



(10) **DE 10 2013 107 127 A1** 2015.01.08

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 107 127.9**

(22) Anmeldetag: **05.07.2013**

(43) Offenlegungstag: **08.01.2015**

(51) Int Cl.: **F02B 75/04 (2006.01)**

F01B 31/14 (2006.01)

F15B 15/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Hilite Germany GmbH, 97828 Marktheidenfeld, DE

(72) Erfinder:
Müller, Falk, 97080 Würzburg, DE; Schulze, Dietmar, 35516 Münzenberg, DE; Scheibe, Christian, 68163 Mannheim, DE; Hutzelmann, Stefanie, 97782 Gräfendorf, DE; Matschiner, Tobias, 97828 Marktheidenfeld, DE; Balling, Manfred, 97072 Würzburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2012 014 917 A1

EP 1 610 008 A1

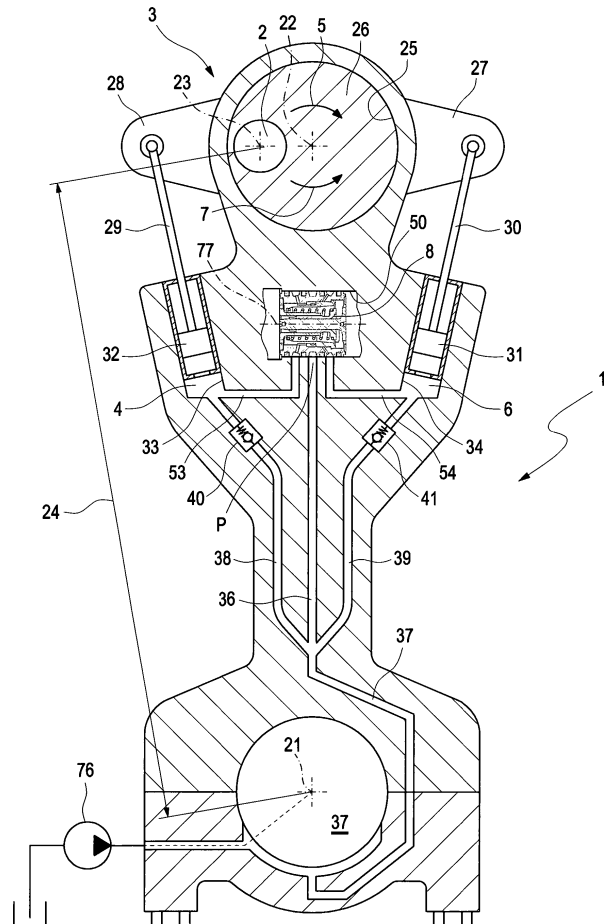
WEINOWSKI, Rolf ; WITTEK, Karsten ; DIETERICH, Carsten ; SEIBEL, Jörg: Zweistufige Variable Verdichtung für Ottomotoren. In: MTZ, 73, 2012, 5, 388-392. - ISSN 0024-8525

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Pleuel für eine zweistufige variable Verdichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Pleuel (1) für eine zweistufige variable Verdichtung eines Verbrennungsmotors. Dabei ist ein Kolbenbolzenlagerauge (2) als Exzenter (3) ausgeführt, der mittels einer ersten hydraulischen Verdrängerkammer (4) in eine erste Drehrichtung (5) schwenkbar ist und mittels einer zweiten hydraulischen Verdrängerkammer (6) in eine zweite Drehrichtung (7) schwenkbar ist. Im Pleuel (1) ist ein Hydraulikventil (8) angeordnet, welches einen hydraulischen Versorgungsanschluss (P) aufweist, an dem ein hydraulischer Druck anliegt. Der Druck kann einen Hydraulikkolben (9) gegen die Kraft einer vorgespannten Feder (10) verschieben. Der Hydraulikkolben (9) verbleibt in einem niedrigen Druckbereich (12) infolge der Vorspannung der Feder (10) unverändert in einer stabilen Niederdrucklage. In dieser Niederdrucklage ist der Versorgungsanschluss (P) hydraulisch mit der ersten Verdrängerkammer (4) verbunden ist. Der Hydraulikkolben (9) liegt in einem hohen Druckbereich (14) infolge des an einer Kolbenfläche (11, 15) anliegenden Druckes unverändert an einem Anschlag (16) an. In dieser stabilen Hochdrucklage ist der Versorgungsanschluss (P) mit der zweiten Verdrängerkammer (6) verbunden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft gemäß dem einteilig gefassten Patentanspruch 1 ein Pleuel für eine zweistufige variable Verdichtung eines Verbrennungsmotors.

[0002] Aus der MTZ 05/2012 Seiten 388 bis 392 ist bereits ein Pleuel für eine zweistufige variable Verdichtung bekannt. In Übereinstimmung mit der Erfindung ist ein Kolbenbolzenlagerauge als Exzenter ausgeführt. Dieser Exzenter ist der mittels einer ersten hydraulischen Verdrängerkammer in eine erste Drehrichtung schwenkbar und mittels einer zweiten hydraulischen Verdrängerkammer in eine zweite Drehrichtung schwenkbar. Dazu ist im Pleuel ein Hydraulikventil angeordnet. Das Hydraulikventil ist als 3/2-Wege-Ventil ausgeführt.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Pleuel für eine zweistufige variable Verdichtung eines Verbrennungsmotors zu schaffen, das sich kostengünstig, zuverlässig und langlebig zwischen den beiden variablen Verdichtungsstufen verstellen lässt.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst.

[0005] Erfindungsgemäß ist im Pleuel ein Hydraulikventil vorgesehen, welches einen hydraulischen Versorgungsanschluss aufweist. An diesem Versorgungsanschluss liegt ein hydraulischer Druck an, der insbesondere direkt oder indirekt von einer Ölpumpe kommen kann. Dieser hydraulische Druck kann einen Hydraulikkolben des Hydraulikventils gegen die Kraft einer vorgespannten Feder verschieben. Der Hydraulikkolben verbleibt in einem niedrigen Druckbereich des Versorgungsanschlusses infolge der Vorspannung der Feder unverändert in einer stabilen Niederdrucklage.

[0006] In dieser stabilen Niederdrucklage ist der Versorgungsanschluss hydraulisch mit der ersten Verdrängerkammer verbunden. Damit entleert sich die erste Verdrängerkammer stoßweise immer dann zum Versorgungsanschluss hin, wenn deren Verdrängerkammerdruck bedingt durch Gas- oder Massenkräfte am Pleuel bzw. Exzenter größer ist als der Druck am Versorgungsanschluss.

[0007] Der Hydraulikkolben weist zumindest eine Kolbenfläche auf. Liegt an dieser Kolbenfläche ein vom Versorgungsanschluss kommender Druck an, der in einem hohen Druckbereich liegt, so kommt der Hydraulikkolben zum Anliegen an einem Anschlag. In dieser stabilen Hochdrucklage ist der Versorgungsanschluss mit der zweiten Verdrängerkammer verbunden. Damit entleert sich die zweite Verdrängerkammer stoßweise immer dann zum Versorgungsanschluss hin, wenn deren Verdrängerkammerdruck bedingt durch Gas- oder Massenkräfte am Pleuel

bzw. am Exzenter größer ist als der Druck am Versorgungsanschluss.

[0008] Vorzugsweise werden beim Verstellen also nicht die Verdrängerkammer über den relativ schwachen Druck des Versorgungsanschlusses befüllt. Stattdessen werden die Verdrängerkammern über die hohen Kräfte am Pleuel gegen den relativ niedrigen Druck am Versorgungsanschluss entleert. Je nach Auslegung des Verbrennungsmotors und der Ölpumpe ist es in einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung jedoch auch möglich, die eine Verdrängerkammer mit dem Druck von der Ölpumpe zu füllen und die andere Verdrängerkammer zu einem Tankanschluss hin gegen den atmosphärischen Druck im Kurbelraum zu entleeren. Das Öl wird hierbei radial nach innen in das Hydraulikventil geleitet und anschließend axial ausgeleitet.

[0009] Weitere Vorteile der Erfindung gehen aus den weiteren Patentansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung vor.

[0010] Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0011] Dabei zeigen

[0012] Fig. 1 ein Pleuel eines Verbrennungsmotors, welches ein Hydraulikventil aufweist,

[0013] Fig. 2 das Hydraulikventil aus Fig. 1 mit einem Hydraulikkolben in einer Niederdrucklage entsprechend dem Diagramm Fig. 3,

[0014] Fig. 3 ein Diagramm, welches anhand eines Pfeils die Niederdrucklage des Hydraulikkolbens darstellt,

[0015] Fig. 4 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils die Niederdrucklage des Hydraulikkolbens – jedoch bei gegenüber Fig. 3 erhöhtem Druck – darstellt,

[0016] Fig. 5 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils die Niederdrucklage des Hydraulikkolbens – jedoch bei gegenüber Fig. 4 erhöhtem Druck – darstellt,

[0017] Fig. 6 das Hydraulikventil aus Fig. 2 beim Umschalten des Hydraulikkolbens aus der Niederdrucklage,

[0018] Fig. 7 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils den Hydraulikkolben beim Umschalten entsprechend Fig. 6 darstellt,

[0019] Fig. 8 das Hydraulikventil aus Fig. 2 mit dem Hydraulikkolben in einer Hochdrucklage entsprechend dem Diagramm Fig. 9,

[0020] Fig. 9 das zu Fig. 8 zugehörige Diagramm,

[0021] Fig. 10 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils die Hochdrucklage des Hydraulikkolbens – jedoch bei gegenüber Fig. 9 erhöhtem Druck – darstellt,

[0022] Fig. 11 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils die Hochdrucklage des Hydraulikkolbens – jedoch bei gegenüber Fig. 10 sinkendem Druck – darstellt,

[0023] Fig. 12 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils die Hochdrucklage des Hydraulikkolbens – jedoch bei gegenüber Fig. 11 gesunkenem Druck – darstellt,

[0024] Fig. 13 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils die Hochdrucklage des Hydraulikkolbens – jedoch bei gegenüber Fig. 12 weiter gesunkenem Druck – darstellt,

[0025] Fig. 14 das Hydraulikventil aus Fig. 2 beim Umschalten des Hydraulikkolbens aus der Hochdrucklage,

[0026] Fig. 15 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils den Hydraulikkolben beim Umschalten entsprechend Fig. 14 darstellt,

[0027] Fig. 16 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils die Niederdrucklage des Hydraulikkolbens nach dem Umschaltvorgang darstellt und

[0028] Fig. 17 ein Diagramm, welches anhand des Pfeils die Niederdrucklage des Hydraulikkolbens – jedoch bei gegenüber Fig. 16 weiter gesunkenem Druck – darstellt.

