(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 521159 A4 2019-11-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50871/2018
(22) Anmeldetag: 08.10.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2019

(51) Int. Cl.: ***F02B 75/04*** (2006.01)
F16C 7/06 (2006.01)
F02D 15/02 (2006.01)
F16K 31/12 (2006.01)
F16K 31/44 (2006.01)
F16K 31/524 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2018060457 A1
AT 518563 A1
EP 1426584 A1
DE 102005055199 A1
WO 2013092364 A1
WO 2015055582 A2

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

(72) Erfinder:
Heller Malte
81243 München (DE)
Arens Kai Dr.
81377 München (DE)
Riba Zóltan
82140 Olching (DE)
Bodensteiner Martin
80336 München (DE)
Latz Steffen
81669 München (DE)
Kometter Bernhard Dipl.Ing.
8111 Judendorf (AT)
Melde-Tuczai Helmut Dipl.Ing.
8042 Graz (AT)

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

(54) Hydraulisches Steuerventil für eine längenverstellbare Pleuelstange mit einem stirnseitigen Steuerkolben

(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) mit hydraulischem Steuerventil (34) einstellbar ist. Das hydraulische Steuerventil (34) weist einen Steuerzylinder (36) und einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Steuerschieber (35) und mindestens ein vom Steuerschieber (35) betätigbares Ablassventil (41, 42) auf. Dabei weist der Steuerschieber (35) einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) auf, mit einer dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbaren Steuerdruckfläche (46), die einen Steuerdruckraum (38) im Steuerzylinder (36) begrenzt.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung die Verwendung einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange (1) mit einer hydraulischen Steuereinrichtung in einem Kolbenmotor sowie einen entsprechenden Kolbenmotor.

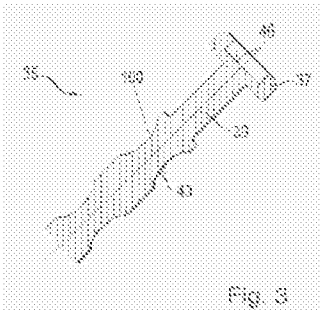


Fig. 3

AT 521159 A4 2019-11-15

Zusammenfassung

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) mit hydraulischem Steuerventil (34) einstellbar ist. Das hydraulische Steuerventil (34) weist einen Steuerzylinder (36) und einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Steuerschieber (35) und mindestens ein vom Steuerschieber (35) betätigbares Ablassventil (41, 42) auf. Dabei weist der Steuerschieber (35) einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) auf, mit einer dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbaren Steuerdruckfläche (46), die einen Steuerdruckraum (38) im Steuerzylinder (36) begrenzt. Darüber hinaus betrifft die Erfindung die Verwendung einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange (1) mit einer hydraulischen Steuereinrichtung in einem Kolbenmotor sowie einen entsprechenden Kolbenmotor.

Fig. 3

Hydraulisches Steuerventil für eine längenverstellbare Pleuelstange mit einem stirnseitigen Steuerkolben

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.

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.

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 Pleuellänge 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.

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.

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.

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.

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.

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 Innendrücke 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.

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

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Steuerschieber einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben aufweist, wobei der Steuerkolben eine dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche aufweist, die einen Steuerdruckraum im Steuerzylinder begrenzt. Dieser Aufbau des hydraulischen Steuerventils ermöglicht neben der einfachen Konstruktion auch eine sichere Funktion und exakte Steuerung der längenverstellbaren Pleuelstange. Durch die stirnseitige Anordnung des Steuerkolbens kann der Steuerzylinder als einfache Stufenbohrung und die Hydraulikmittelkanäle können als einfache Bohrungen

ausgebildet sein. Weiter ermöglicht der stirnseitig angeordnete Steuerkolben eine eindeutige Trennung zwischen dem mindestens einem Ablassventil und dem Steuerdruckraum zur Betätigung des Steuerschiebers. Durch den erfindungsgemäßen Aufbau des Steuerschiebers für das hydraulische Steuerventil der längenverstellbaren Pleuelstange können die Anforderungen an die Toleranzen der Bauteile des Steuerventils sowie der Abdichtung des Steuerkolbens gegenüber dem Steuerzylinder gering gehalten werden. Für einen konstruktiv einfachen Aufbau des Steuerschiebers kann die dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche stirnseitig an dem Steuerkolben des Steuerschiebers angeordnet sein. Dies ermöglicht eine Drainage des zugeordneten Niederdruckraums auf der Innenseite des Steuerkolbens über die vorhandene Drainage des mindestens einen Ablassventils. Alternativ kann die Steuerdruckfläche auch rückseitig des stirnseitig angeordneten Steuerkolbens vorgesehen sein, wobei zur Führung einer optionalen Rückstellfeder stirnseitig ein Führungsvorsprung ausgebildet sein kann.

In einer zweckmäßigen Ausbildung kann der Steuerschieber einen Schieberstößel aufweisen, wobei der Schieberstößel sich ausgehend von dem stirnseitig angeordneten Steuerkolben in den Steuerzylinder erstreckt, um das mindestens eine Ablassventil zu betätigen. Ein solcher pilzförmiger Steuerschieber mit einem kopfseitigen Steuerkolben und einem stielartigen Schieberstößel ermöglicht eine einseitige Montage des hydraulischen Steuerventils durch eine einzelne Öffnung in der längenverstellbaren Pleuelstange. Darüber hinaus erleichtert ein solcher Steuerschieber eine Vormontage mehrerer Komponenten oder des gesamten Steuerventils, wodurch sich die Herstellungskosten reduzieren lassen. Der fußseitige Schieberstößel des Steuerschiebers ermöglicht neben einer einfachen Ansteuerung des mindestens einen Ablassventils auch eine direkte Übertragung der axialen Bewegung des Steuerschiebers in eine Hubbewegung der Ablassventile. Für eine besonders einfache Übertragung der axialen Bewegung kann der Steuerstößel eine Schaltkontur aufweisen, um das mindestens eine Ablassventil zu betätigen. Dabei kann die Schaltkontur als gerade oder schräg verlaufende Abflachung des Schieberstößels mit oder ohne Vertiefungen und Vorsprünge ausgebildet sein.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass mindestens zwei vom Steuerschieber betätigbare Ablassventile vorgesehen sind, wobei die mindestens zwei Ablassventile bevorzugt wechselweise betätigbar sind. Je nach Stellung des Steuerschiebers ist eines der zwei Ablassventile geöffnet, so dass Hydraulikmittel entweder aus der ersten Druckkammer oder der zweiten Druckkammer der Steuereinrichtung, insbesondere einer doppelt wirkenden Zylinder-Kolben-Einheit, der längenverstellbaren Pleuelstange entweichen kann. Währenddessen kann

sich die andere Druckkammer gleichzeitig mit Hydraulikmittel füllen, 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 dieser Druckkammer wird aus der geöffneten Druckkammer zunehmend Hydraulikmittel abgeführt, wodurch sich die Pleuellänge der längenverstellbaren Pleuelstange ändert. Je nach Ausgestaltung des Verstellmechanismus, 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.

