

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50872/2018 (51) Int. Cl.: **F02B 75/04** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 08.10.2018 **F16C 7/06** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2019 **F02D 15/02** (2006.01)
F16K 31/12 (2006.01)
F16K 31/44 (2006.01)
F16K 31/524 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102015223129 A1
AT 518563 A1
EP 1426584 A1
DE 102005055199 A1
WO 2013092364 A1
WO 2015055582 A2

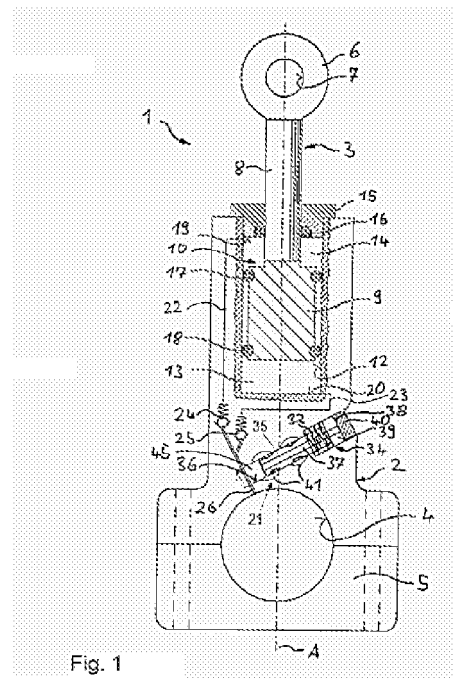
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
iwis motorsysteme GmbH & Co. KG
81369 München (DE)

(72) Erfinder:
Heller Malte
81243 München (DE)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Hydraulisches Steuerventil für eine längenverstellbare Pleuelstange mit einem Hohlzieher**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange (1) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) mittels einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) einstellbar ist. Die hydraulische Steuereinrichtung (21) weist einen Steuerzylinder (36) und einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Hohlzieher (35) auf, der mit einem sich in Längsrichtung durch den Hohlzieher (35) hindurch erstreckenden Hydraulikmittel- Steuerschieberkanal (37) ausgebildet ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung die Verwendung einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange (1) mit einer hydraulischen Steuereinrichtung in einem Kolbenmotor sowie einen entsprechenden Kolbenmotor.



Beschreibung

HYDRAULISCHES STEUVENTIL FÜR EINE LÄNGENVERSTELLBARE PLEUELSTANGE MIT EINEM HOHLSCHIEBER

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange ein erstes Pleuelauge zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und ein zweites Pleuelauge zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung der Pleuelstange mittels einer hydraulischen Steuereinrichtung einstellbar ist, und wobei die hydraulische Steuereinrichtung einen Steuerzylinder und einen in dem Steuerzylinder verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren, Steuerschieber aufweist. Weiter betrifft die Erfindung die Verwendung einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange und einen Kolbenmotor mit einer längenverstellbaren Pleuelstange.

[0002] Bei Verbrennungsmotoren mit Hubkolben gibt es Bestrebungen, das Verdichtungsverhältnis während des Betriebs zu verändern und auf den jeweiligen Betriebszustand des Motors anzupassen, um den thermischen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors zu verbessern. Mit steigendem Verdichtungsverhältnis nimmt der thermische Wirkungsgrad zu, jedoch kann ein zu hohes Verdichtungsverhältnis zu einer unbeabsichtigten Selbstzündung des Kolbenmotors führen. Eine solche frühzeitige Verbrennung des Kraftstoffes führt nicht nur zu einem unruhigen Lauf und dem sogenannten Klopfen des Motors, sondern kann auch zu Bauteilschäden am Motor führen. Im Teillastbereich ist die Gefahr der Selbstzündung geringer, so dass ein höheres Verdichtungsverhältnis möglich ist.

[0003] Zur Realisierung eines variablen Verdichtungsverhältnisses (VCR) existieren unterschiedliche Lösungen, mit denen die Lage des Hubzapfens der Kurbelwelle oder des Kolbenbolzens des Hubkolbens verändert oder die effektive Länge der Pleuelstange variiert wird. Hierbei gibt es jeweils Lösungen für eine kontinuierliche und diskontinuierliche Verstellung der Bauteile. Eine kontinuierliche Längenverstellung des Abstands zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen ermöglicht eine gleitende Einstellung des Verdichtungsverhältnisses auf den jeweiligen Betriebspunkt und damit einen optimalen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors. Demgegenüber ergeben sich bei einer diskontinuierlichen Verstellung der Pleuelänge mit wenigen Stufen konstruktive und betriebstechnische Vorteile und ermöglicht im Vergleich zu einem konventionellen Kolbenmotor trotzdem eine signifikante Verbesserung des Wirkungsgrades sowie entsprechende Einsparungen im Verbrauch und im Schadstoffausstoß.

[0004] Eine diskontinuierliche Verstellung des Verdichtungsverhältnisses für einen Kolbenmotor beschreibt die EP 1 426 584 A1, in der ein mit dem Kolbenbolzen des Hubkolbens verbundener Exzenter eine Anpassung des Verdichtungsverhältnisses ermöglicht, wobei die Fixierung des Exzenters in den jeweiligen Endstellungen des Schwenkbereichs mittels einer mechanischen Arretierung erfolgt. Demgegenüber offenbart die DE 10 2005 055 199 A1 eine längenverstellbare Pleuelstange, mit der unterschiedliche Verdichtungsverhältnisse realisiert werden können, wobei der Exzenter durch zwei Zylinder-Kolben-Einheiten und den hydraulischen Druckunterschied des zugeführten Motoröls in seiner Position fixiert wird. DE 10 2015 223 129 A1 zeigt eine vergleichbare Lösung.

[0005] Die WO 2013/092364 A1 zeigt eine längenverstellbare Pleuelstange mit teleskopartig ineinander verschiebbaren Pleuelteilen, wobei ein Pleuelteil einen Verstellkolben und das zweite Pleuelteil einen Zylinder aufweist, in dem der Verstellkolben längsbeweglich angeordnet ist. Diese Zylinder-Kolben-Einheit wird über eine hydraulische Steuereinrichtung mit einem öldruckabhängigen Ventil mit Motoröl versorgt, um die Länge der Pleuelstange zu verstellen.