[0029] Fig. 1 zeigt ein Pleuel **1** eines Verbrennungsmotors. Das Pleuel **1** weist ein oberes Kolbenbolzenlagerauge **2** auf, in dem ein nicht näher dargestellter Kolbenbolzen eingesteckt ist. Dieser Kolbenbolzen ist in üblicher Weise fest in einen Brennraumkolben des Verbrennungsmotors eingesteckt. Das Kolbenbolzenlagerauge **2** ist mittels eines Exzenters **3** um eine Schwenkachse **22** schwenkbar, die parallel versetzt zur Längsachse **23** des Kolbenbolzenlagerauges **2** liegt. Somit ist es möglich, das Kolbenbolzenlagerauge **2** in seinem Abstand **24** zu einer Pleuellagerachse **21** eines Pleuellagers **35** zu verändern. Damit kann eine variable Verdichtung des Brennraums verwirklicht werden.

[0030] Der Exzenter **3** umfasst einen schwenkbar in einer Bohrung **25** des Pleuels **1** angeordneten Zapfen **26**. Von diesem Zapfen **26** erstrecken sich zwei Arme **27**, **28** diametral zueinander von dem Zapfen **26** hinfort. An den Enden dieser beiden Arme **27**, **28** greifen Stützstangen **29**, **30**. Diese Stützstangen **29**,

30 sind gelenkig mit zwei kleinen Linearkolben **31**, **32** verbunden. Somit ist es möglich, den Zapfen **26** innerhalb der Bohrung **25** des Pleuels **1** zu schwenken. Dabei fährt der eine kleine Linearkolben **31** bzw. **32** aus einer zylinderförmigen Bohrung **34** bzw. **33** innerhalb des Pleuels **1** aus, während der andere Linearkolben **32** bzw. **31** in eine zylinderförmige Bohrung **33** bzw. **34** des Pleuels **1** einfährt. Fährt der in der Zeichnung linke Linearkolben **32** ein, so wird der Zapfen **26** in der Drehrichtung **7** entgegen dem Uhrzeigersinn geschwenkt. Fährt hingegen der in der Zeichnung rechte Linearkolben **31** ein, so wird der Zapfen **26** in Drehrichtung **5** entsprechend dem Uhrzeigersinn geschwenkt. Die Drehung in Richtung des Uhrzeigersinns bewirkt eine Verlagerung des Kolbenbolzenlagerauges **2** weiter nach oben bzw. weiter von der Pleuellagerachse **21** hinfort. Damit wird der Abstand **24** vergrößert und somit wird die Verdichtung im Brennraum erhöht. Bei maximal eingefahrenem rechten Linearkolben **31** befindet ist der Brennraum auf die Stufe der maximalen Verdichtung eingestellt. Analog bewirkt ein Verschwenken des Zapfens **26** entgegen dem Uhrzeigersinn – d.h. in Drehrichtung **7** – eine Verringerung der Verdichtung bis hin zur Stufe der minimalen Verdichtung.

[0031] Um diese beiden Stufen der Verdichtung zu steuern ist ein Hydraulikventil **8** mit einer Ventillängsachse **77** vorgesehen. Mit diesem Hydraulikventil **8** kann unter Druck stehendes Öl aus einer Verdrängerkammer **4** bzw. **6** zu einem Versorgungsanschluss P des Hydraulikventils **8** geführt werden. Vom Versorgungsanschluss P wird das Öl über einen Kanal **36**, **37** zum Pleuellager **35** geführt, wo es in eine nicht näher dargestellte Ölversorgung eines Exzenterzapfens der Pleuellagerachse **35** eingeführt wird. Dieser Exzenterzapfen ist in üblicher Weise drehbar innerhalb des Pleuellagers **35** angeordnet. Beispielsweise bei einem 4-Zylinder-Motor sind vier solcher Exzenterzapfen an der Pleuellagerachse angeordnet. Demzufolge sind bei einem solchen 4-Zylinder-Motor auch vier Pleuel **1** mit insgesamt vier Pleuellagern **35** vorgesehen.

[0032] Die Ölversorgung innerhalb des Pleuellagers **35** kommt von der Ölpumpe **76** des Verbrennungsmotors und versorgt über Zuführleitungen **38**, **39** die beiden Verdrängerkammern **4**, **6**. Dabei ist in die beiden Zuführleitungen **38**, **39** jeweils ein Rückschlagventil **40** bzw. **41** eingesetzt, welches in Flussrichtung von der jeweiligen Verdrängerkammer **4** bzw. **6** zu der Ölversorgung schließt und in die entgegengesetzte Flussrichtung öffnet.

[0033] Die vom Brennraumkolben über das Kolbenbolzenlagerauge **2** auf die Stützstangen **29**, **30** übertragenen Kräfte sind sehr hoch. Diese hohen Kräfte sind um ein weites größer als die Kräfte, die am Linearkolben **31** bzw. **32** infolge des Druckes der Ölpumpe **76** wirken. Damit kann das Hydraulikventil **8** je nach Stellung Druck aus der einen Verdrängerkam-

mer **6** oder der anderen Verdrängerkammer **4** zur Ölversorgung zurück drücken. Wird die eine Verdrängerkammer **6** bzw. **4** infolge der hohen Kräfte des Brennraumkolbens verkleinert, so saugt die andere Verdrängerkammer **4** bzw. **6** über deren sich dann öffnendes Rückschlagventil **40** bzw. **41** Öl von der Ölversorgung ein. Auf dem Weg von der Ölpumpe **76** zur Ölversorgung innerhalb der Kurbelwelle sind weitere Verbraucher angeschlossen, die Öl abzweigen. Insbesondere geschmierte Lager senken den Öldruck ab. Die Viskosität des Öls spielt auch eine Rolle für den Öldruck.

[0034] Das Hydraulikventil **8** und dessen Funktion wird im Folgenden anhand der **Fig. 2** bis **Fig. 17** näher erläutert.

[0035] **Fig. 2** zeigt das Hydraulikventil **8** entsprechend dem Diagramm **Fig. 3** in einem Zustand, in welchem ein niedriger Druck am Versorgungsanschluss **P** anliegt. Das Hydraulikventil **8** weist ein buchsenförmiges Gehäuse **44** auf. Dieses Gehäuse **44** weist außen drei axial beabstandet zueinander angeordnete Ringnuten **45, 46, 47** auf. Diese Ringnuten **45, 46, 47** sind voneinander mittels Dichtringen **48, 49** hydraulisch getrennt. Das Hydraulikventil **8** ist in einer Bohrung **50** im Pleuel **1** eingesetzt. Um einen Druckverlust bzw. Leckagen der beiden äußeren Ringnuten **45, 47** zu verhindern, sind weitere Dichtringe **51, 52** vorgesehen. Die beiden äußeren Ringnuten **45, 47** führen jeweils über einen Kanal **53, 54** zur zugehörigen Verdrängerkammer **4** bzw. **6**. Innerhalb des Gehäuses **44** ist ein Hydraulikkolben **9** axial verschiebbar geführt. Der Hydraulikkolben **9** ist hohl ausgeführt und stützt sich federelastisch über eine vorgespannte Schraubendruckfeder **10** und einen Federhalter **55** indirekt am Gehäuse **44** ab. Der Federhalter **55** ist dreiteilig. Der Federhalter **55** weist eine Abstützhülse **56** mit einem innerhalb des Gehäuses **44** angeordneten Kopf **57** auf. Die Schraubendruckfeder **10** ist einerseits an einem radial nach innen ragenden Absatz **58** des Hydraulikkolbens **9** axial abgestützt. An deren anderem Ende ist die Schraubendruckfeder **10** an dem Kopf **57** der Abstützhülse **56** abgestützt. Diese Abstützhülse **56** ist bewegungsfest auf einen Zentralsporn **59** gepresst, welcher ebenfalls einen tellerförmigen Kopf **60** aufweist. Dieser tellerförmige Kopf **60** ist an der einen Seite des Gehäuses **44** abgestützt. An der anderen Seite des Gehäuses **44** ist ein ebenfalls tellerförmiger Kopf **61** eines Schraubteils **62** des Federhalters **55** abgestützt. Dazu weist dieses Schraubteil **62** ein Innengewinde **63** auf. Mit diesem Innengewinde **63** ist das Schraubteil **62** auf die Abstützhülse **56** aufgeschraubt, die dazu ein korrespondierendes Außengewinde aufweist. Somit sind das Schraubteil **62** und der Zentralsporn **59** über die Abstützhülse **56** gegen das Gehäuse **44** verspannt. Das Gehäuse **44** ist demzufolge zwischen den beiden tellerförmigen Köpfen **60, 61** verspannt. Der tellerförmige Kopf **60** des Zentralsporns **59** ist dazu re-

lativ dünn, so dass dieser axial bezüglich einer Zentralachse des Hydraulikventils **8** elastisch verformbar ist und als Tellerfeder wirkt. Die beiden tellerförmigen Köpfe **60, 61** weisen Ausnehmungen **64, 65** auf, so dass in den von den tellerförmigen Köpfen **60, 61** begrenzten Räumen **42, 43** innerhalb des Gehäuses **44** kein Hydraulikfluid eingesperrt werden kann. Das stellt die freie axiale Beweglichkeit des Hydraulikkolbens **9** sicher. D.h., innerhalb des hohlen Hydraulikkolbens **9** ist das Öl frei verschieblich, einführbar und abführbar. Ein den Hydraulikkolben **9** beeinflussender Druck kann sich also innerhalb des Hydraulikkolbens **9** nicht aufbauen.