Für eine sichere Funktion und einen einfachen Aufbau der Ablassventile können die mindestens zwei Ablassventile geneigt zur Steuerschieberachse, bevorzugt senkrecht zur Steuerschieberachse, angeordnet sein. Dabei bezieht sich die Anordnung der Ablassventile auf die Öffnungsrichtung der Ventilkörper in den Ablassventilen. Diese geneigte Anordnung der Ablassventile ermöglicht neben einer einfachen Bauweise des hydraulischen Steuerventils auch insgesamt geringe Abmessungen der Pleuelstange mit einer entsprechenden Massenreduktion. Des Weiteren können durch die geneigte Anordnung der Ablassventile störende Einflüsse der Ablassventile auf weitere Komponenten des hydraulischen Steuerventils minimiert werden sowie negative Einflüsse der Trägheit des Hydraulikmittels in den Hydraulikmittelkanälen und den Komponenten der hydraulischen Steuereinrichtung berücksichtigt werden.

In einer alternativen Ausbildung können die mindestens zwei Ablassventile auf gegenüberliegenden Seiten der Steuerschieberachse, bevorzugt senkrecht zur Steuerschieberachse angeordnet sein. Die gegenüberliegende Anordnung der Ablassventile ermöglicht eine sehr kompakte Bauweise des hydraulischen Steuerventils und damit auch eine sehr schlanke Ausbildung der Pleuelstange.

Günstigerweise können die mindestens zwei Ablassventile wechselweise von dem Steuerschieber betätigbar sein. Dies ermöglicht eine sichere Funktion der hydraulischen Steuereinrichtung mit einer wechselweisen Entleerung der zugeordneten Druckräume, bzw. Befüllung des zweiten anderen Druckraums, sowie das sichere Positionieren der Pleuelstange in der eingestellten Längenposition.

Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die hydraulische Steuereinrichtung eine Rückstellfeder aufweist, um den Steuerschieber in einer ersten Ausgangsstellung zu halten oder in die erste Ausgangsstellung zurückzustellen, wobei die Rückstellfeder bevorzugt um den Steuerschieber herum angeordnet ist. Die Rückstellfeder ermöglicht es, in dem hydraulischen Steuerventil zwei unterschiedliche Schaltstellungen vorzusehen, ohne einen aktiven Rückstellmechanismus, zusätzliche Druckkammern oder Versorgungsleitungen bereitzustellen. Dadurch können die Herstellungskosten gering gehalten werden, bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Funktionssicherheit. Weiterhin kann eine solche Rückstellfeder in einfacher Weise an unterschiedliche Steuerdrücke oder Anwendungen des Steuerventils 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 das Steuerventil und gleichzeitig auch den Herstellungsaufwand. Alternativ kann die Rückstellfeder auch zwischen dem Steuerkolben und dem stirnseitigen Ende des Steuerzylinders, beispielswiese eines Zylinderdeckels, angeordnet sein.

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°. Die geneigte Anordnung des Steuerschiebers 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 die geneigte Anordnung des Steuerschiebers auch störende Einflüsse auf die weiteren Komponenten der hydraulischen Steuereinrichtung und der längenverstellbaren Pleuelstange minimiert werden, deren Funktion, insbesondere durch die bei hohen Drehzahlen stark ansteigenden Massenkräfte, beeinträchtigt sein kann.

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 zweie 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 Kolbenstange 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.

Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung einer längenverstellbaren Pleuelstange mit einem hydraulischen Steuerventil in einem Kolbenmotor, wobei das hydraulische Steuerventil der Steuereinrichtung einen Steuerzylinder, und einen in dem Steuerzylinder verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Steuerschieber sowie mindestens zwei Ablassventile aufweist, wobei der Steuerschieber einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben aufweist und der Steuerkolben eine dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche aufweist, die einen Steuerdruckraum im Steuerzylinder begrenzt. Der in dem Steuerzylinder des hydraulischen Steuerventils verschiebbar geführte Steuerschieber ermöglicht über den stirnseitig angeordneten Steuerkolben neben einer kostengünstigen Herstellung und Montage des Steuerschiebers auch einen sicheren Betrieb des hydraulischen Steuerventils in der längenverstellbaren Pleuelstange. Dabei erleichtern die an dem stirnseitigen Steuerkolben angeordnete, dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche, und der von der Steuerdruckfläche begrenzte Steuerdruckraum im Steuerzylinder eine sichere Funktion des hydraulischen Steuerventils.

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.

Im Folgenden werden nicht einschränkende Ausführungsformen der Erfindung anhand beispielhafter Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer teilweise freigeschnittenen erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange,

Fig. 2 eine schematische Ansicht der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 mit einer schematischen Darstellung des hydraulischen Steuerventils,

Fig. 3 eine Schnittansicht des Steuerschiebers des hydraulischen Steuerventils aus Fig. 1,

Fig. 4 eine Schnittansicht durch ein hydraulisches Steuerventil für die längenverstellbare Pleuelstange aus Fig. 1 quer zur Längsrichtung der Pleuelstange,

Fig. 5 eine Schnittansicht durch ein weiteres hydraulisches Steuerventil für die längenverstellbare Pleuelstange aus Fig. 1 quer zur Längsrichtung der Pleuelstange und

Fig. 6 eine Schnittansicht durch ein anderes hydraulisches Steuerventil für die längenverstellbare Pleuelstange aus Fig. 1 quer zur Längsrichtung der Pleuelstange.

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.

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.

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-, bzw. Beschleunigungs- 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.

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 Rückstellfeder 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 14, 13 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.

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 Rückstellfeder 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 14, 13 eine Sogwirkung, durch die sich das zugehörige Rückschlagventil 24, 25 öffnet, so dass sich der bisher leere Druckraum 14, 13 mit Motoröl füllt. Mit zunehmender Füllung dieses Druckraums 14, 13 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 14, 13 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.