[0006] Eine weitere teleskopartig längenverstellbare Pleuelstange beschreibt die WO 2015/055582 A2, wobei der im ersten Pleuelteil vorgesehene Verstellkolben den Zylinder in zwei Druckräume unterteilt, die von einer hydraulischen Steuereinrichtung mit Motoröl versorgt werden. Die beiden Druckräume dieser Zylinder-Kolben-Einheit werden über Rückschlagventile mit

Motoröl versorgt, wobei sich jeweils nur in einer Druckkammer unter Druck stehendes Motoröl befindet. Ist die längenverstellbare Pleuelstange in der langen Position, befindet sich in der oberen Druckkammer kein Motoröl, während die untere Druckkammer hingegen vollständig mit Motoröl gefüllt ist. Während des Betriebs wird das Pleuel aufgrund der Gas- und Massenkräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Stellung der Pleuelstange wird eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit dem oberen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen. Die Pleuellänge ändert sich dadurch nicht. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf die motorölgefüllte untere Druckkammer übertragen. Da das Rückschlagventil dieser Kammer den Rücklauf des Motoröls unterbindet, steigt der Druck des Motoröls an, so dass die Pleuelstange in dieser Richtung hydraulisch gesperrt ist. Auch hier ändert sich die Pleuellänge nicht. In der kurzen Stellung der längenverstellbaren Pleuelstange drehen sich die Verhältnisse in der Zylinder-Kolben-Einheit um. Die untere Druckkammer ist leer, während die obere Druckkammer mit Motoröl gefüllt ist. Entsprechend bewirkt eine Zugkraft einen Druckanstieg in der oberen Kammer und eine hydraulische Sperrung der längenverstellbaren Pleuelstange, während eine Druckkraft durch den mechanischen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen wird.

[0007] Die Pleuellänge dieser längenverstellbaren Pleuelstange kann zweistufig verstellt werden, indem eine der beiden Druckkammern entleert wird, wobei jeweils eines der beiden Rückschlagventile im Zulaufkanal über einen entsprechenden Rücklaufkanal überbrückt wird. Durch diese Rücklaufkanäle strömt Motoröl zwischen der Druckkammer und der Versorgung mit Motoröl, wodurch das jeweilige Rückschlagventil seine Wirkung verliert. Die beiden Rücklaufkanäle werden durch eine hydraulische Steuereinrichtung geöffnet und geschlossen, wobei immer genau ein Rücklaufkanal offen und der andere geschlossen ist. Der Aktuator zur Schaltung der beiden Rücklaufkanäle wird hydraulisch durch den Versorgungsdruck des Motoröls angesteuert, wobei die Versorgung mit Motoröl über entsprechende Hydraulikmittelkanäle im Pleuel und das Lager des Kurbelwellenzapfens im zweiten Pleuelauge erfolgt. Die aktive Verstellung der Pleuellänge erfolgt dann durch gezieltes Entleeren der mit Motoröl gefüllten Druckkammer unter Ausnutzung der an der Pleuelstange wirkenden Massen- und Gaskräfte, wobei die andere Druckkammer über das zugehörige Rückschlagventil mit Motoröl versorgt und hydraulisch gesperrt wird.

[0008] AT 518 563 A1 zeigt eine vergleichbare Lösung.

[0009] Gerade bei der Entwicklung von modernen Kolbenmotoren ist der Bauraum für solche Pleuelstangen sowohl in Längsrichtung der Pleuelstange (axial) als auch radial begrenzt. In Kurbelwellenrichtung wird der Bauraum durch die Lagerbreite und den Abstand der Gegengewichte begrenzt. In Längsrichtung ist ohnehin nur der Abstand zwischen den Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen verfügbar. Darüber hinaus ist auch die Dauerfestigkeit der verwendeten Werkstoffe angesichts der hohen Innendrucke im verwendeten Verstellmechanismus problematisch. Ein weiteres Problem bildet das Vorsehen der hydraulischen Steuereinrichtung mit den verschiedenen Zulauf-, Rücklauf- und Versorgungskanälen für Motoröl und die notwendigen Rückschlag- und Steuerventile, die die Bauteile der Pleuelstange zusätzlich schwächen.

[0010] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Konstruktion, Herstellung und Funktion einer gattungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange zu verbessern.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Steuerschieber als Hohlschieber mit einem sich in Längsrichtung des Steuerschiebers durch den Steuerschieber hindurch erstreckenden Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal ausgebildet ist. Ein solcher sich durch den Steuerschieber hindurch erstreckender Steuerschieberkanal kann die Anzahl der für die hydraulische Steuereinrichtung notwendigen Bohrungen in der längenverstellbaren Pleuelstange reduzieren, da der Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal als Steuerdruckverbindung in der hydraulischen Steuereinrichtung nutzbar ist. Neben der Kosteneinsparung durch den Wegfall einer Präzisionsbohrung bei der Herstellung der längenverstellbaren Pleuelstange wird dadurch auch eine geringere Schwächung und damit bessere Belastbarkeit des Pleuelteils erreicht. Der Hohlschieber kann in einfacher Weise als zylindrisches Drehteil oder als Drehfräs-

teil hergestellt sein.

[0012] In einer zweckmäßigen Ausbildung kann zwischen dem Steuerschieber und dem Steuerzylinder ein Steuerdruckraum ausgebildet sein und der Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal in den Steuerdruckraum münden. Neben der Vermeidung zusätzlicher Präzisionsbohrungen in dem die hydraulische Steuereinrichtung umgebenden Pleuelteil, kann der Hohlschieber den Steuerdruckraum direkt und sicher mit dem unter Druck stehenden Hydraulikmittel versorgen. Sinnvollerweise ist in dem Steuerzylinder weiter ein Niederdruckraum vorgesehen, wobei der Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal den Niederdruckraum mit dem Steuerdruckraum verbindet. In diesem einfachen Aufbau der Steuereinrichtung sorgt der Hohlschieber dafür, dass das Hydraulikmittel, üblicherweise das Motoröl des Kolbenmotors, von der Niederdruckseite der hydraulischen Steuereinrichtung direkt auf die Steuerdruckseite des Schiebers geleitet werden kann, ohne hierfür zusätzliche Bohrungen, Hülsen oder Bypasskanäle zu benötigen.

[0013] Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die hydraulische Steuereinrichtung eine Rückstellfeder aufweist, um den Steuerschieber in der ersten Ausgangsstellung zu halten oder in die erste Ausgangsstellung rückzustellen, wobei die Rückstellfeder bevorzugt um den Steuerschieber herum angeordnet ist. Die Rückstellfeder ermöglicht es, in der hydraulischen Steuereinrichtung zwei unterschiedliche Schaltstellungen vorzusehen, ohne aktiven Rückstellmechanismus, zusätzliche Druckkammern oder Versorgungsleitungen. Dadurch können die Herstellungskosten gering gehalten werden, bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Funktionssicherheit. Weiterhin kann eine solche Rückstellfeder in einfacher Weise an unterschiedliche Steuerdrücke angepasst werden, ohne die gesamte Konstruktion der hydraulischen Steuereinrichtung oder sogar der längenverstellbaren Pleuelstange verändern zu müssen. Dabei reduziert die Anordnung der Rückstellfeder um den Steuerschieber herum den benötigten Bauraum für den Steuerschieber und gleichzeitig auch den Herstellungsaufwand.