[0036] Die Schraubendruckfeder **10** ist radial innerhalb des Hydraulikkolbens **9** und radial außerhalb des Zentralsporns **59** und des Schraubteils **62** angeordnet.

[0037] In der in **Fig. 1** dargestellten Ausgangslage liegt eine radial äußere Kolbenfläche **15** des Hydraulikkolbens **9** an einem Absatz **66** des Gehäuses **44** an. Dieser radial äußeren Kolbenfläche **15** schließt sich in die auf den als Tellerfeder ausgebildeten Kopf **60** weisenden Richtung eine Führungsmantelfläche **67** des Hydraulikkolbens **9** an. Die korrespondierende Bohrung **68** innerhalb des Gehäuses **44** weist einen sich umfangsmäßig und axial nur über einen Teilbereich der Bohrung **68** erstreckende Ausfräsungen **69** auf. Die Funktion dieser Ausfräsung **69** wird weiter unten zu **Fig. 6** und **Fig. 7** näher erläutert.

[0038] In der auf den anderen tellerförmigen Kopf **61** weisenden Richtung schließt sich der radial äußeren Kolbenfläche **15** eine weitere Führungsmantelfläche **70** an. Dabei ist der Übergang von der radial äußeren Kolbenfläche **15** zu der weiteren Führungsmantelfläche **70** mittels eines Freistichs ausgeführt. Die Führungsmantelfläche **70** des Hydraulikkolbens **9** ist innerhalb einer Bohrung **71** des Gehäuses **44** verschiebbar geführt. Dieser Führungsmantelfläche **70** schließt sich eine radial innere Kolbenfläche **11** an. Diese radial innere Kolbenfläche **11** begrenzt einen ersten Druckraum **17**. Im Gegensatz dazu begrenzt die radial äußere Kolbenfläche **15** einen zweiten Druckraum **18**.

[0039] Die beiden Druckräume **17, 18** sind somit hydraulisch mittels eines Dichtspalts **19** voneinander getrennt. Dieser Dichtspalt **19** bildet sich zwischen der Führungsmantelfläche **70** und einer Bohrungsinnenwand **81** der Bohrung **71**.

[0040] In den ersten Druckraum **17** führt eine Querbohrung **72**, welche zum Versorgungsanschluss **P** des Hydraulikventils **8** führt. Diese Querbohrung **72** führt zu einer Außenringnut **73** des Hydraulikventils **8**, welche axial so bereit ist, dass sie in jeder Stellung des Hydraulikkolbens **9** einen Zufluss und Abfluss von Öl sicherstellt. In der hier dargestellten Stellung des Hydraulikkolbens **9** ist eine erste Bohrung **74** im Gehäu-

se **44** vom Hydraulikkolben **9** unverdeckt, welche somit den Versorgungsanschluss P über den Kanal **53** mit der Verdrängerkammer **4** verbindet. In analoger Weise führt eine zweite Bohrung **75** aus dem Innenraum des Gehäuses **44** über den Kanal **54** zur Verdrängerkammer **6**. Diese zweite Bohrung **75** wird in dem in **Fig. 2** dargestellten Zustand des Hydraulikventils **8** von der radial äußeren Führungsmantelfläche **70** des Hydraulikkolbens **9** verdeckt.

[0041] Mit Bezug auf **Fig. 1** und **Fig. 2** wird aus der Verdrängerkammer **4** über den Kanal **53** Hydraulikfluid in die erste Bohrung **74** geleitet und entlang der Außenringnut **73** durch die Bohrung **72** zum Versorgungsanschluss P geführt. Vom Versorgungsanschluss P fließt das Hydraulikfluid über die Kanäle **36**, **37** zum Pleuellager **35**. Da jedoch die andere Verdrängerkammer **6** über die verdeckte zweite Bohrung **75** kein Hydraulikfluid nachsaugen kann, saugt sie gleichzeitig über das Rückschlagventil **41** den wesentlichen Teil des Öls ein, welches aus der anderen Verdrängerkammer **4** herausgedrückt wird. Dabei saugt die Verdrängerkammer **6** über die Zufuhrleitung **39**, welche in die Kanäle **37**, **38** mündet und damit sowohl mit der Ölversorgung als auch dem Versorgungsanschluss P in Verbindung steht.

[0042] Befindet sich der Verbrennerkolben in der unteren Stellung bei minimaler Verdichtung, so führen normale Druckschwankungen im Hydrauliksystem nicht zu einer Veränderung der Stellung des Hydraulikkolbens **9**. Der Hydraulikkolben **9** führt gemäß **Fig. 3** auch bei leicht steigendem Druck keinen Hub aus.

[0043] **Fig. 4** zeigt, dass auch bei weiter am Versorgungsanschluss P ansteigenden Druck keinen Hub des Hydraulikkolbens **9** erfolgt, so dass sich dieser noch in dem in **Fig. 2** dargestellten Zustand befindet. Bei sämtlichen Diagrammen ist der Hub über dem Druck aufgetragen. Der Hub ist bei ansteigendem Druck mittels einer punktierten Linie dargestellt. Der Hub bei sinkendem Druck ist mittels einer gestrichelten Linie dargestellt.

[0044] **Fig. 5** zeigt einen Anstieg des Druckes in der ersten Hydraulikkammer **17** bis auf einem Wert, der kurz davor liegt, die Vorspannung der Schraubendruckfeder **10** zu überwinden.

[0045] Anhand eines auch in **Fig. 3** und **Fig. 4** verwendeten Pfeils **82** ist der – jedoch gegenüber **Fig. 3** und **Fig. 4** erhöhte – Druck ersichtlich, bei dem sich der Hydraulikkolben **9** in der Niederdrucklage befindet.

[0046] **Fig. 6** zeigt das Hydraulikventil **8** aus **Fig. 2** beim Umschalten des Hydraulikkolbens **9** aus der Niederdrucklage. Der Druck in der ersten Druckkammer **17** ist so weit angestiegen, dass die Vorspan-

nung der Schraubendruckfeder **10** überwunden ist. Gemäß dem Diagramm **Fig. 7** bewirkt der vom Versorgungsanschluss P kommende erhöhte Druck eine Kraft, die den Hydraulikkolben **9** gegen die linear ansteigende Kraft der Schraubendruckfeder **10** in Richtung auf den Anschlag **16** verschiebt. Diese Kraft bildet sich dabei aus einer Kraftdifferenz zwischen der an der radial inneren Kolbenfläche **11** angreifenden Kraft und einer Kraft, welche an einer gegenüberliegenden dritten Kolbenfläche **80** angreift. Diese dritte Kolbenfläche **80** ist kleiner als die radial innere Kolbenfläche **11** und begrenzt ebenfalls die Druckkammer **17**. Ähnlich dem Dichtspalt **19** wird auch die dritte Kolbenfläche **80** radial außen durch einen Dichtspalt **83** begrenzt. Die diesem Dichtspalt **83** zugehörige Führungsmantelfläche **84** des Hydraulikkolbens **9** verschließt die erste Bohrung **74**, so dass auch der Fluss von der Verdrängerkammer **4** zum Versorgungsanschluss P abgesperrt ist. Die zweite Bohrung **75** ist in der in **Fig. 6** und **Fig. 7** dargestellten Position des Hydraulikkolbens **9** auch noch gesperrt, so dass der Versorgungsdruck P den Hydraulikkolben **9** verschieben kann, ohne dass fluidischer Austausch von und zu den Verdrängerkammern **4** und **6** Einfluss auf die Verschiebung nehmen kann.

[0047] In **Fig. 6** ist ersichtlich, dass der zweite Druckraum **18** nicht gänzlich rotationssymmetrisch umlaufend ist. Stattdessen mündet die zweite Bohrung **75** in die Bohrung **71** ein, wobei diese Bohrung **71** durch den Hydraulikkolben **9** gesperrt ist. Dieser Bohrung **71** schließt sich nach dem Absatz **56** des Gehäuses **44** die Ausfräsung **69** an. Damit vergrößert die Ausfräsung **69** den zweiten Druckraum **18**. Der Druckraum **18** wird in der dargestellten Position des Hydraulikkolbens **9**

- einerseits von ersten Steuerkante **85** an der Innenwand des Gehäuses **44** und
- andererseits von einer zweiten Steuerkante **86** begrenzt. Dazu schließen diese beiden Steuerkanten **85**, **86** mit zwei Kolbenkanten **87**, **88** des Hydraulikkolbens **9** in dessen dargestellter Position bündig ab.

[0048] Sowohl

- an dem Durchgang der Paarung Steuerkante **85**/ Kolbenkante **87** als auch
- an dem Durchgang der Paarung Steuerkante **86**/ Kolbenkante **88** treten naturgemäß relativ große Leckagen auf.

[0049] Ab diesem im Diagramm **Fig. 7** dargestellten Druck bewegt sich der Hydraulikkolben **9** schlagartig auf den Anschlag **16** zu, wohingegen der Druck konstant bleibt. Dies ist in **Fig. 7** anhand der nach einem Knick senkrecht nach oben verlaufenden punktierten Linie dargestellt.

[0050] In **Fig. 6** ist überdies ersichtlich, dass ein sich radial vom Nutgrund **20** der Außenringnut **73** nach

außen erstreckender Ringsteg **89** als Drossel zwischen der ersten Bohrung **74** und dem Versorgungsanschluss P ausgeführt ist, die ihre drosselnde Funktion mit der Abdeckung der ersten Bohrung **74** verliert.

[0051] Fig. 8 zeigt das Hydraulikventil aus Fig. 2 mit dem Hydraulikkolben **9** in einer Hochdrucklage entsprechend dem Diagramm Fig. 9. Dabei wirkt der vom Versorgungsanschluss P und/oder der zweiten Bohrung **75** kommende Druck auf die beiden Kolbenflächen **11**, **15**. Die sich als Summe daraus ergebende Kraft ist erheblich größer, als die entgegengerichtet wirkende Kraft, die sich aus dem Druck an der Kolbenfläche **80** ergibt. Der Hydraulikkolben **9** liegt damit am Anschlag **16** an und kann nicht weiter verschoben werden. Dies stellt sich im Diagramm Fig. 9 dar, demgemäß der Hub bei weiter steigendem Druck nicht weiter ansteigen kann.