Die in Fig. 1 gezeigte hydraulische Steuereinrichtung 21 weist ein als Schieberventil ausgebildetes hydraulisches Steuerventil 34 mit einem Steuerzylinder 36 und einem in dem Steuerzylinder 36 verschiebbar angeordneten pilzförmigen Steuerschieber 35 auf. Der Steuerschieber 35 weist einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben 37 auf, der zusammen mit dem Steuerzylinder 36 einen stirnseitig des Steuerschiebers 35 angeordneten Steuerdruckraum 38 ausbildet. Der Steuerzylinder 36 ist als eine gegenüber der Längsrichtung A der Pleuelstange 1

und auch gegenüber der Normalen zur Längsrichtung A der Pleuelstange 1 geneigten Stufenbohrung im Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 ausgebildet. Am offenen Ende des Steuerzylinders 36 ist eine Verschlusskappe 47 vorgesehen, die den Steuerdruckraum 38 zur Umgebung hin abdichtet. Der Steuerdruckraum 38 wird über die Steuerdruckleitung 31 von dem Ölversorgungskanal 26 mit unter Steuerdruck stehendem Hydraulikmittel versorgt. Auf der dem Steuerdruckraum 38 abgewandten Rückseite des stirnseitigen Steuerkolbens 37 erstreckt sich ein Schieberstößel 39, in dem als Niederdruckraum 45 ausgebildeten unteren Ende des Steuerzylinders 36, weshalb zwischen dem stirnseitigen Steuerkolben 37 und dem Steuerzylinder 36 eine berührende oder kontaktlose Dichtung vorgesehen ist. An einem dem Steuerkolben 37 zugewandten oberen Abschnitt des Schieberstößels 39 ist um den Schieberstößel 39 herum die Rückstellfeder 32 angeordnet, während am unteren Ende des Schieberstößels 39 eine Schaltkontur 40 zum Öffnen und Schließen der Ablassventile 41, 42 ausgebildet ist, um mit möglichst geringem Kraftaufwand den jeweiligen Ventilkörper 43 aus dem Ventilsitz 44 des ersten und zweiten Ablassventils 41, 42 gleichmäßig abzuheben und das jeweilige Ablassventil 41, 42 zu öffnen.

Fig. 3 zeigt eine vergrößerte Schnittansicht Steuerschiebers 35 aus dem in Fig. 1 dargestellten Schieberventil 34. Dabei ist der Kopf dieses pilzförmigen Steuerschiebers 35 als Steuerkolben 37 ausgebildet mit einer stirnseitigen Vertiefung zur Reduzierung der Masse des Steuerschiebers 35 und Vergrößerung des stirnseitig im Steuerzylinder 36 liegenden Steuerdruckraums 38. Der Schaft des Steuerschiebers 35 weist im oberen Bereich einen oberen Abschnitt mit einem geringen Durchmesser auf, um den herum die Rückstellfeder 32 angeordnet ist, sowie einen unteren vorderen Bereich mit einer Schaltkontur 40 auf, die neben einer Führung des Steuerschiebers 35 mit umlaufenden Vertiefungen versehen ist, die mit den beiden Ablassventilen 41, 42 in Eingriff stehen, um die zugeordneten Druckräume 13, 14 abwechselnd vom geschlossenen Zustand aus zu öffnen.

Bei einer Versorgung des Steuerdruckraums 38 über den Ölversorgungskanal 26 und die Steuerdruckleitung 31 mit einem unter hohem Steuerdruck stehenden Hydraulikmittel, erhöht sich der Druck im Steuerdruckraum 38 und drückt den Steuerschieber 35 in Richtung der Steuerschieberachse 100 in den Steuerzylinder 36 gegen die Vorspannung der Rückstellfeder 32, die sich an einer Stufe im Steuerzylinder 36 abstützt, in das untere Ende des Steuerzylinders 36, um gleichzeitig das erste Ablassventil 41 zu öffnen und das zweite Ablassventil 42 zu schließen. Zwischen dem Schieberstößel 39 des Steuerschiebers 35 und dem Steuerzylinder 36 ist hier der Niederdruckraum 45 ausgebildet, über den das aus dem oberen Druckraum 14

über das geöffnete erste Ablassventil 41 ausströmende Hydraulikmittel an die Umgebung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 abgeführt wird. Alternativ kann der Niederdruckraum 45 auch mit dem Ölversorgungskanal 26 verbunden sein, um das ausströmende Motoröl direkt zur Befüllung des unteren Druckraums 13 bereitzustellen. In der in Fig. 1 dargestellten Vorzugslage des hydraulischen Steuerventils 34 liegt über den Ölversorgungskanal 26 und der Steuerdruckleitung 31 im Steuerdruckraum 38 nur ein geringer hydraulischer Steuerdruck an, so dass die von der Rückstellfeder 32 auf den Steuerkolben 37 wirkende Kraft größer ist als die von dem Hydraulikmittel im Steuerdruckraum 38 auf die Steuerdruckfläche 46 wirkende Kraft des unter geringem Steuerdruck stehenden Hydraulikmittels. In dieser Stellung drückt die Schaltkontur 40 den Ventilkörper 43 des ersten Ablassventils 41 aus seinem Ventilsitz 44. Durch dieses geöffnete erste Ablassventil 41 strömt dann das Hydraulikmittel aus dem oberen Druckraum 14 über die Hydraulikmittelleitung 22 in das Ablassventil 41 und von dort über den Niederdruckraum 45 in den Ölversorgungskanal 26 oder direkt in die Umgebung der längenverstellbaren Pleuelstange 1. Gleichzeitig ist das zweite Ablassventil 42 geschlossen, so dass der untere Druckraum 13 dauerhaft gesperrt ist und das über den Ölversorgungskanal 26 und das Rückschlagventil 25 in den unteren Druckraum 13 einströmende Motoröl den Verstellkolben 9 der Zylinder-Kolben-Einheit 10 in Richtung des Zylinderdeckels 15 drückt, bis die lange Stellung der Pleuelstange 1 erreicht ist. Wie in Fig. 2 gezeigt, können die Anschlüsse 30 der Hydraulikmittelleitungen 22, 23 an den Ablassventilen 41, 42 gedrosselt sein, um ein zu schnelles, unkontrolliertes Ausströmen des Motoröls aus den Druckräumen 13, 14 zu vermeiden.