[0014] Eine besondere Variante sieht vor, dass der Steuerschieber geneigt zur Längsrichtung der Pleuelstange und geneigt zur Normalen der Längsrichtung der Pleuelstange angeordnet ist, bevorzugt in einem Winkel zwischen 15° und 75° angeordnet ist. Diese geneigte Anordnung des Hohlschiebers gegenüber der Längsrichtung der Pleuelstange und gegenüber der Normalen zur Längsrichtung der Pleuelstange kann bei einer günstigen Wahl des Winkels die negativen Einflüsse der Trägheit des Hydraulikmittels in den Hydraulikmittelkanälen und den Komponenten der hydraulischen Steuereinrichtung kompensieren oder zumindest reduzieren. Dadurch können Störungen und Fehlfunktionen bei der Ansteuerung der Steuereinrichtung vermieden werden. Weiterhin können durch eine geneigte Anordnung des Hohlschiebers auch störende Einflüsse auf die weiteren Komponenten der hydraulischen Steuereinrichtung und der längenverstellbaren Pleuelstange minimiert werden, deren Wirkung insbesondere durch die bei hohen Drehzahlen stark ansteigenden Trägheitskräfte beeinträchtigt sein kann.

[0015] Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass die hydraulische Steuereinrichtung mindestens zwei Ablassventile aufweist, wobei die Ablassventile wechselweise von dem Hohlschieber ansteuerbar sind. Je nach Stellung des Hohlschiebers ist wechselweise das erste Ablassventil oder das zweite Ablassventil der Steuereinrichtung geöffnet, so dass Hydraulikmittel entweder aus der ersten Druckkammer oder der zweiten Druckkammer der angesteuerten Verstellvorrichtung, insbesondere einer doppelt wirkenden Zylinder-Kolben-Einheit der längenverstellbaren Pleuelstange entweichen kann. Infolgedessen kann aus der jeweiligen Druckkammer unter Druck stehendes Hydraulikmittel über das geöffnete Ablassventil abgeführt werden, während sich gleichzeitig die andere Druckkammer mit Hydraulikmittel füllt, infolge der beim Kolbenmotor bei der Hubbewegung der Pleuelstange wirkenden Massen- und Gaskräfte, die mittels der entstehenden Sogwirkung ein Öffnen des der anderen Druckkammer zugeordneten Rückschlagventils bewirken. Mit zunehmender Befüllung der Druckkammer wird aus der anderen Druckkammer zunehmend Hydraulikmittel abgeführt, wodurch sich die Pleuellänge der längenverstellbaren Pleuelstange ändert. Je nach Ausgestaltung des Verstellmechanismus und insbesondere der Steuereinrichtung sowie je nach Betriebszustand des Kolbenmotors können mehrere Hübe der Pleuelstange erforderlich sein, bis die Längenänderung der Pleuelstange beendet ist. Günstigerweise haben die Ablassventile federvorgespannte Ventilkörper, bevorzugt

Ventilkugeln, die über ein geeignetes Übertragungselement, beispielsweise Übertragungsstifte oder Übertragungskugeln, gegen die Federvorspannung in Richtung der Hubachse des Ventilkörpers bewegt werden, um das Ablassventil zu öffnen. Weiterhin kann der Steuerschieber eine Schaltkontur aufweisen, um die Ablassventile wechselweise anzusteuern. Eine solche Schaltkontur ermöglicht eine direkte Übertragung der Hubbewegung von dem Hohlschieber auf die Ablassventile. Dabei kann die Schaltkontur als Abflachung des Hohlschiebers mit Vertiefungen und Vorsprüngen ausgebildet sein, um die mindestens zwei Ablassventile miteinander gekoppelt zu steuern.

[0016] Ein Ausführungsbeispiel der längenverstellbaren Pleuelstange sieht vor, dass zwei Pleuelteile vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil das erste Pleuelauge und das zweite Pleuelteil das zweite Pleuelauge aufweist, und wobei das erste Pleuelteil zur Verstellung des Abstands zwischen Kolbenbolzen und Kurbelwellenzapfen gegenüber dem zweiten Pleuelteil in Längsrichtung der Pleuelstange bewegbar ist, bevorzugt telekopierbar bewegbar ist. Im Gegensatz zu Pleuelstangen mit Exzentern ermöglichen zwei in Längsrichtung der Pleuelstange zueinander bewegbare Pleuelteile einen stabilen Aufbau sowie einen sicheren und dauerhaften Betrieb der längenverstellbaren Pleuelstange. Dabei kann mindestens eine mit der hydraulischen Steuereinrichtung hydraulisch verbundene Zylinder-Kolben-Einheit vorgesehen sein, um das erste Pleuelteil relativ zum zweiten Pleuelteil zu bewegen, wobei das erste Pleuelteil mit einem Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit verbunden ist und das zweite Pleuelteil eine Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit aufweist. Dies ermöglicht neben einem sehr robusten Aufbau der längenverstellbaren Pleuelstange auch einfache und kostengünstige Pleuelteile, wobei der Verstellkolben des ersten Pleuelteils bevorzugt direkt mit der Pleuelstange und dem Pleuelkopf mit dem ersten Pleuelauge verbunden ist und das zweite Pleuelteil ein Gehäuse aufweist, in dem neben der Zylinderbohrung auch die hydraulische Steuereinrichtung vorgesehen ist.

[0017] Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung einer längenverstellbaren Pleuelstange mit einer hydraulischen Steuereinrichtung in einem Kolbenmotor, wobei die hydraulische Steuereinrichtung einen Steuerzylinder und einen in dem Steuerzylinder verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagten Hohlschieber aufweist mit einem sich in Längsrichtung des Hohlschiebers durch den Hohlschieber hindurch erstreckenden Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal. Der in der hydraulischen Steuereinrichtung verschiebbar geführte Hohlschieber sorgt dafür, dass Hydraulikmittel durch den Steuerschieberkanal hindurch auf die Steuerdruckseite des Hohlschiebers geleitet werden kann, ohne hierfür zusätzliche Bohrungen in der Pleuelstange zu benötigen. Durch den Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal entfällt eine Steuerdruckverbindung zum Steuerdruckraum außerhalb der hydraulischen Steuereinrichtung, wodurch die Anzahl der benötigten Bohrungen in der längenverstellbaren Pleuelstange reduziert werden kann. Neben der Kosteneinsparung wird dadurch auch eine geringere Schwächung und gleichzeitig eine bessere Belastbarkeit des zugehörigen Pleuelteils erzielt.