[0052] Fig. 10 zeigt dazu ein Diagramm, welches anhand des Pfeils **82** die Hochdrucklage des Hydraulikkolbens **9** – jedoch bei gegenüber Fig. 9 noch weiter erhöhtem Druck – darstellt.

[0053] Im Folgenden wird das Verhalten des Hydraulikventils **8** bei fallendem Druck am Versorgungsanschluss P dargestellt.

[0054] Fig. 11 zeigt dazu ein Diagramm, welches anhand des Pfeils **82** die Hochdrucklage des Hydraulikkolbens **9** darstellt.

[0055] Gemäß dem Diagramm Fig. 12 fällt der Druck weiter. Anhand des Pfeils **82** ist ersichtlich, dass sich der Hydraulikkolben **9** noch in der Hochdrucklage befindet.

[0056] Fig. 13 zeigt ein Diagramm, welches anhand des Pfeils **82** die Hochdrucklage des Hydraulikkolbens – jedoch bei gegenüber Fig. 12 weiter gesunkenem Druck – darstellt. Dabei ist ersichtlich, dass der Hydraulikkolben **9** weiterhin an dem Anschlag **16** anliegt, obwohl der Druck p_0 am Versorgungsanschluss P unter den Druck p_1 gefallen ist, bei welchem der Hydraulikkolben **9** bei steigendem Druck zur Anlage an den Anschlag **16** kam.

[0057] Gemäß dem Diagramm Fig. 15, welches anhand des Pfeils **82** den Hydraulikkolben **9** beim Umschalten entsprechend Fig. 14 darstellt, fällt der Hub über dem Druck linear ab. Dieser Abfall beginnt aus der Hochdrucklage. Die Linearität ergibt sich aus dem linearen Verhalten der Schraubendruckfeder **10**.

[0058] Der lineare Abfall erfolgt, bis der Hydraulikkolben **9** eine Position entsprechend Fig. 14 eingenommen hat. Diese Position entsprechend Fig. 14 ist identisch der Position entsprechend Fig. 6. Dabei schließen die beiden Steuerkanten **85**, **86** wieder mit

den beiden Kolbenkanten **87**, **88** des Hydraulikkolbens **9** in dessen dargestellter Position bündig ab.

[0059] Fig. 16 zeigt ein Diagramm, welches anhand des Pfeils **82** die Niederdrucklage des Hydraulikkolbens **9** nach dem Umschaltvorgang darstellt. Der Druck liegt dabei an einem oberen Grenzwert G_1 des niedrigen Druckbereichs **12**. Der Hydraulikkolben **9** befindet sich wieder in der in Fig. 2 dargestellten Position, in welcher der Hydraulikkolben **9** mit der radial äußeren Kolbenfläche **15** an der Stirnfläche **80** zur Anlage kommt.

[0060] Fig. 17 zeigt ein Diagramm, welches anhand des Pfeils **82** die Niederdrucklage des Hydraulikkolbens **9** – jedoch bei gegenüber Fig. 16 weiter gesunkenem Druck – darstellt.

[0061] Die weiter oben erwähnte Ausfräsung **69** aus dem Gehäuse **44** hat folgende Funktion:

Bewegt sich der Hydraulikkolben **9** aus der Position gemäß Fig. 2 in die Position gemäß Fig. 6, so nimmt das Volumen in dem zweiten Druckraum **18** zu. Um das zusätzlich benötigte Volumen mit Luft/Ölnebel/Öl-Gemisch zu befüllen, wird Öl durch die Ausnehmungen **64** nachgesaugt. Das Luft/Ölnebel/Öl-Gemisch strömt dabei durch den sich beim Hub der Hydraulikkolbens **9** verringernden Spalt zwischen der Kolbenkante **88** und der zweiten Steuerkante **86** und den sich vergrößernden Spalt zwischen dem Absatz **66** und der radial äußeren Kolbenfläche **15**. Sobald die Position gemäß Fig. 6 erreicht ist, wird das Luft/Ölnebel/Öl-Gemisch durch nachdrückendes Öl aus dem ersten Druckraum **17** ersetzt.

[0062] Für den umgekehrten Weg des Hydraulikkolbens **9** gilt Analoges: Bewegt sich der Hydraulikkolben **9** aus der Position gemäß Fig. 14 in die Position gemäß Fig. 2, so nimmt das Volumen in dem zweiten Druckraum **18** ab. Um das verdrängte Volumen von dem Öl zu befreien, wird das Öl durch die Ausnehmungen **64** ausgestoßen. Das Öl strömt dabei durch den sich beim Hub der Hydraulikkolbens **9** vergrößernden Spalt zwischen der Kolbenkante **88** und der zweiten Steuerkante **86** und den sich verkleinernden Spalt zwischen dem Absatz **66** und der radial äußeren Kolbenfläche **15**.

[0063] Der Umschaltvorgang am Hydraulikventil wird insbesondere durch eine kurzzeitige Änderung des Öldruckes ausgelöst. Ein kurzzeitiger starker Anstieg des Öldruckes führt somit zur Erhöhung der Verdichtung. Ein kurzzeitiger starker Abfall des Öldruckes führt somit zur Verringerung der Verdichtung.

[0064] In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist es auch möglich, mittels einer variablen Ölpumpe das Hydraulikventil durch eine langfristige Änderung des Öldruckes zu schalten.

[0065] Anstelle einer Schraubendruckfeder mit linearer Kennlinie kann auch eine Schraubendruckfeder mit progressiver oder degressiver Kennlinie verwendet werden. Auch kann anstelle der Schraubendruckfeder ein Paket aus Tellerfedern Anwendung finden.

[0066] Anstelle Öl sind auch andere hydraulische Fluide möglich. Bei den beschriebenen Ausführungsformen handelt es sich nur um beispielhafte Ausgestaltungen. Eine Kombination der beschriebenen Merkmale für unterschiedliche Ausführungsformen ist ebenfalls möglich. Weitere, insbesondere nicht beschriebene Merkmale der zur Erfindung gehörenden Vorrichtungsteile, sind den in den Zeichnungen dargestellten Geometrien der Vorrichtungsteile zu entnehmen.

Bezugszeichenliste

1	Pleuel	41	Rückschlagventil
2	Kolbenbolzenlagerauge	42	Raum
3	Exzenter	43	Raum
4	erste Verdrängerkammer	44	buchsenförmiges Gehäuse
5	erste Drehrichtung	45	Ringnut
6	zweite Verdrängerkammer	46	Ringnut
7	zweite Drehrichtung	47	Ringnut
8	Hydraulikventil	48	Dichtung
9	Hydraulikkolben	49	Dichtung
10	Feder	50	Bohrung im Pleuel
11	radial innere Kolbenfläche	51	weiterer Dichtring
12	niedriger Druckbereich	52	weiterer Dichtring
13	instabiler Umschlagbereich	53	Kanal
14	hoher Druckbereich	54	Kanal
15	radial äußere Kolbenfläche	55	Federhalter
16	Anschlag	56	Abstützhülse
17	erster Druckraum	57	Kopf der Abstützhülse
18	zweiter Druckraum	58	Absatz des Hydraulikkolbens
19	Dichtspalt	59	Zentraldorn
20	Nutgrund	60	tellerförmiger Kopf des Zentraldorns
21	Pleuellagerachse	61	tellerförmiger Kopf des Schraubteils
22	Schwenkachse	62	Schraubteil
23	Längsachse	63	Innengewinde
24	Abstand	64	Ausnehmungen
25	Bohrung	65	Ausnehmungen
26	Zapfen	66	Absatz des Gehäuses
27	Arm	67	Führungsmantelfläche
28	Arm	68	Bohrung
29	Stützstange	69	Ausfräsung
30	Stützstange	70	Führungsmantelfläche
31	Linearkolben	71	Bohrung
32	Linearkolben	72	Querbohrung
33	zylinderförmige Bohrung	73	Außenringnut
34	zylinderförmige Bohrung	74	erste Bohrung
35	Pleuellager	75	zweite Bohrung
36	Kanal	76	Ölpumpe
37	Kanal	77	Ventillängsachse
38	Zufuhrleitung	78	
39	Zufuhrleitung	79	
40	Rückschlagventil	80	dritte Kolbenfläche
		81	Bohrungsinnenwand
		82	Pfeil
		83	Dichtspalt
		84	Führungsmantelfläche
		85	erste Steuerkante
		86	zweite Steuerkante
		87	Kolbenkante
		88	Kolbenkante
		89	Ringsteg

Patentansprüche

1. Pleuel (1) für eine zweistufige variable Verdichtung eines Verbrennungsmotors, bei der ein Kolbenbolzenlagerauge (2) als Exzenter (3) ausgeführt ist, der mittels einer ersten hydraulischen Verdrängerkammer (4) in eine erste Drehrichtung (5) schwenkbar ist und mittels einer zweiten hydraulischen Verdrängerkammer (6) in eine zweite Drehrichtung (7) schwenkbar ist, wobei im Pleuel (1) ein Hydraulikven-

til (8) angeordnet ist, welches einen hydraulischen Versorgungsanschluss (P) aufweist, an dem ein hydraulischer Druck anliegt, welcher einen Hydraulikkolben (9) gegen die Kraft einer vorgespannten Feder (10) verschieben kann, wobei der Hydraulikkolben (9) in einem niedrigen Druckbereich (12) infolge der Vorspannung der Feder (10) unverändert in einer stabilen Niederdrucklage verbleibt, in welcher der Versorgungsanschluss (P) hydraulisch mit der ersten Verdrängerkammer (4) verbunden ist, und wobei der Hydraulikkolben (9) in einem hohen Druckbereich (14) infolge des an einer Kolbenfläche (11, 15) anliegenden Druckes unverändert an einem Anschlag (16) anliegt, wobei in dieser stabilen Hochdrucklage der Versorgungsanschluss (P) mit der zweiten Verdrängerkammer (6) verbunden ist.

