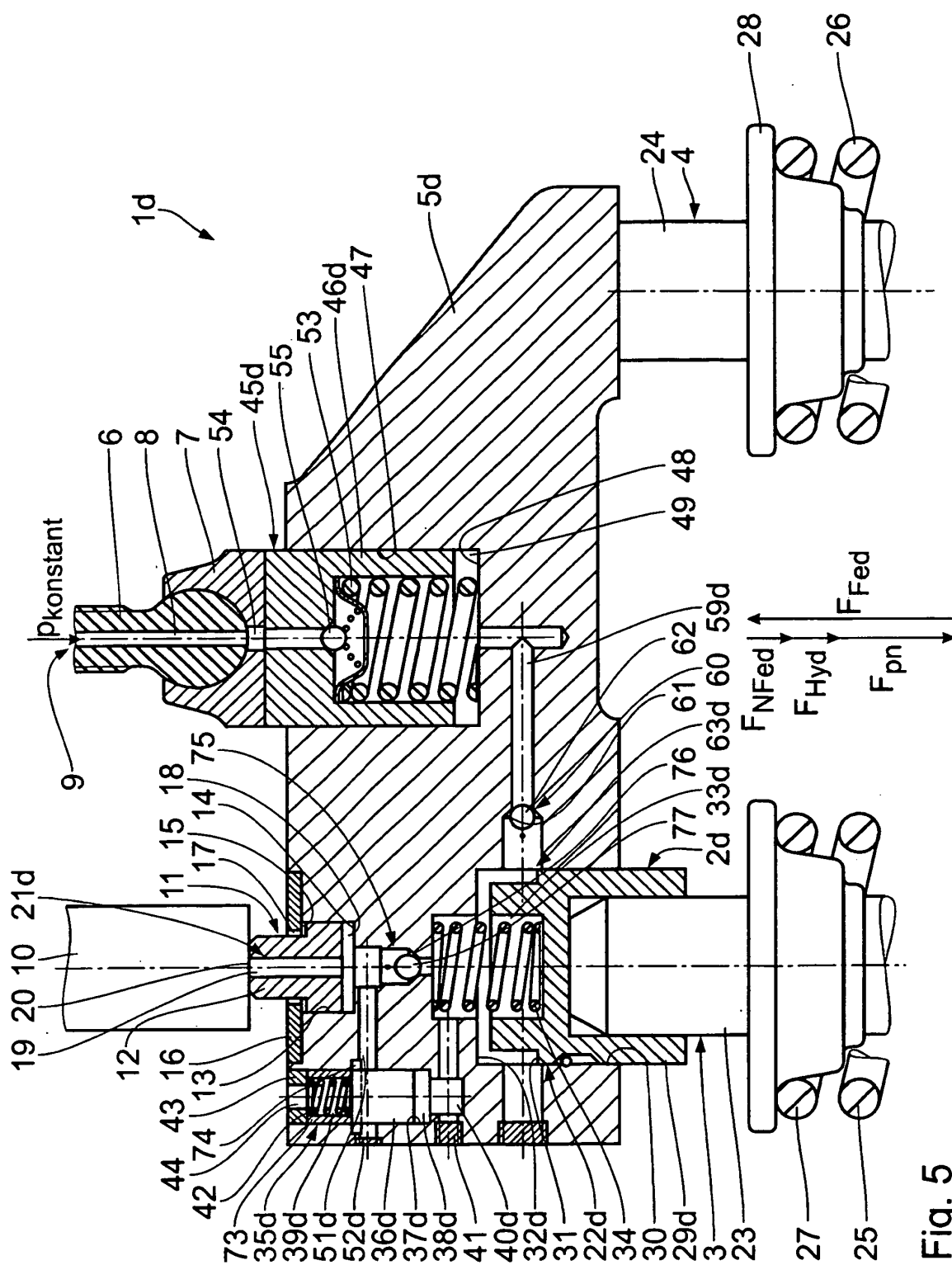


Fig. 5

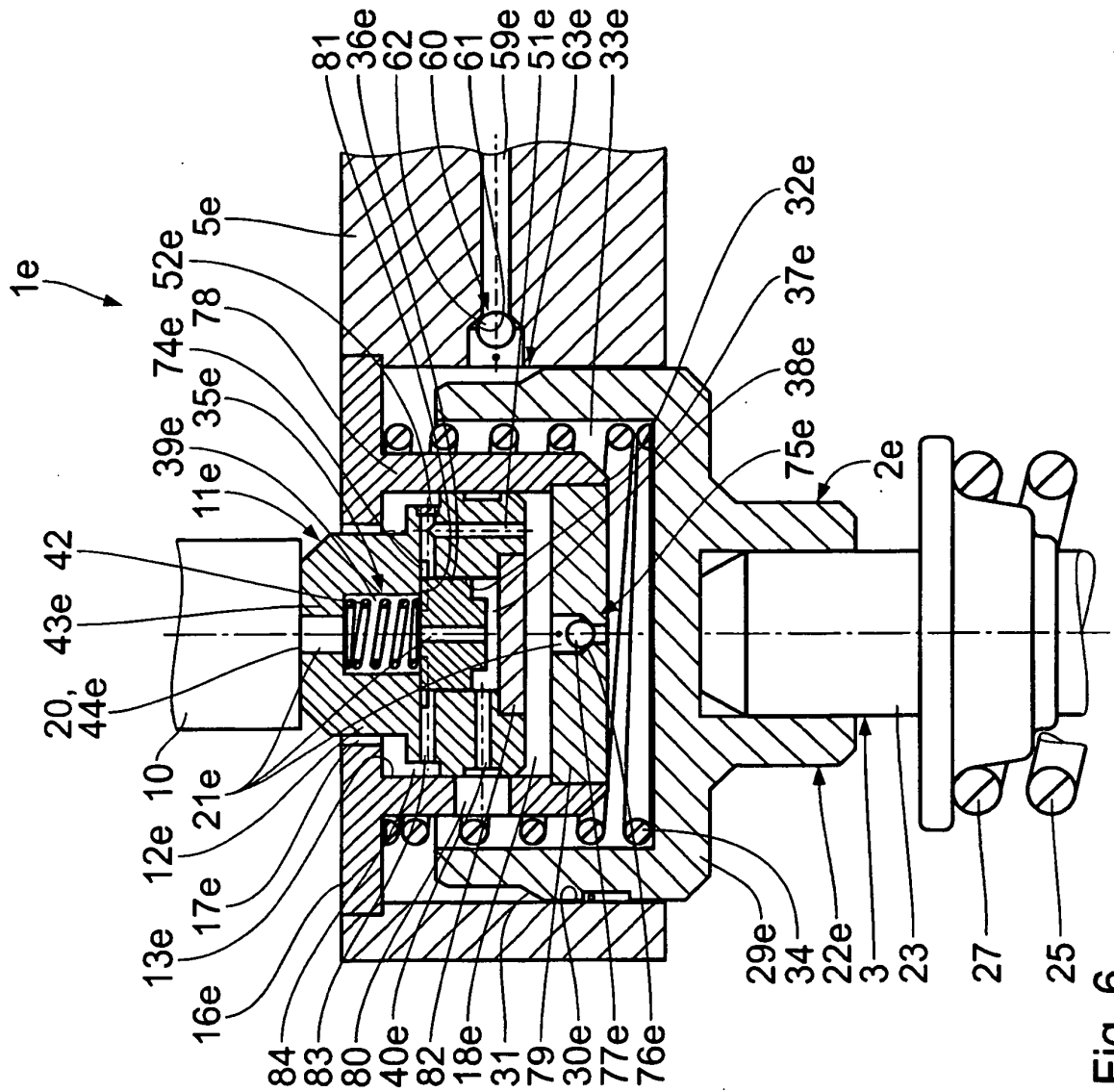


Fig. 6

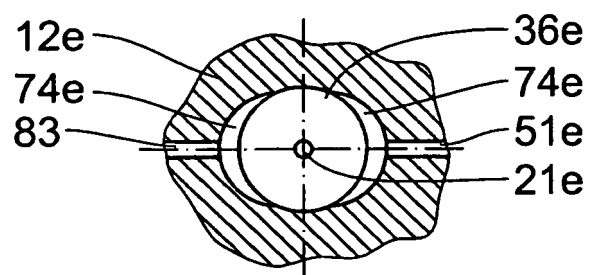


Fig. 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0736672 B1 [0002]
- EP 1526257 A2 [0002]