[0018] In einem weiteren Aspekt bezieht sich die Erfindung auf einen Kolbenmotor mit mindestens einem Motor-Zylinder, einem sich in dem Motor-Zylinder bewegenden Hubkolben und mindestens einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in dem Motor-Zylinder, sowie mit einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange gemäß den vorbeschriebenen Ausführungsformen. Bevorzugt sind sämtliche Hubkolben des Kolbenmotors mit einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange ausgestattet und die Steuereinrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange mit der Motorölhydraulik des Kolbenmotors verbunden. Die Kraftstoffeinsparung eines solchen Kolbenmotors kann beträchtlich sein, wenn in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand das Verdichtungsverhältnis entsprechend eingestellt wird. Mittels der hydraulischen Steuereinrichtung und dem Hohlschieber wird eine kostengünstige und robuste Steuerung der zugehörigen Verstelleinrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange ermöglicht.

[0019] Im Folgenden wird eine nicht einschränkende Ausführungsform der Erfindung anhand beispielhafter Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- [0020] Fig. 1 eine schematische Ansicht einer teilweise freigeschnittenen längenverstellbaren Pleuelstange,
- [0021] Fig. 2 eine schematische Ansicht der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 mit einer schematischen Darstellung der hydraulischen Steuereinrichtung,
- [0022] Fig. 3 eine Schnittansicht des Hohlschiebers der hydraulischen Steuereinrichtung aus Fig. 1 und
- [0023] Fig. 4 eine Schnittansicht durch eine hydraulische Steuereinrichtung für die längenverstellbare Pleuelstange aus Fig. 1 quer zur Längsrichtung der Pleuelstange.

[0024] Die in der schematischen Ansicht in Fig. 1 dargestellte längenverstellbare Pleuelstange 1 umfasst zwei teleskopierbar zueinander bewegbare Pleuelteile 2, 3. Das in der Darstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 in Fig. 1 unten angeordnete untere Pleuelteil 2 weist ein großes Pleuelauge 4 auf, mit dem die längenverstellbare Pleuelstange 1 auf der Kurbelwelle (nicht gezeigt) des Kolbenmotors gelagert ist. Dazu ist am unteren Pleuelteil 2 weiter eine Lagerschale 5 angeordnet, die zusammen mit dem ebenfalls lagerschalenartig ausgebildeten unteren Bereich der unteren Pleuelstange 2 das große Pleuelauge 4 ausbildet. Die Lagerschale 5 und das untere Pleuelteil 2 werden mittels Pleuelschrauben (schematisch als gestrichelte Linien dargestellt) miteinander verbunden. Das obere Pleuelteil 3 weist einen Pleuelkopf 6 mit einem kleinen Pleuelauge 7 auf, das den Kolbenbolzen (nicht gezeigt) des Hubkolbens im Kolbenmotor aufnimmt. Der Pleuelkopf 6 ist mit der Kolbenstange 8 und über die Kolbenstange 8 mit dem Verstellkolben 9 der hier als Zylinder-Kolben-Einheit 10 ausgebildeten Verstellvorrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 verbunden. Dabei ist der Pleuelkopf 6 üblicherweise mit der Kolbenstange 8 verschraubt oder verschweißt, während der Verstellkolben 9 und die Kolbenstange 8 dann einteilig ausgebildet sein können. Dies ermöglicht vor einem Zusammenbau des oberen Pleuelteils 3, den Zylinderdeckel 15 der Zylinder-Kolben-Einheit und die Stangendichtung 16 auf der Kolbenstange 8 sowie die Kolbendichtungen 17, 18 an dem Verstellkolben 9 einfach und beschädigungsfrei anzuordnen.

[0025] Das obere Pleuelteil 3 ist über den Verstellkolben 9 teleskopierbar in dem unteren Pleuelteil 2 geführt, um den Abstand zwischen dem im kleinen Pleuelauge 7 aufgenommenen Kolbenbolzen des Hubkolbens und der in dem großen Pleuelauge 4 aufgenommenen Kurbelwelle des Kolbenmotors zu verstellen, um so das Verdichtungsverhältnis des Kolbenmotors an den jeweiligen Betriebszustand anzupassen. Dadurch ist es möglich, den Kolbenmotor im Teillastbereich mit einem höheren Verdichtungsverhältnis als unter Volllastbereich zu betreiben und so den Wirkungsgrad des Motors zu erhöhen. In dem Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 ist im oberen Bereich ein Zylinder 12 ausgebildet, der als Zylinderbohrung oder Zylinderhülse in das Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 eingebracht ist. In dem Zylinder 12 ist der Verstellkolben 9 des oberen Pleuelteils 3 in Längsrichtung A der Pleuelstange 1 bewegbar angeordnet, um gemeinsam mit dem Zylinder 12 und dem Zylinderdeckel 15 die Zylinder-Kolben-Einheit 10 auszubilden. Der Verstellkolben 9 ist in Fig. 1 in einer Mittelstellung dargestellt, in der der Verstellkolben 9 den Zylinder 12 in zwei Druckräume 13 und 14 unterteilt. Die Kolbenstange 8 erstreckt sich von dem Verstellkolben 9 durch den oberen Druckraum 14 und den Zylinderdeckel 15 hindurch, der das Gehäuse 11 und den Zylinder 12 nach oben hin begrenzt. An dem Zylinderdeckel 15 ist eine Stangendichtung 16 vorgesehen, die die Kolbenstange 8 umgibt und den oberen Druckraum 14 gegenüber der Umgebung abdichtet. Die beiden auf dem Verstellkolben 9 angeordneten Kolbendichtungen 17, 18 dichten den Verstellkolben 9 gegenüber dem Zylinder 12 und damit auch die Druckräume 13, 14 zueinander ab. Die Unterseite 19 des Zylinderdeckels 15 bildet einen oberen Anschlag aus, an dem der Verstellkolben 9 in der oberen Stellung, der langen Stellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1, anliegt, während in der unteren Stellung (Kurzstellung) der längenverstellbaren Pleuelstange 1 der Verstellkolben 9 an dem vom Zylinderboden 20 ausgebildeten unteren Anschlag anliegt.