2. Pleuel nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein instabiler Umschlagbereich (13) zwischen dem niedrigen Druckbereich (12) und dem hohen Druckbereich (14) vorgesehen ist, bei dem die Verschiebung des Hydraulikkolbens (9) von der stabilen Niederdrucklage zur stabilen Hochdrucklage bei einem höheren Druck erfolgt, als die Verschiebung von der stabilen Hochdrucklage zur stabilen Niederdrucklage.

3. Pleuel nach Patentanspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Kolbenfläche (11, 15) am Hydraulikkolben (9) auf zwei Kolbenflächen (11, 15) verteilt, von denen die radial innere Kolbenfläche (11) einen ersten Druckraum (17) begrenzt, wohingegen die radial äußere Kolbenfläche (15) einen zweiten Druckraum (18) begrenzt, wobei die beiden Druckräume (17, 18) durch einen zwischen diesen liegen Dichtspalt (19) voneinander getrennt sind.

4. Pleuel nach Patentanspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Dichtspalt (19) zwischen einer Bohrungswand (81) eines Gehäuses (44) und einer Führungsmantelfläche (70) gebildet wird, welche bezüglich einer Ventillängsachse (77) axial zwischen der radial inneren Kolbenfläche (11) und der radial äußeren Kolbenfläche (15) angeordnet ist.

5. Pleuel nach einem der Patentansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Druckraum (18) über eine vom ersten Druckraum (17) getrennte Passage (Ausfräsung 69) Hydraulikfluid nachsaugen kann, wenn sich der Hydraulikkolben (9) zwischen der Niederdrucklage und der Hochdrucklage befindet.

6. Pleuel nach Patentansprüche 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Passage (Ausfräsung 69) abgesperrt ist und der erste Druckraum (17) und der zweite Druckraum (18) miteinander verbunden sind, wenn sich der Hydraulikkolben (9) in der Hochdrucklage zum Anliegen an einem Anschlag (16) des Gehäuses (44) kommt.

7. Pleuel nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Verdrängerkammern (4, 6) über Rückschlagventile (40, 41) mit dem Versorgungsanschluss (P) derart verbunden sind, das Hydraulikfluid vom Versorgungsanschluss (P) und/oder einem von einer Ölpumpe (76) kommenden Kanal (37) nachgesaugt werden kann.

8. Pleuel nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hydraulikkolben (9) eine der Kolbenfläche (11, 15) gegenüber liegende flächenmäßig kleinere Kolbenfläche (80) aufweist.

9. Pleuel nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hydraulikkolben (9) eine Position mit einem instabilen Umschlagbereich aufweist, bei dem zwischen einer Führungsmantelfläche (84) des Hydraulikkolbens (9) und einem Gehäuse (44) ein Dichtspalt (83) gebildet wird, welcher eine zur ersten hydraulischen Verdrängerkammer (4) führende erste Bohrung (74) verschließt, so dass der Fluss von der Verdrängerkammer (4) zum Versorgungsanschluss (P) abgesperrt ist, wobei eine zur anderen hydraulischen Verdrängerkammer (6) führende zweite Bohrung (75) ebenfalls gesperrt ist, so dass der Versorgungsdruck (P) den Hydraulikkolben (9) verschieben kann, ohne dass ein fluidischer Austausch von und zu den Verdrängerkammern (4, 6) Einfluss auf die Verschiebung nehmen kann.

10. Pleuel nach Patentanspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein sich radial von einem Nutgrund (20) der Außenringnut (73) nach außen erstreckender Ringsteg (89) als Drossel zwischen der ersten Bohrung (74) und dem Versorgungsanschluss (P) ausgeführt ist, die ihre drosselnde Funktion mit der Abdeckung der Bohrung (74) verliert.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