In Fig. 4 ist ein Schnitt durch eine längenverstellbare Pleuelstange 1 mit einer anderen Variante des Steuerventils 34 gezeigt. Die Schnittansicht verläuft dabei in Schieberlängsrichtung des Steuerschiebers 35 quer zur Längsrichtung A der längenverstellbaren Pleuelstange 1 und durch die Ablassventile 41, 42 hindurch. Sehr deutlich ist in dieser Schnittansicht neben dem Schieberventil 34 und den beiden Ablassventilen 41, 42 auch die Schraubenbohrung 48 durch das Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 zu erkennen, die zur Aufnahme einer Pleuelschraube 49 dient, mit denen die Lagerschale 5 am unteren Bereich des Gehäuses 11 befestigt wird. Der in dem Steuerzylinder 36 verschiebbar geführte Steuerschieber 35 weist auch in dieser Ausführungsform wieder einen stirnseitigen Steuerkolben 37 und einen sich in den Niederdruckraum 45 am unteren Ende des Steuerzylinders 36 erstreckenden Schieberstößel 39 mit einer Schaltkontur 40 auf. Um den oberen Abschnitt des Schieberstößels 39 ist auch hier wieder eine Rückstellfeder 32 angeordnet, die eine Rückstellung des Steuerschiebers 35 bei einem abnehmenden Steuerdruck im Steuerdruckraum 38 bewirkt. Der Steuerdruckraum 38

erstreckt sich in dem Steuerzylinder 36 von der stirnseitigen Steuerdruckfläche 46 des Steuerkolbens 37 bis zur Verschlusskappe 47. Um eine schnelle und verzögerungsfreie Verstellung des Steuerschiebers 35 bei einem ansteigenden Steuerdruck im Steuerdruckraum 38 sicherzustellen, wird der von der Rückstellfeder 32 ausgefüllte Bereich zwischen dem Steuerschieber 35 und dem Steuerzylinder 36 durch einen Ablaufkanal 50 entlüftet, so dass sich der Steuerschieber 35 bei einem hohen Steuerdruck im Steuerdruckraum 38 nur gegen die Rückstellkraft der Rückstellfeder 32 bewegen muss. Je nach Position des Steuerschiebers 35 werden die Ablassventile 41, 42, die über entsprechende Drosseln 28, 29 und die Hydraulikmittelleitungen 22, 23 mit den Druckräumen 13, 14 verbunden sind (siehe Fig. 2), wechselweise geöffnet und geschlossen.

Eine weitere Variante des hydraulischen Steuerventils 34 ist in Fig. 5 dargestellt. Im Gegensatz zu den in den Fig. 1 und 4 dargestellten Steuerventilen 34 ist der Steuerdruckraum 38 hier auf der Rückseite des stirnseitigen Steuerkolbens 37 und die Rückstellfeder 32 zwischen dem Steuerkolben 37 und der Verschlusskappe 47 angeordnet. Auch hier ist der die Rückstellfeder 32 aufnehmende Niederdruckraum 45 über einen Ablaufkanal 50 entlüftet, um eine schnelle und verzögerungsfreie Verstellung des Steuerschiebers 35 bei einem ansteigenden Steuerdruck im Steuerdruckraum 38 sicherzustellen. In der in Fig. 5 dargestellten Stellung des hydraulischen Steuerventils 34 liegt über dem Ölversorgungskanal 26 und der Steuerdruckleitung 31 (siehe Fig. 2) im Steuerdruckraum 38 ein hoher hydraulischer Steuerdruck an, der auf die ringförmige Steuerdruckfläche 46 des Steuerkolbens 37 wirkt. Dabei ist die von dem Hydraulikmittel auf die Steuerdruckfläche 46 des Steuerkolbens 37 einwirkende Kraft größer als die von der Rückstellfeder 32 auf den Steuerschieber 35 wirkende Vorspannkraft. Daher öffnet die Schaltkontur 40 des Schieberstößels 39 hier das zweite Ablassventil 42, wobei die Schaltkontur 40 den Ventilkörper 43 des zweiten Ablassventils 42 aus seinem Ventilsitz 44 drückt. Durch dieses geöffnete zweite Ablassventil 42 strömt Hydraulikmittel aus dem unteren Druckraum 13 über die Hydraulikmittelleitung 23 in das Ablassventil 42 und von dort über ein in den Steuerzylinder 36 mündeten Drainagekanal (nicht gezeigt) in den Ölversorgungskanal 26 oder in die Umgebung der längenverstellbaren Pleuelstange 1. Gleichzeitig ist das erste Ablassventil 41 geschlossen, so dass der obere Druckraum 14 hydraulisch gesperrt ist und das über den Ölversorgungskanal 26 und das Rückschlagventil 24 in den oberen Druckraum 14 einströmende Motoröl den Verstellkolben 9 der Zylinder-Kolben-Einheit 10 in Richtung des Zylinderbodens 20 drückt, bis die kurze Stellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 erreicht ist.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform des hydraulischen Steuerventils 34 für die in Fig. 1 dargestellte längenverstellbare Pleuelstange 1. Auch hier verläuft die Schnittansicht in Schieberlängsrichtung des Steuerschiebers 35 quer zur Längsrichtung A der längenverstellbaren Pleuelstange 1 und durch die Ablassventile 41, 42 hindurch. Wie auch in den Ausführungsformen aus Fig. 1 und 4 ist hier die Steuerdruckfläche 46 des stirnseitigen Steuerkolbens 37 an der Außenseite des Steuerschiebers 35 angeordnet, so dass sich der Steuerdruckraum 38 zwischen dem Steuerkolben 37 und der Verschlusskappe 47 des Steuerzylinders 36 ausbildet. Die Rückstellfeder 32 ist gleichfalls wieder auf der Rückseite des Steuerkolbens 37 im Niederdruck 35 um den Schieberstößel 39 herum angeordnet. Für weitere Details des konstruktiven Aufbaus des Steuerventils 34 und der Funktionsweise der Ablassventile 41, 42 wird auf die Fig. 1 und 4 verwiesen. Im Unterschied zu den Varianten des Steuerventils 34 in Fig. 1 und 4 sind die Ablassventile 41, 42 gegenüberliegend angeordnet, so dass die Ablassventile 41, 42 vom selben Abschnitt des Schieberstößels 39 betätigt werden. Der Schieberstößel 39 ist die Schaltkontur 40 im Bereich der Ablassventile 41, 42 als schräg verlaufendes, abgeflachtes Profil ausgebildet, mit dem wechselweise die Ablassventile 41, 42 geöffnet und geschlossen werden. Die gegenüberliegende Anordnung der Ablassventile 41, 42 ermöglicht einen sehr kurzen Schieberstößel 39 bzw. Steuerscheiber 35 und damit eine sehr schlanke Konstruktion der längenverstellbaren Pleuelstange 1.

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	Rückstellfeder
33	Abströmkanal
34	Steuerventil

35 Steuerschieber
36 Steuerzylinder
37 Steuerkolben
38 Steuerdruckraum
39 Schieberstößel
40 Schaltkontur
41 Ablassventil
42 Ablassventil
43 Ventilkörper
44 Ventilsitz
45 Niederdruckraum
46 Steuerdruckfläche
47 Verschlusskappe
48 Schraubenbohrung
49 Pleuelschraube
50 Ablaufkanal
100 Steuerschieberachse
A Längsrichtung

Ansprüche

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 Steuereinrichtung (21) mit hydraulischem Steuerventil (34) einstellbar ist und das hydraulische Steuerventil (34) einen Steuerzylinder (36), einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbaren Steuerschieber (35) und mindestens ein vom Steuerschieber (35) betätigbares Ablassventil (41, 42) aufweist,
   dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerschieber (35) einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) aufweist, wobei der Steuerkolben (37) eine dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche (46) aufweist, die einen Steuerdruckraum (38) im Steuerzylinder (36) begrenzt.

2. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, dass die dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche (46) stirnseitig an dem Steuerkolben (37) des Steuerschiebers (35) angeordnet ist.

3. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1 oder 2,
   dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerschieber (35) einen Schieberstößel (39) aufweist, wobei der Schieberstößel (39) sich von dem stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) durch den Steuerzylinder (36) erstreckt, um das mindestens eine Ablassventil (41, 42) zu betätigen.

4. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 3,
   dadurch gekennzeichnet, dass der Schieberstößel (39) sich in Richtung der Steuerschieberachse (100) durch den Steuerzylinder (36) erstreckt, wobei der Schieberstößel (39) bevorzugt rotationssymmetrisch zur Steuerschieberachse (100) ausgebildet ist.

5. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 3 oder 4,
   dadurch gekennzeichnet, dass der Schieberstößel (39) eine Schaltkontur (40) aufweist, um das mindestens eine Ablassventil (41, 42) zu betätigen.

6. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass mindestens zwei vom Steuerschieber (35) betätigbare Ablassventile (41, 42) vorgesehen sind.

7. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mindestens zwei Ablassventile (41, 42) geneigt zur Steuerschieberachse (100), bevorzugt senkrecht zur Steuerschieberachse (100) angeordnet sind.

8. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mindestens zwei Ablassventile (41, 42) auf gegenüberliegenden Seiten der Steuerschieberachse (100) angeordnet sind, bevorzugt senkrecht zur Steuerschieberachse (100) angeordnet sind.

9. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mindestens zwei Ablassventile (41, 42) wechselweise von dem Steuerschieber (35) betätigbar sind.

10. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass die hydraulische Steuereinrichtung (21) eine Rückstellfeder (32) aufweist, um den Steuerschieber (35) in einer ersten Ausgangsstellung zu halten oder in die erste Ausgangsstellung rückzustellen, wobei die Rückstellfeder (32) bevorzugt um den Steuerschieber (35) herum angeordnet ist.

11. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Steuerschieber (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.

12. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass zwei Pleuelteile (2, 3) vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil (3) das erstes 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.

13. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 12,
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.

14. Verwendung einer längenverstellbaren Pleuelstange (1) mit einem hydraulischen Steuerventil (34) in einem Kolbenmotor, wobei das hydraulisches Steuerventil (34) der Steuereinrichtung (21) einen Steuerzylinder (36), einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Steuerschieber (35) und mindestens zwei Ablassventile (41, 42) und der Steuerschieber (35) einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) aufweist, wobei der Steuerkolben (37) eine dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche (46) aufweist, die einen Steuerdruckraum (38) im Steuerzylinder (36) begrenzt.

15. 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 13.