[0026] Im Folgenden wird anhand der in Fig. 2 dargestellten hydraulischen Verschaltung der Steuereinrichtung 21 zur Versorgung der von der Zylinder-Kolben-Einheit 10 ausgebildeten Verstelleinrichtung näher erläutert. Die beiden Druckräume 13, 14 sind jeweils über getrennte

Hydraulikmittelleitungen 22, 23 und separate Rückschlagventile 24, 25 und einem gemeinsamen Ölversorgungskanal 26, der in dem großen Pleuelauge 4 mündet, mit dem Motorölkreislauf des Kolbenmotors verbunden. Ist die längenverstellbare Pleuelstange 1 in der langen Position, befindet sich im oberen Druckraum 14 kein Motoröl, während der untere Druckraum 13 hingegen vollständig mit Motoröl gefüllt ist. Während des Betriebs wird die Pleuelstange 1 aufgrund der Massen- und Gaskräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Stellung wird die Zugkraft durch den mechanischen Kontakt des Verstellkolbens 9 mit der Unterseite 19 des Zylinderdeckels 15 aufgenommen. Die Länge der Pleuelstange 1 verändert sich dadurch nicht. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf den mit Motoröl gefüllten unteren Druckraum 13 übertragen. Da das dem unteren Druckraum 13 zugeordnete Rückschlagventil 25 ein Ausströmen des Motoröls verhindert, steigt der Druck des Motoröls stark an und verhindert eine Änderung der Pleuellänge. Dadurch ist die längenverstellbare Pleuelstange 1 in dieser Bewegungsrichtung hydraulisch gesperrt. In der Kurzstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 drehen sich die Verhältnisse um. Der untere Druckraum 13 ist vollständig leer und eine Druckkraft wird durch den mechanischen Anschlag des Verstellkolbens 9 am Zylinderboden 20 aufgenommen, während der obere Druckraum 14 mit Motoröl gefüllt ist, so dass eine Zugkraft auf die längenverstellbare Pleuelstange 1 einen Druckanstieg im oberen Druckraum 14 verursacht und damit eine hydraulische Sperrung bewirkt.

[0027] Die Pleuellänge der hier dargestellten längenverstellbaren Pleuelstange 1 kann zweistufig verstellt werden, indem einer der beiden Druckräume 13, 14 entleert wird und der jeweils andere Druckraum 13, 14 mit Motoröl gefüllt wird. Hierzu wird von der hydraulischen Steuereinrichtung 21 jeweils eines der Rückschlagventile 24, 25 überbrückt, so dass das Motoröl aus dem bisher gefüllten Druckraum 13, 14 abfließen kann. Das jeweilige Rückschlagventil 24, 25 verliert so seine Wirkung. Dazu umfasst die hydraulische Steuereinrichtung 21 ein 3/2-Wegeventil 27, dessen beiden schaltbaren Anschlüsse 30 jeweils über eine Drossel 28, 29 mit einer Hydraulikmittelleitung 22, 23 der Druckräume 13, 14 verbunden sind. Dabei wird das 3/2-Wegeventil 27 über den Druck des Motoröls betätigt, der dem 3/2-Wegeventil 27 über eine mit dem Ölversorgungskanal 26 verbundene Steuerdruckleitung 31 zugeführt wird. Die Rückstellung des 3/2-Wegeventils 27 erfolgt durch eine Feder 32. Die beiden schaltbaren Anschlüsse 30 des 3/2-Wegeventils 27 sind mit einem Abströmkanal 33 verbunden, der das aus den Druckräumen 13, 14 abgeführte Motoröl an den Ölversorgungskanal 26 abgibt, von wo aus es zur Befüllung des jeweils anderen Druckraums 13, 14 zur Verfügung steht oder über das große Pleuelauge 4 an die Umgebung abgegeben werden kann. In der in Fig. 2 dargestellten Vorzugslage des 3/2-Wegeventils 27 ist der obere Druckraum 14 geöffnet. Alternativ kann der Abströmkanal 33 das Motoröl direkt an die Umgebung abgeben.

[0028] Bei dem 3/2-Wegeventil 27 ist jeweils einer der schaltbaren Anschlüsse 30 geöffnet, so dass der zugehörige Druckraum 13, 14 geleert ist, während der andere Anschluss 30 geschlossen ist. Bei einer Veränderung der Schaltstellung des 3/2-Wegeventils 27, durch das Anliegen eines höheren Steuerdrucks über die Steuerdruckleitung 31 oder durch eine Rückstellung über die Feder 32 bei einem abnehmenden Steuerdruck, wird der bisher geöffnete Anschluss 30 geschlossen und der bisher geschlossene Anschluss 30 geöffnet. Infolgedessen strömt aus dem bisher mit Motoröl gefüllten Druckraum 13, 14 das unter hohem Druck stehende Motoröl über die jeweilige Hydraulikmittelleitung 22, 23 sowie die zugehörige Drossel 28, 29 durch den geöffneten Anschluss 30 des 3/2-Wegeventils 27 und den Abströmkanal 33 zur Umgebung. Gleichzeitig entsteht durch die in einem Kolbenmotor während der Hubbewegung der Pleuelstange 1 wirkenden Massen- und Gaskräfte in dem bisher leeren Druckraum 13, 14 eine Sogwirkung, durch die sich das zugehörige Rückschlagventil 24, 25 öffnet, so dass sich der bisher leere Druckraum 13, 14 mit Motoröl füllt. Mit zunehmender Füllung dieses Druckraums 13, 14 wird aus dem anderen Druckraum 13, 14 zunehmend das Motoröl über den geöffneten Anschluss 30 abgeführt, wodurch sich die Länge der Pleuelstange 1 ändert. Je nach Ausgestaltung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 sowie der hydraulischen Steuereinrichtung 21 und dem Betriebszustand des Kolbenmotors können mehrere Hübe der Pleuelstange 1 erforderlich sein, bis der von der hydraulischen Steuereinrichtung 21 gesperrte Druckraum 13, 14 vollständig mit Motoröl gefüllt ist sowie der andere geöffnete Druckraum 13, 14 vollständig geleert ist

und so die maximal mögliche Längenänderung der Pleuelstange 1 erreicht ist.

[0029] Wie in Fig. 1 gezeigt, weist die hydraulische Steuereinrichtung 21 der vorliegenden Erfindung ein einfaches Schieberventil 34 mit einem als Hohlschieber 35 ausgebildeten Steuerschieber auf, der gegen die Rückstellkraft einer Feder 32 in einem Steuerzylinder 36 verschiebbar ist. Der Steuerzylinder 36 ist als eine gegenüber der Längsrichtung A der Pleuelstange 1 und auch gegenüber der Normalen zur Längsrichtung A der Pleuelstange 1 geneigte Bohrung im Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 ausgebildet. Der Hohlschieber 35 weist einen sich in Schieberlängsrichtung durch den Hohlschieber 35 hindurch erstreckenden Steuerschieberkanal 37 auf, um Hydraulikmittel aus dem am unteren Ende des Steuerzylinders 36 vorgesehenen Niederdruckraum 45, der über den Ölversorgungskanal 26 mit Motoröl versorgt ist, in den Steuerdruckraum 38 zwischen Schieberkopf 39 und Verschlusskappe 40 des Steuerzylinders 36 zu fördern. Durch die Bewegung des Hohlschiebers 35 in dem Steuerzylinder 36 infolge des im Steuerdruckraum 38 anliegenden Öldrucks bzw. der Rückstellkraft der Feder 32 sind wechselseitig die mit den Druckräumen 13, 14 verbundenen Ablassventile 41 geöffnet.