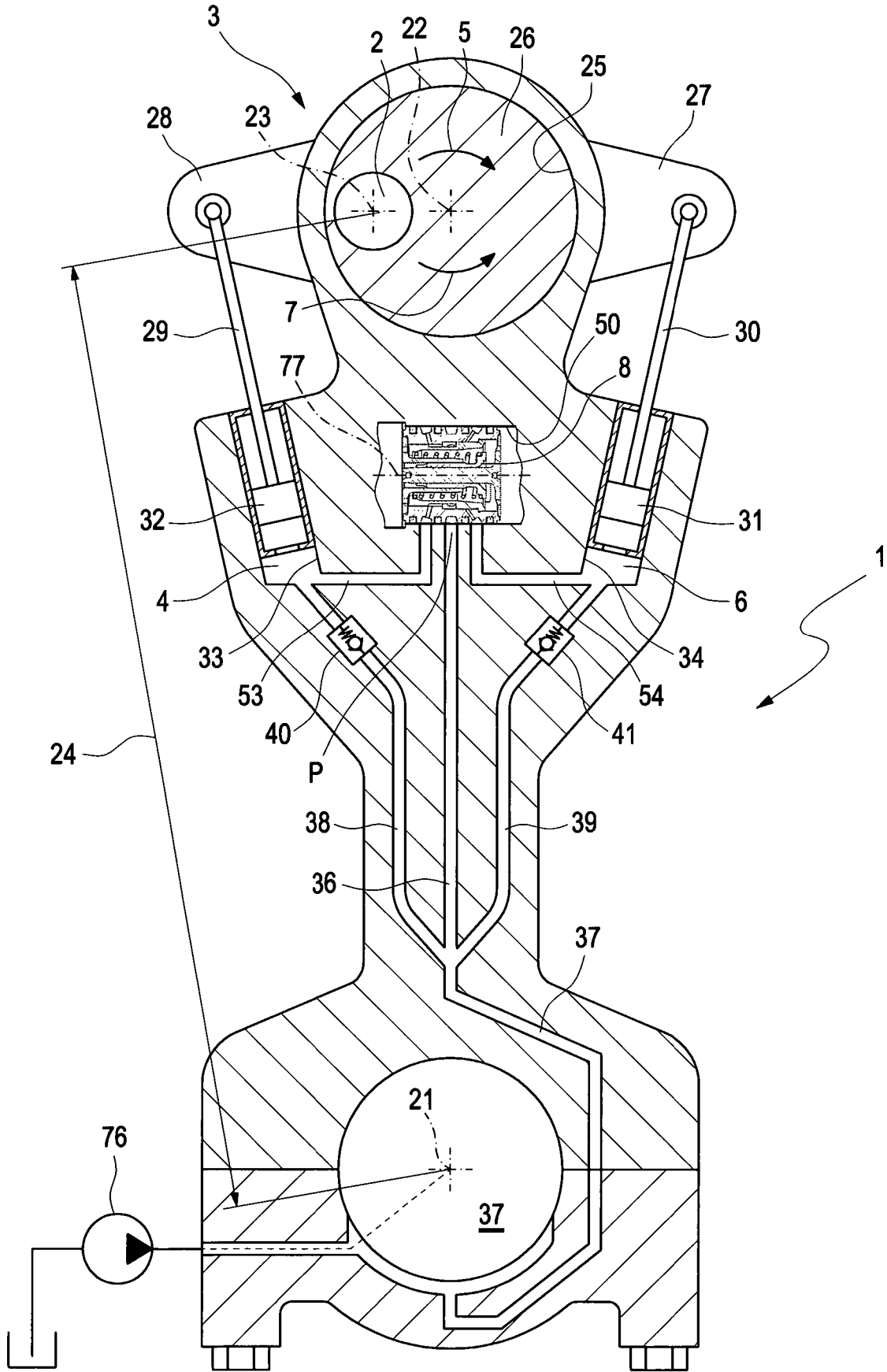


Fig. 1

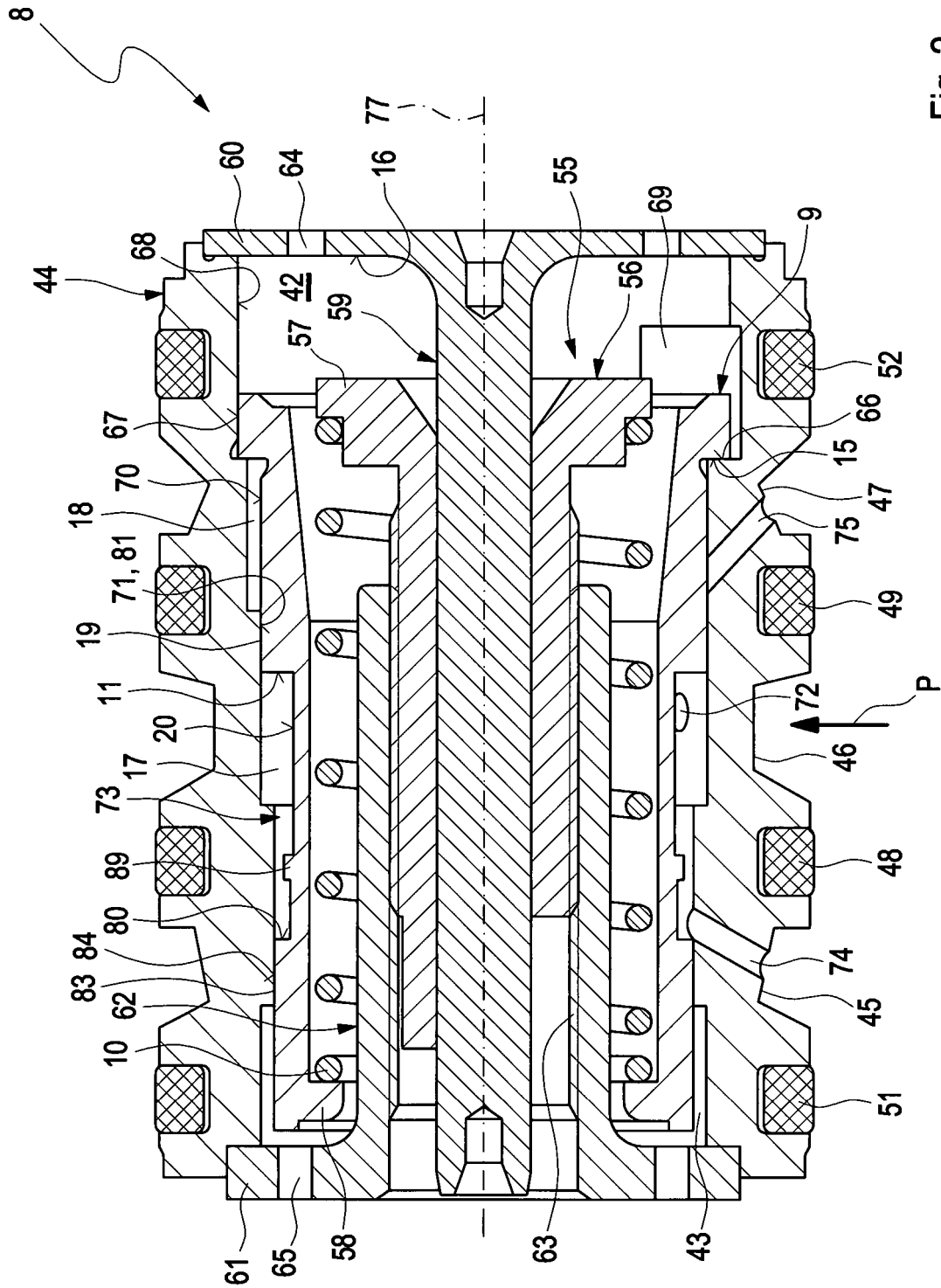


Fig. 2

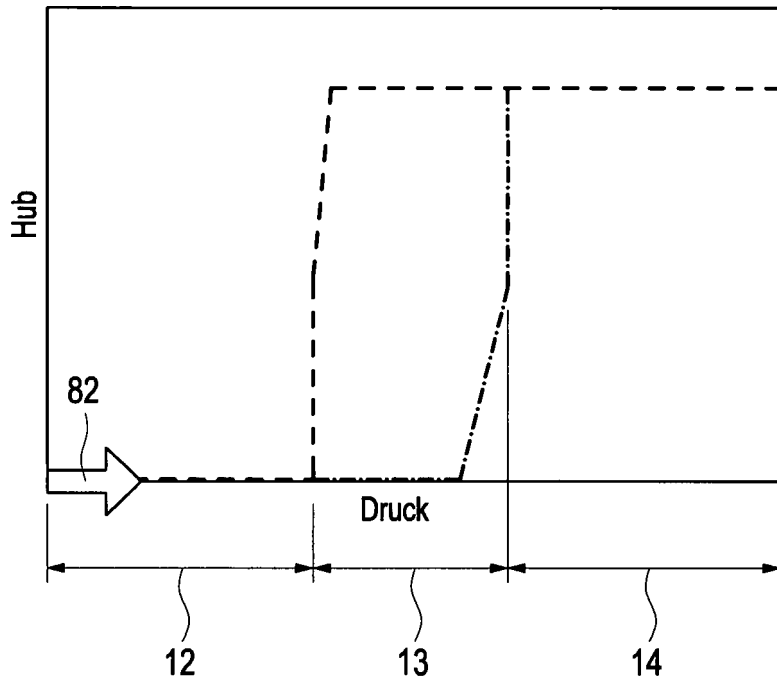


Fig. 3

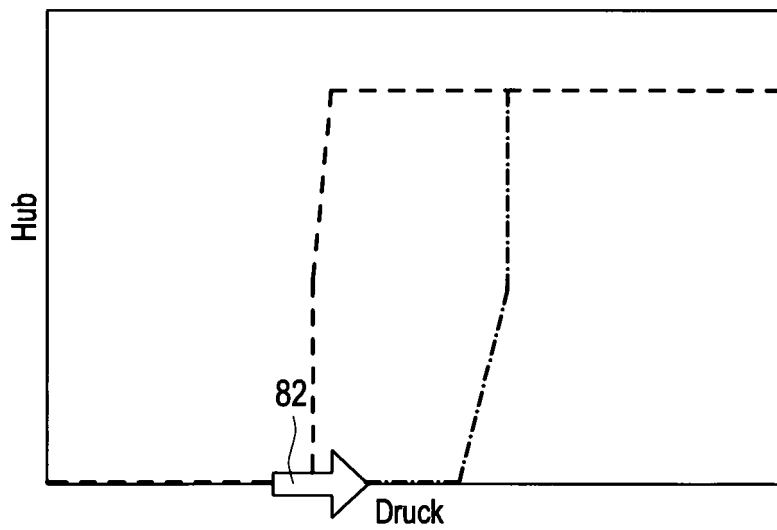


Fig. 4

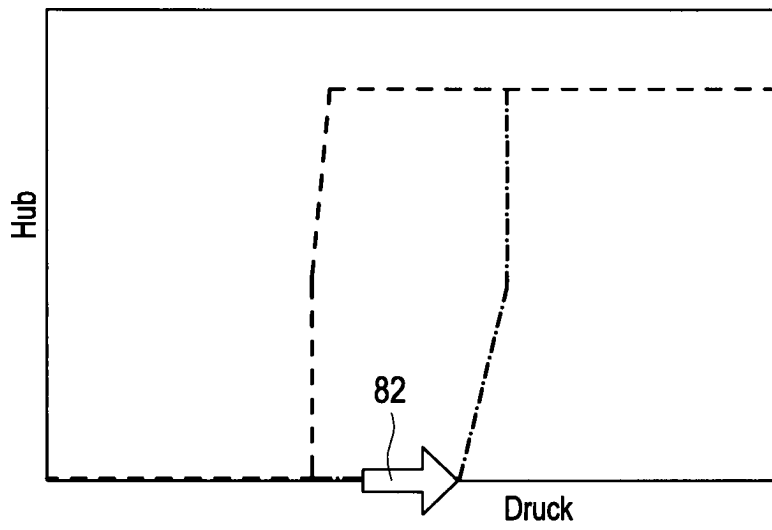


Fig. 5

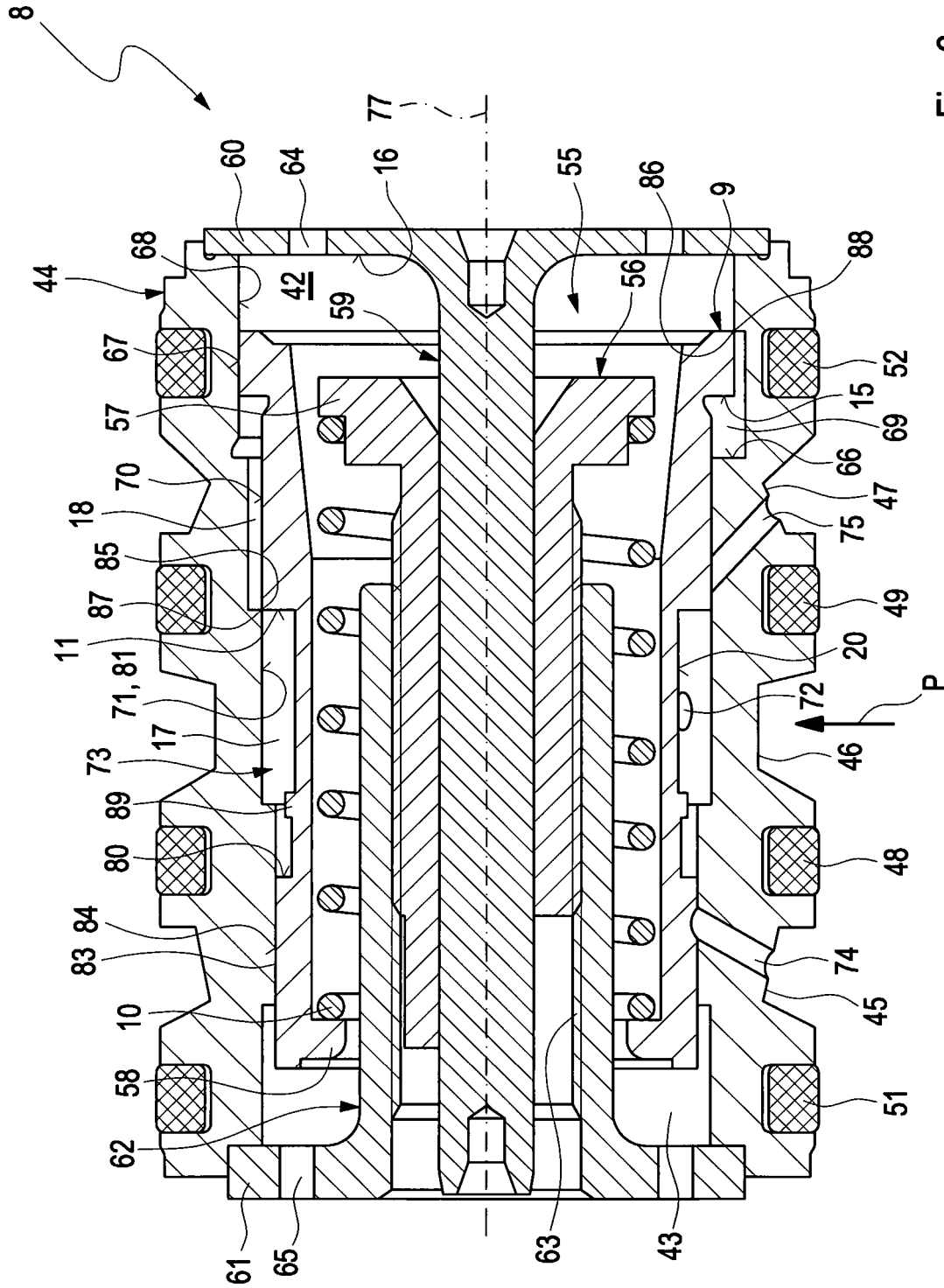


Fig. 6

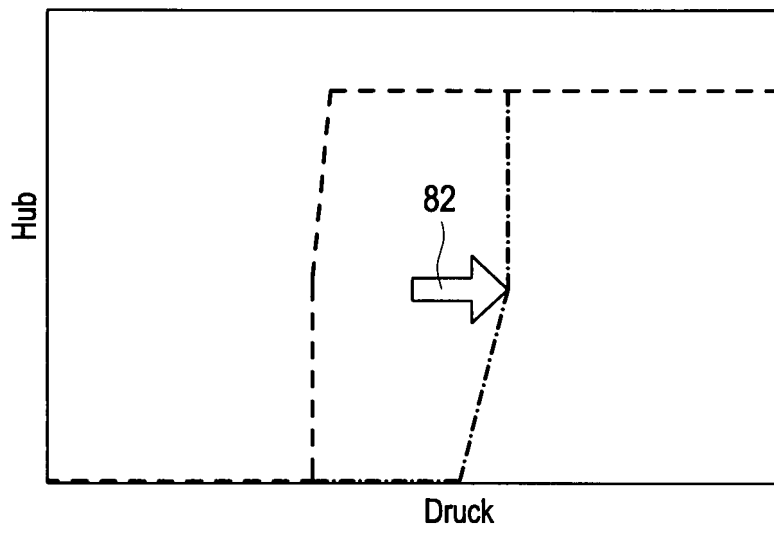


Fig. 7

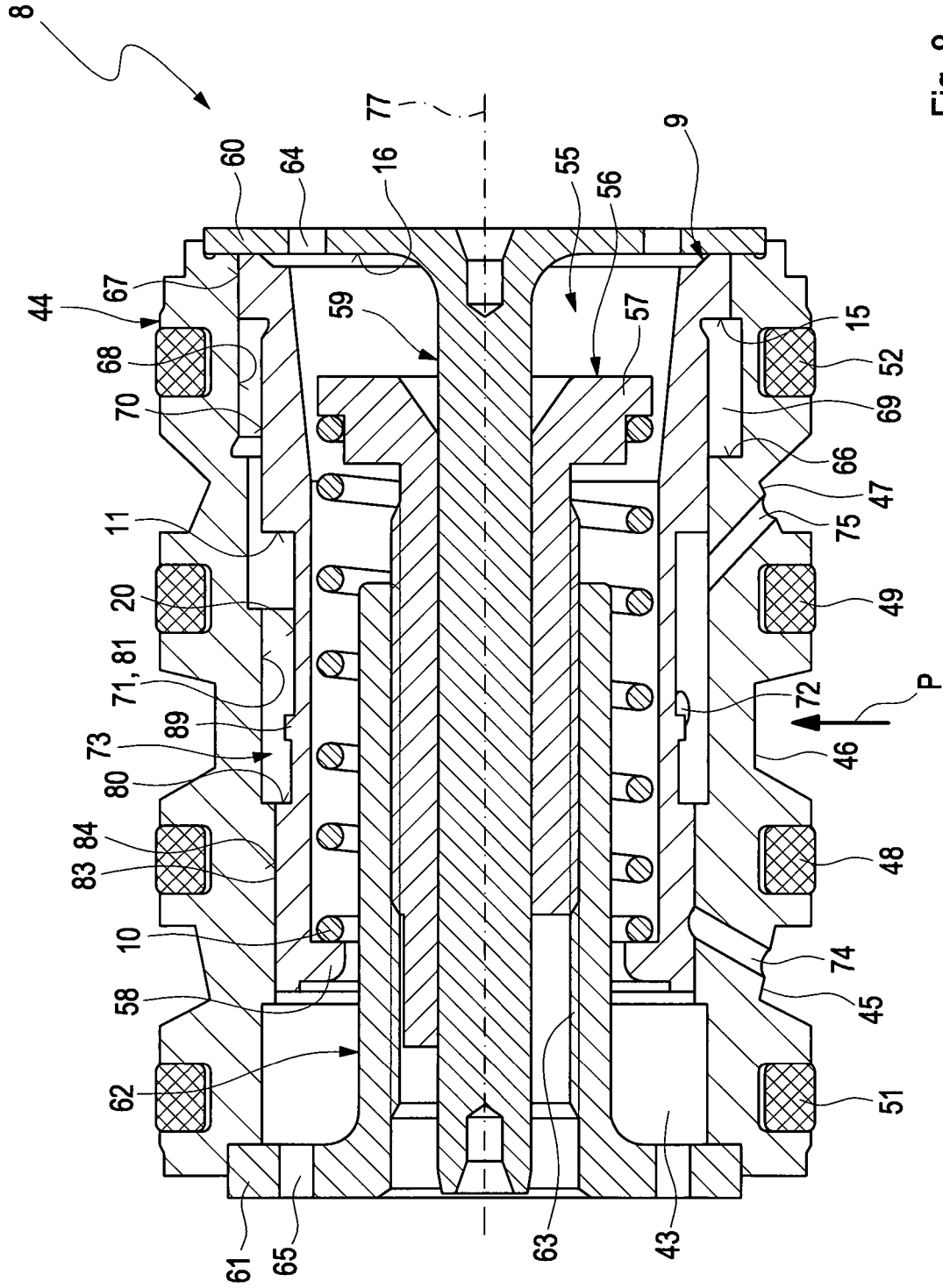


Fig. 8

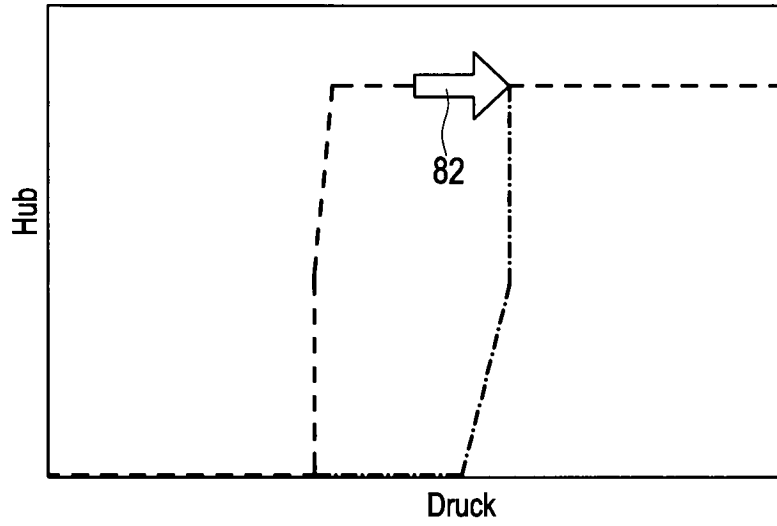


Fig. 9

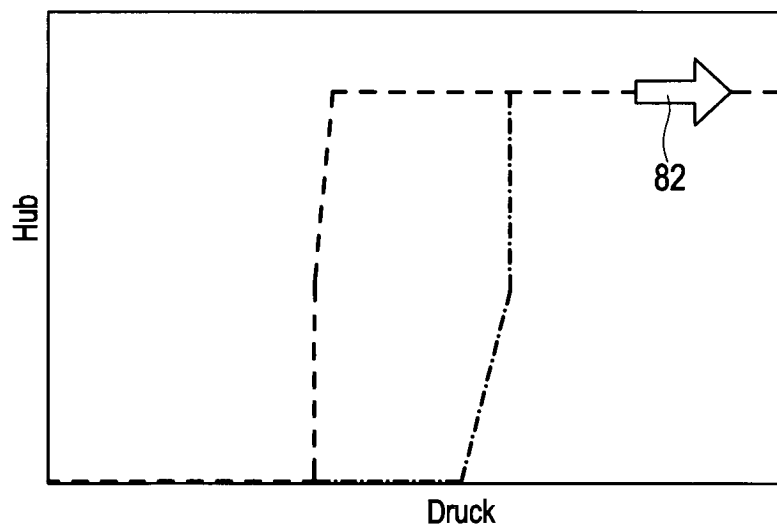


Fig. 10

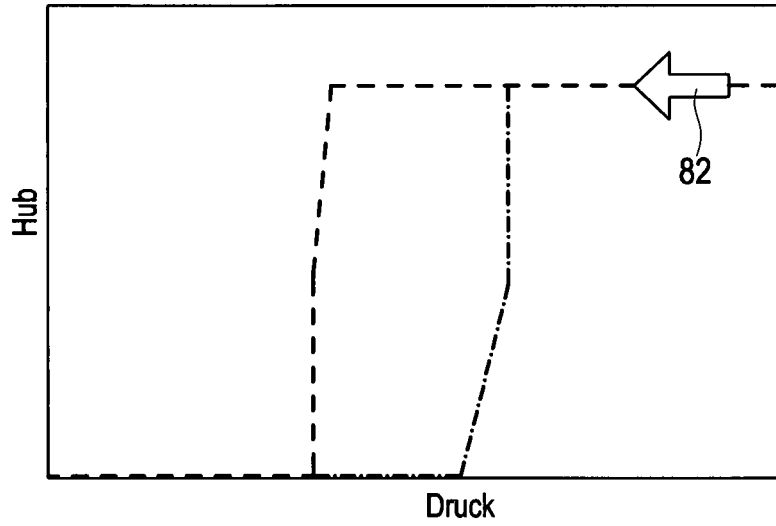


Fig. 11