[0030] Fig. 3 zeigt eine vergrößerte Schnittansicht eines solchen Hohlschiebers 35 für das in Fig. 1 dargestellte Schieberventil 34. Um eine gute Abströmung des durch den Steuerschieberkanal 37, der sich in Schieberlängsrichtung vollständig durch den Hohlschieber 35 erstreckt, in den Steuerdruckraum 38 einströmenden Motoröls zu ermöglichen, ist der Schieberkopf 39 in Verlängerung des Steuerschieberkanals 37 mit einer oder mehreren Aussparungen versehen. Der Schaft des Hohlschiebers 35 weist eine umlaufende Steuerkontur 42 auf, die mit den beiden Ablassventilen 41 in Eingriff steht, um die zugeordneten Druckräume 13, 14 zu öffnen oder zu schließen. Für eine leichte Abströmung des Motoröls aus den Ablassventilen 41 endet in dieser Ausführungsform die Steuerkontur 42 in einem Abschnitt mit geringem Durchmesser.

[0031] In Fig. 4 ist ein Schnitt durch eine längenverstellbare Pleuelstange 1 mit einer anderen Variante des Schieberventils 34 gezeigt. Die Schnittansicht verläuft dabei in Schieberlängsrichtung des Hohlschiebers 35 quer zur Längsrichtung A der längenverstellbaren Pleuelstange 1 und durch die Ablassventile 41 hindurch. Sehr deutlich ist in dieser Schnittansicht neben dem Schieberventil 34 und den beiden Ablassventilen 41 auch die Schraubenbohrung 43 durch das Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 zu erkennen, die zur Aufnahme einer Pleuelschraube 46 dient, mit denen die Lagerschale 5 am unteren Bereich des Gehäuses 11 befestigt wird. Der in dem Zylindergehäuse 36 verschiebbar geführte Hohlschieber 35 weist auch in dieser Ausführungsform wieder einen Schieberkanal 37 auf, der sich vom Niederdruckraum 45 am unteren Ende des Steuerzylinders 36 bis zum Steuerdruckraum 38 zwischen Schieberkopf 39 und Verschlusskappe 40 erstreckt. Um den Schaft des Hohlschiebers 35 ist auch hier wieder eine Feder 32 angeordnet, die eine Rückstellung des Hohlschiebers 35 bei einem abnehmenden Steuerdruck im Steuerdruckraum 38 bewirkt. Um eine schnelle und verzögerungsfreie Verstellung des Hohlschiebers 35 bei einem ansteigenden Steuerdruck im Steuerdruckraum 38 sicherzustellen, wird der von der Feder 32 ausgefüllte Bereich zwischen dem Hohlschieber 35 und dem Steuerzylinder 36 durch einen Ablaufkanal 44 entlüftet, so dass sich der Hohlschieber 35 nur gegen die Rückstellkraft der Feder 32 bewegen muss. Je nach Position des Hohlschiebers 35 werden die Ablassventile 41, die über die Drosseln 28, 29 und die Hydraulikmittelleitungen 22, 23 mit den Druckräumen 13, 14 verbunden sind, zunächst geschlossen bevor das jeweils andere Ablassventil dann wieder geöffnet wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 längenverstellbare Pleuelstange
- 2 unteres Pleuelteil
- 3 oberes Pleuelteil
- 4 Pleuelauge
- 5 Lagerschale
- 6 Pleuelkopf
- 7 Pleuelauge
- 8 Kolbenstange
- 9 Verstellkolben
- 10 Zylinder-Kolben-Einheit
- 11 Gehäuse
- 12 Zylinder
- 13 Druckraum
- 14 Druckraum
- 15 Zylinderdeckel
- 16 Stangendichtung
- 17 Kolbendichtung
- 18 Kolbendichtung
- 19 Unterseite
- 20 Zylinderboden
- 21 hydraulische Steuereinrichtung
- 22 Hydraulikmittelleitung
- 23 Hydraulikmittelleitung
- 24 Rückschlagventil
- 25 Rückschlagventil
- 26 Ölversorgung
- 27 3/2-Wegeventil
- 28 Drossel
- 29 Drossel
- 30 Anschlüsse
- 31 Steuerdruckleitung
- 32 Feder
- 33 Abströmkanal
- 34 Schieberventil
- 35 Hohlschieber

- 36 Steuerzylinder
- 37 Steuerschieberkanal
- 38 Steuerdruckraum
- 39 Schieberkopf
- 40 Verschlusskappe
- 41 Ablassventile
- 42 Steuerkontur
- 43 Schraubenbohrung
- 44 Ablaufkanal
- 45 Niederdruckraum
- 46 Pleuelschraube

- A Längsrichtung

Patentansprüche

1. Längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange (1) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) mittels einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) einstellbar ist und die hydraulische Steuereinrichtung (21) einen Steuerzylinder (36) und einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Steuerschieber aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Steuerschieber als Hohlschieber (35) mit einem sich in Längsrichtung des Hohlschiebers (35) durch den Hohlschieber (35) hindurch erstreckenden Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal (37) ausgebildet ist.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Hohlschieber (35) und dem Steuerzylinder (36) ein Steuerdruckraum (38) ausgebildet ist und der Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal (37) in den Steuerdruckraum (38) mündet.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Steuerzylinder (36) weiter ein Niederdruckraum (45) vorgesehen ist und der Hydraulikmittel-Steuerschieberkanal (37) den Niederdruckraum (45) mit dem Steuerdruckraum (38) verbindet.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die hydraulische Steuereinrichtung (21) eine Rückstellfeder (32) aufweist, um den Hohlschieber (35) in einer ersten Ausgangsstellung zu halten oder in die erste Ausgangsstellung rückzustellen, wobei die Rückstellfeder (32) bevorzugt um den Hohlschieber (35) herum angeordnet ist.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlschieber (35) geneigt zur Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) und geneigt zur Normalen der Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) angeordnet ist, bevorzugt in einem Winkel zwischen 15° und 75° angeordnet ist.
6. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die hydraulische Steuereinrichtung (21) mindestens zwei Ablassventile (41) aufweist, wobei die Ablassventile (41) wechselweise von dem Hohlschieber (35) ansteuerbar sind, wobei vorzugsweise der Hohlschieber (35) eine Schaltkontur (42) aufweist, um die Ablassventile (41) wechselweise anzusteuern.
7. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Pleuelteile (2, 3) vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil (3) das erste Pleuelauge (7) und das zweite Pleuelteil (2) das zweite Pleuelauge (4) aufweist und das erste Pleuelteil (3) zur Verstellung des Abstands zwischen Kolbenbolzen und Kurbelwellenzapfen gegenüber dem zweiten Pleuelteil (2) in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar bewegbar ist.
8. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine mit der hydraulischen Steuereinrichtung (21) hydraulisch verbundene Zylinder-Kolben-Einheit (10) vorgesehen ist, um das erste Pleuelteil (3) relativ zum zweiten Pleuelteil (2) zu bewegen, wobei das erste Pleuelteil (3) mit einem Verstellkolben (9) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) verbunden ist und das zweite Pleuelteil (2) eine Zylinderbohrung (12) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) aufweist.
9. Verwendung einer längenverstellbaren Pleuelstange (1) mit einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) in einem Kolbenmotor, wobei die hydraulische Steuereinrichtung (21) einen Steuerzylinder (36) und einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Hohlschieber (35) aufweist mit einem sich in Schieberlängsrichtung des

Hohlschiebers (35) durch den Hohlschieber (35) hindurch erstreckenden Hydraulikmittel-
Steuerschieberkanal (37).