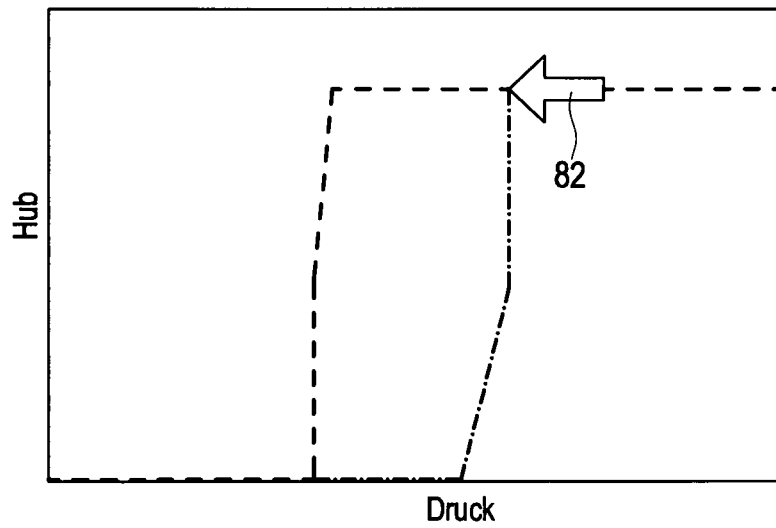


Fig. 12

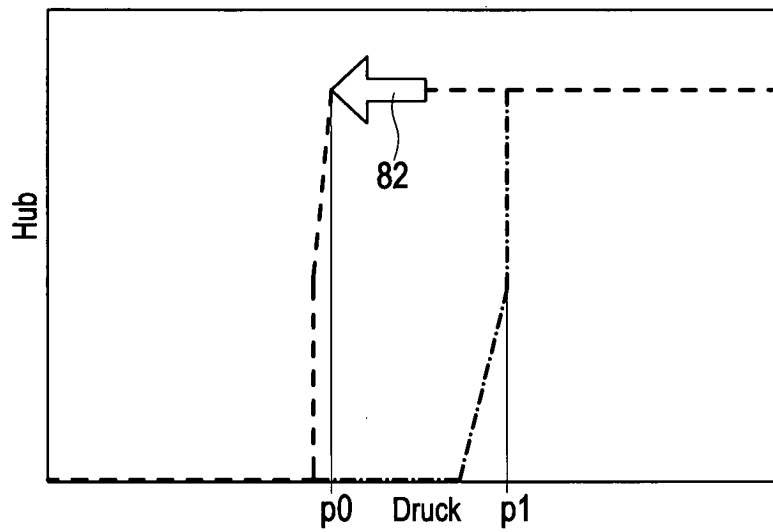


Fig. 13

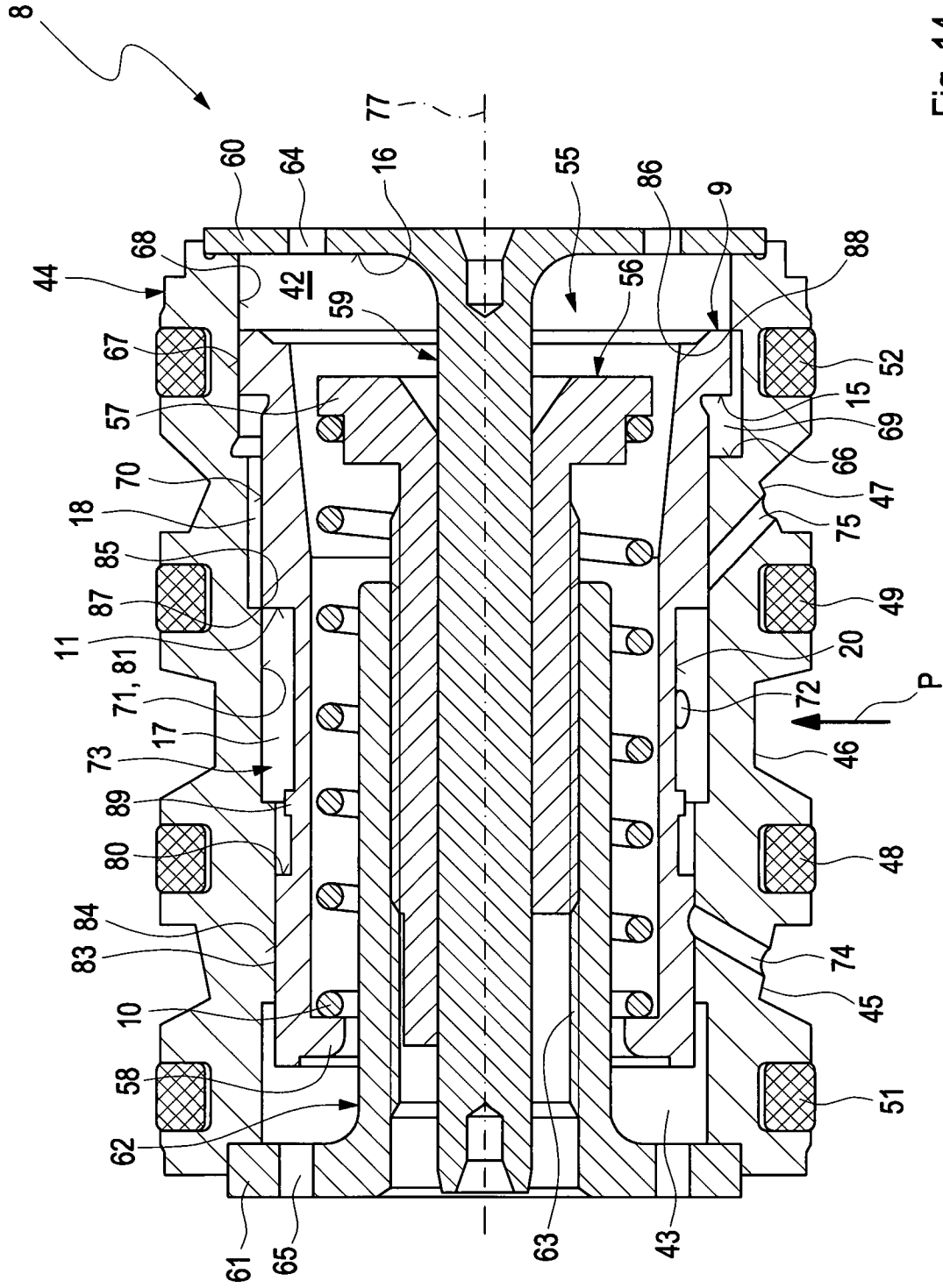


Fig. 14

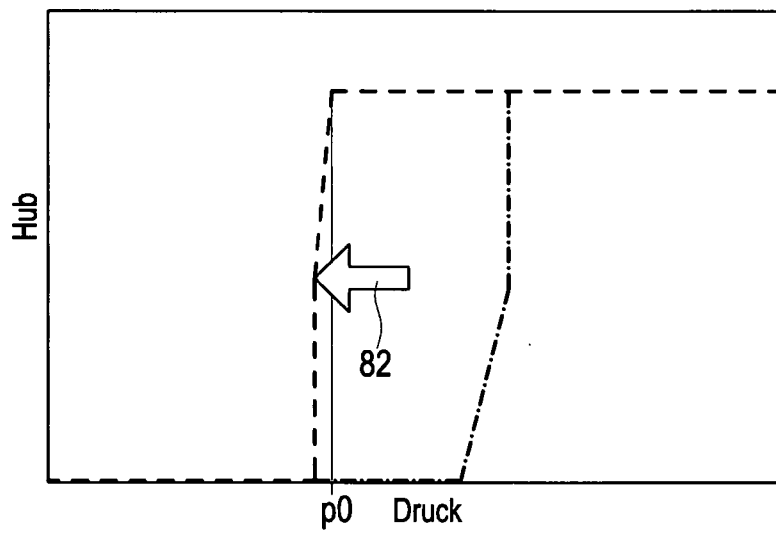


Fig. 15

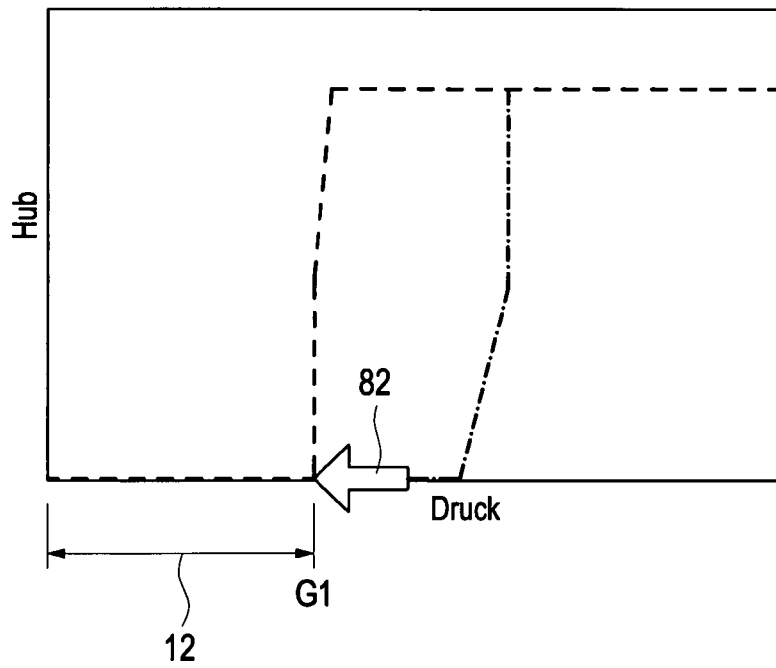


Fig. 16

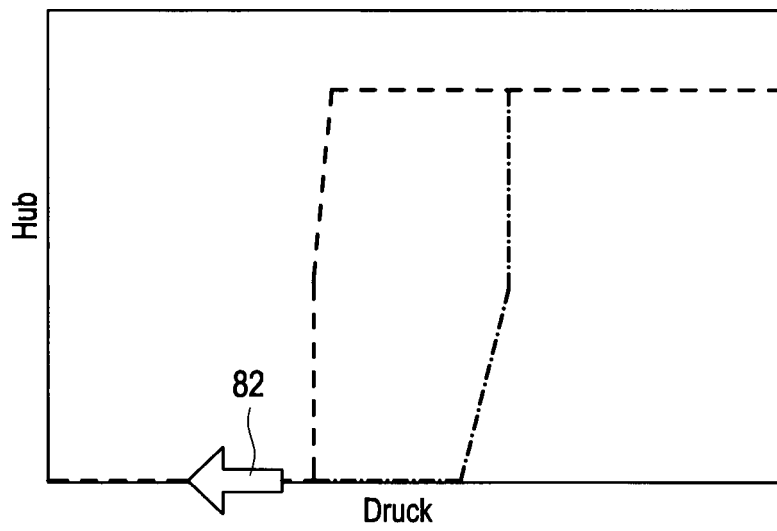


Fig. 17