10. Kolbenmotor mit mindestens einem Motor-Zylinder, einem sich in dem Motor-Zylinder bewegenden Hubkolben und mindestens einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in dem Motor-Zylinder, sowie mit einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

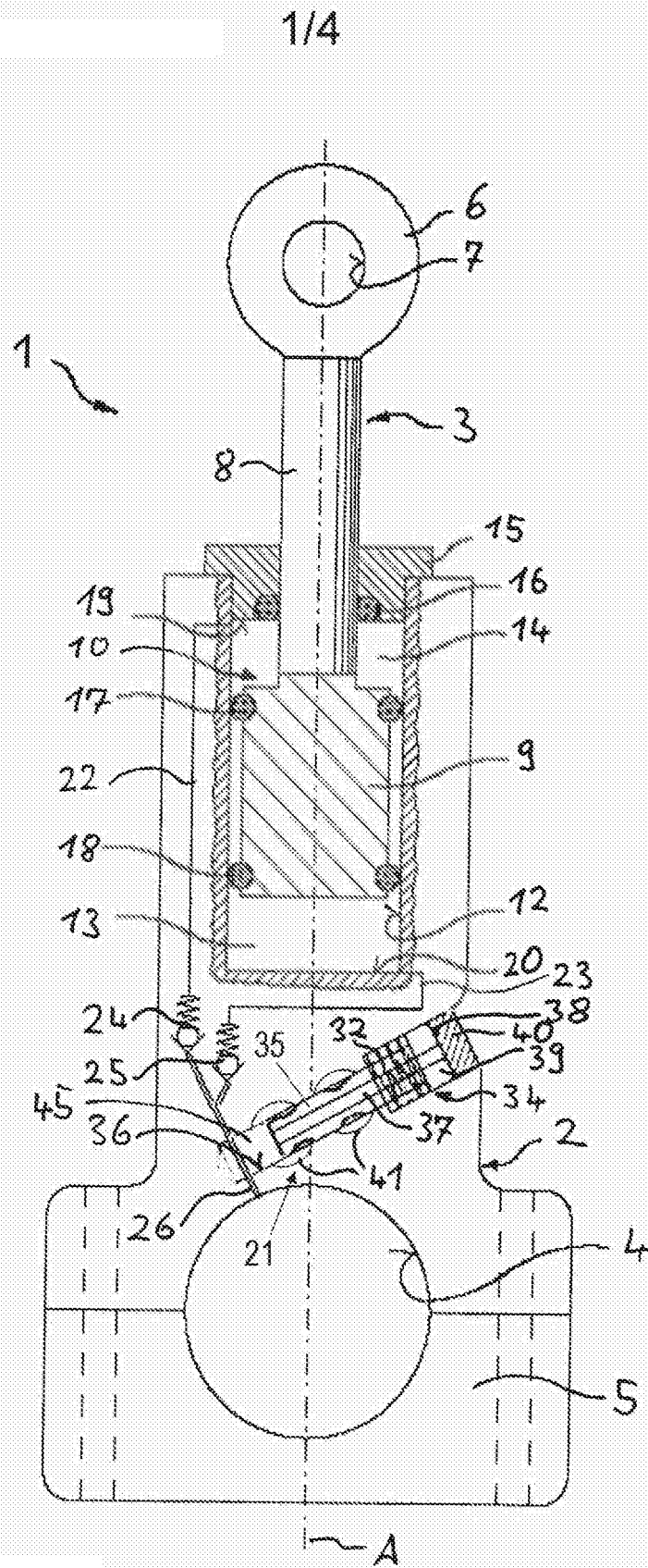
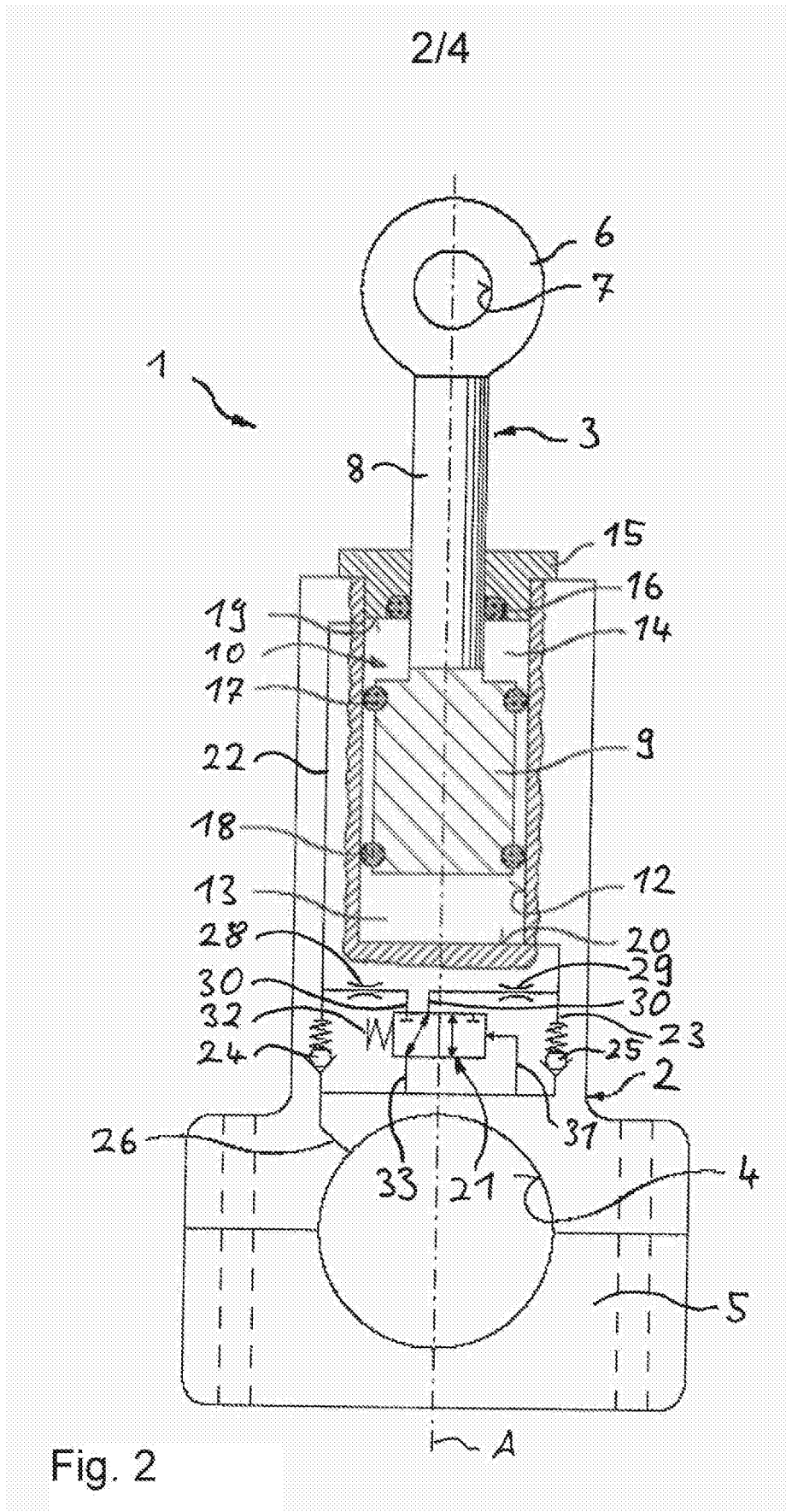


Fig. 1



3/4

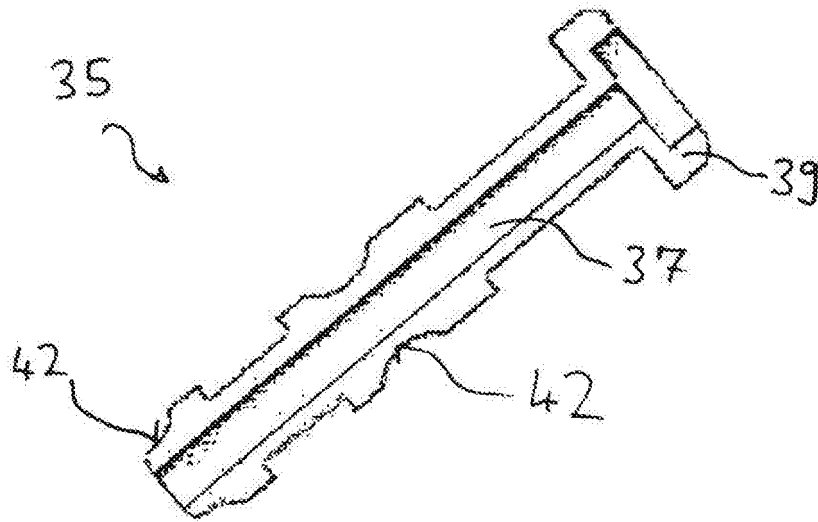


Fig. 3

4/4

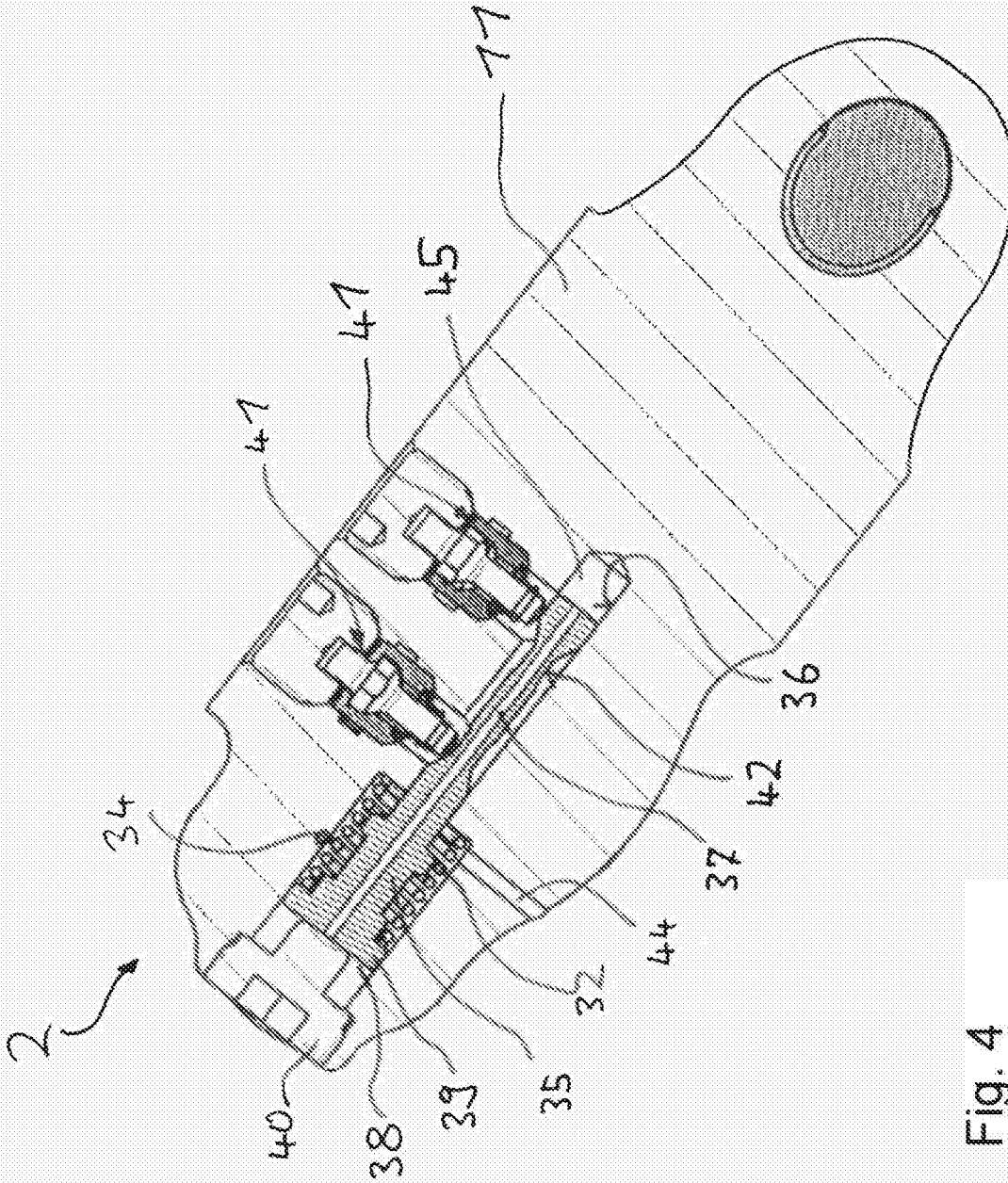


Fig. 4