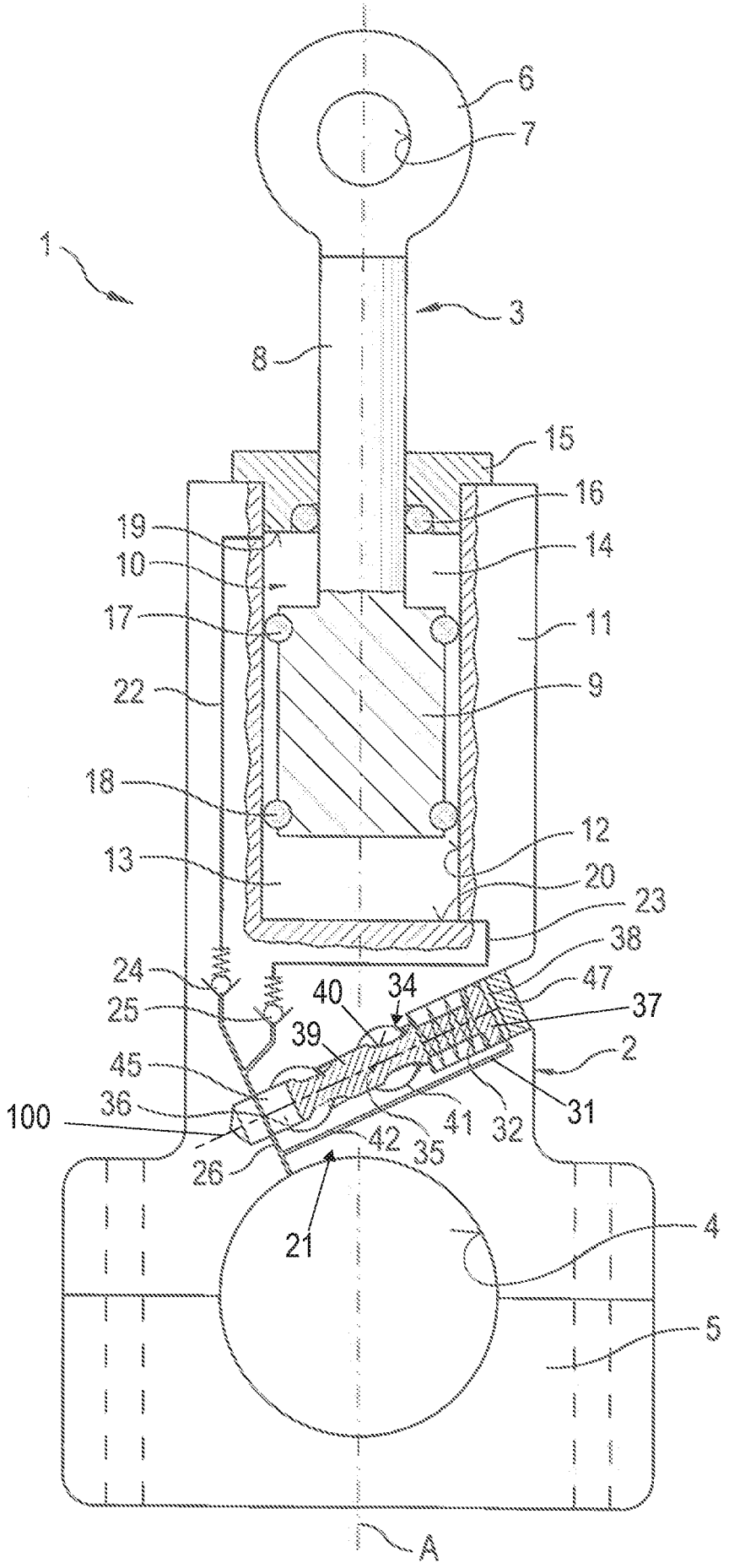

6
7
1
3
8
15
16
19
14
10
17
11
22
9
18
12
13
20
23
38
24
47
40
34
37
25
39
2
45
31
36
41
32
100
42
35
26
21
4
5
A

Fig. 1

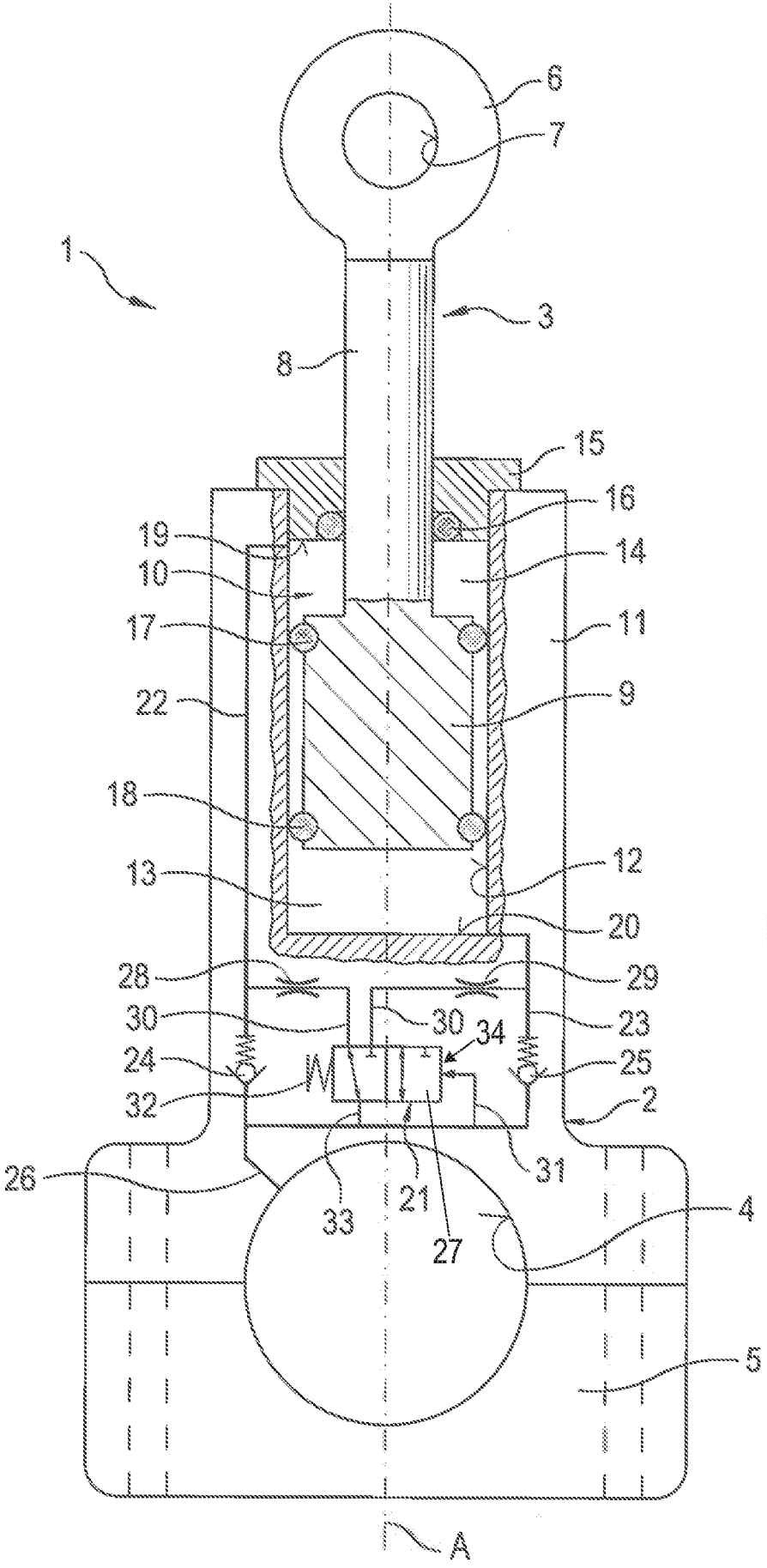

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
30
31
32
33
34
A

Fig. 2

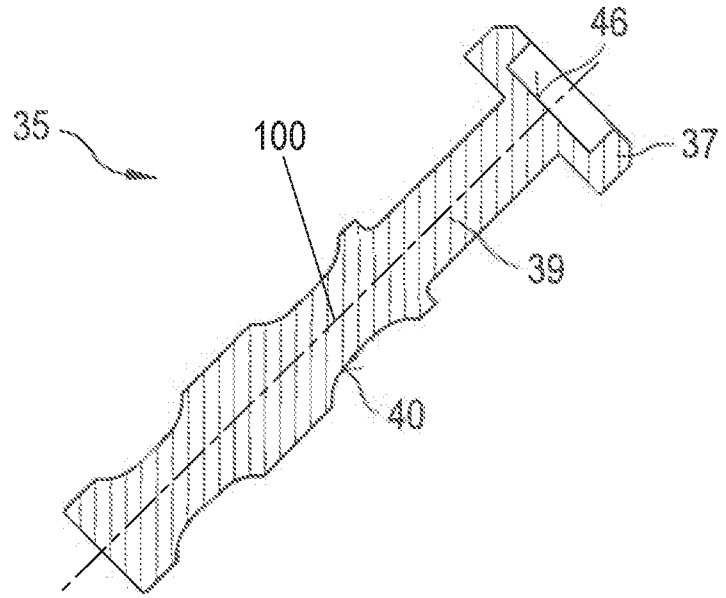

46
35
100
37
39
40

Fig. 3

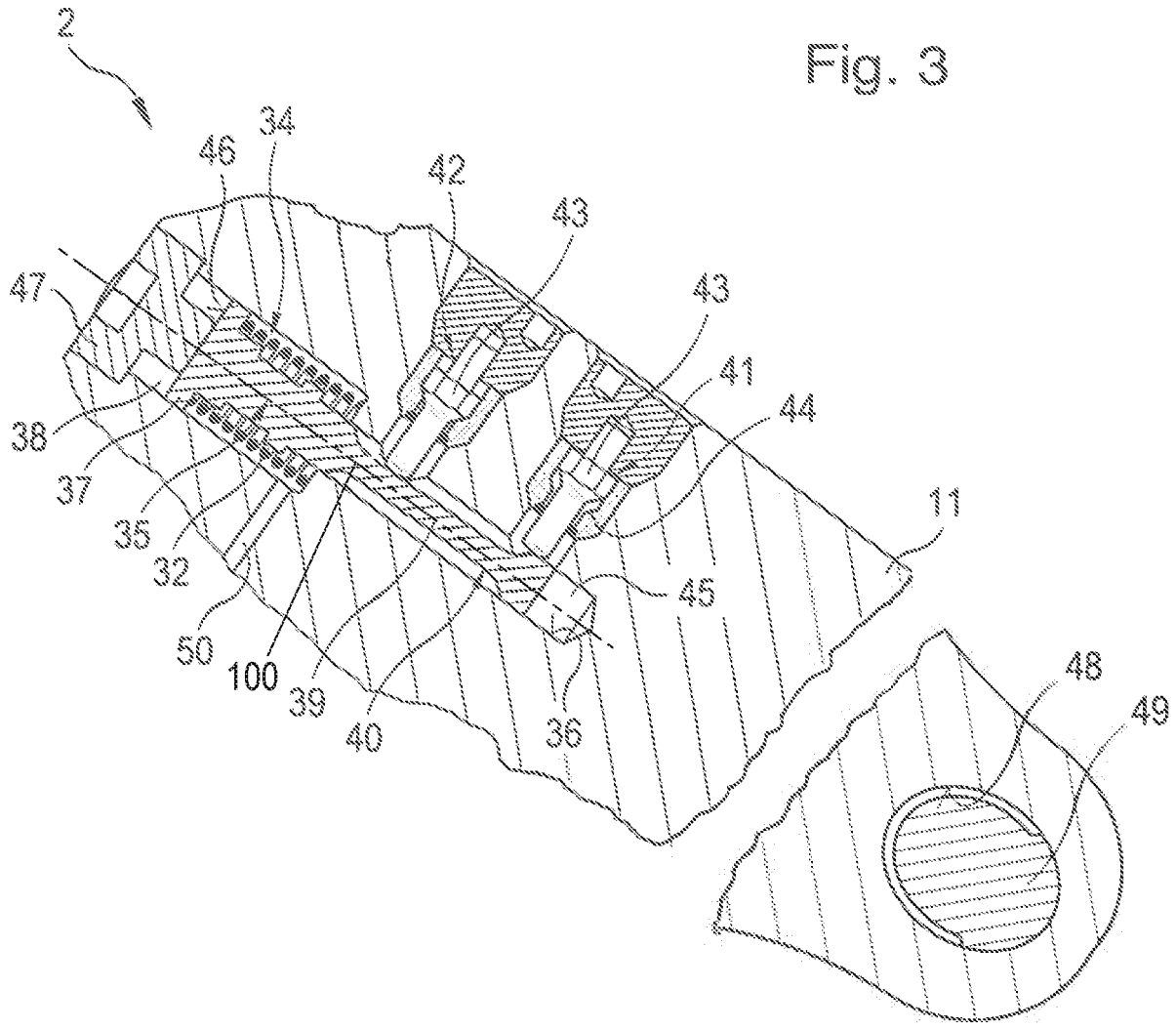

2
46
34
42
43
47
43
41
44
38
37
35
32
11
45
50
100
39
40
36
48
49

Fig. 4

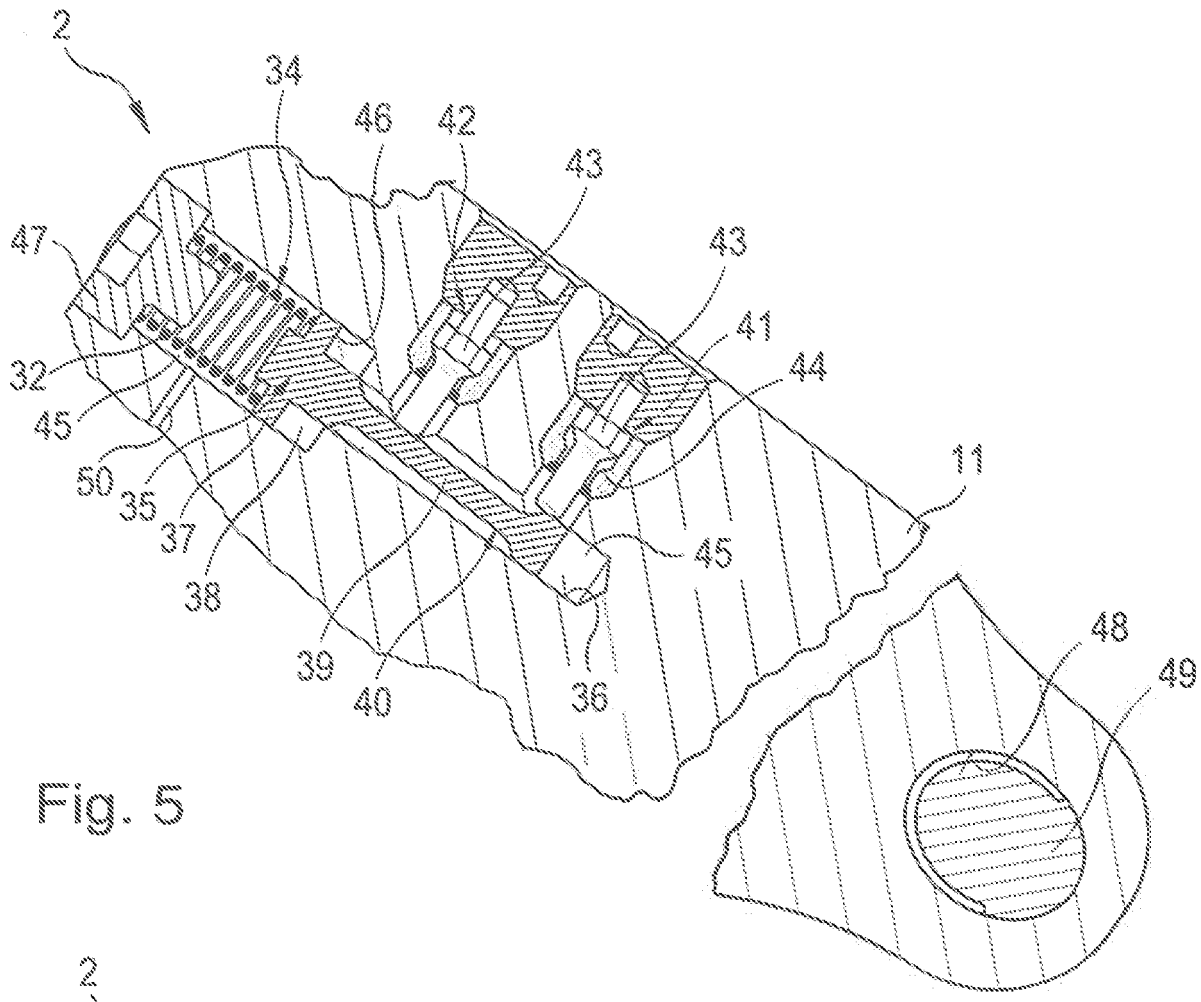

2
34
46
42
43
47
43
41
44
32
45
50
35
37
38
39
40
36
45
11
48
49

Fig. 5

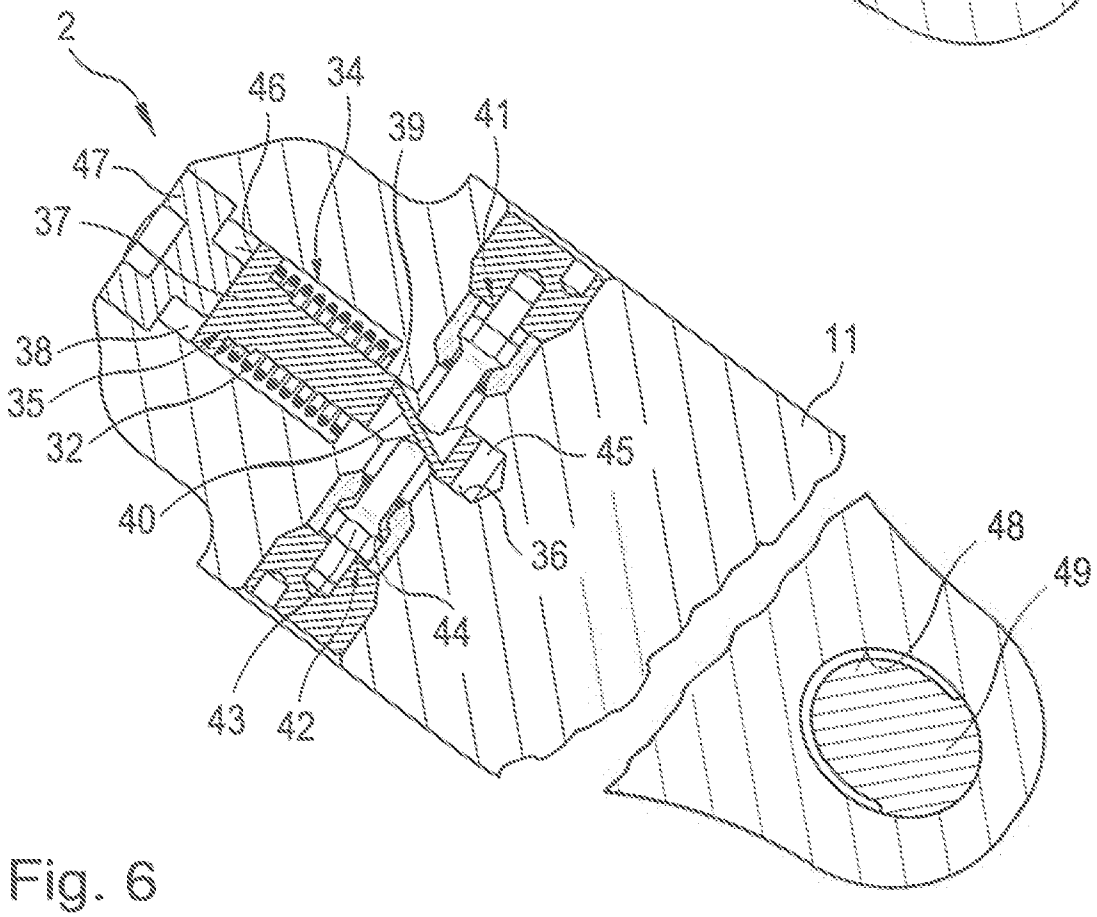

2
46
34
39
41
47
37
38
35
32
40
45
11
36
48
49
44
43
42

Fig. 6

Ansprüche

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 Steuereinrichtung (21) mit hydraulischem Steuerventil (34) einstellbar ist und das hydraulische Steuerventil (34) einen Steuerzylinder (36), einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbaren Steuerschieber (35) und mindestens ein vom Steuerschieber (35) betätigbares Ablassventil (41, 42) aufweist, wobei der Steuerschieber (35) einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) mit einer dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbaren Steuerdruckflächen (46), die einen Steuerdruckraum (38) im Steuerzylinder (36) begrenzt, und einen Schieberstößel (39) aufweist, wobei der Schieberstößel (39) sich von dem stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) durch den Steuerzylinder (36) erstreckt, um das mindestens eine Ablassventil (41, 42) zu betätigen, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Schieberstößel (39) eine Schaltkontur (40) aufweist, um das mindestens eine Ablassventil (41, 42) zu betätigen.

2. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche (46) stirnseitig an dem Steuerkolben (37) des Steuerschiebers (35) angeordnet ist.

3. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Schieberstößel (39) sich in Richtung der Steuerschieberachse (100) durch den Steuerzylinder (36) erstreckt, wobei der Schieberstößel (39) bevorzugt rotationssymmetrisch zur Steuerschieberachse (100) ausgebildet ist.

4. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei vom Steuerschieber (35) betätigbare Ablassventile (41, 42) vorgesehen sind.

5. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Ablassventile (41, 42) geneigt zur

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

Steuerschieberachse (100), bevorzugt senkrecht zur Steuerschieberachse (100) angeordnet sind.

6. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Ablassventile (41, 42) auf gegenüberliegenden Seiten der Steuerschieberachse (100) angeordnet sind, bevorzugt senkrecht zur Steuerschieberachse (100) angeordnet sind.

7. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Ablassventile (41, 42) wechselweise von dem Steuerschieber (35) betätigbar sind.

8. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Steuereinrichtung (21) eine Rückstellfeder (32) aufweist, um den Steuerschieber (35) in einer ersten Ausgangsstellung zu halten oder in die erste Ausgangsstellung rückzustellen, wobei die Rückstellfeder (32) bevorzugt um den Steuerschieber (35) herum angeordnet ist.

9. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerschieber (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.

10. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass zwei Pleuelteile (2, 3) vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil (3) das erstes 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.

11. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 10,
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.

12. Verwendung einer längenverstellbaren Pleuelstange (1) mit einem hydraulischen Steuerventil (34) in einem Kolbenmotor, wobei das hydraulisches Steuerventil (34) der Steuereinrichtung (21) einen Steuerzylinder (36), einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Steuerschieber (35) und mindestens zwei Ablassventile (41, 42) und der Steuerschieber (35) einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) aufweist, wobei der Steuerkolben (37) eine dem hydraulischen Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche (46), die einen Steuerdruckraum (38) im Steuerzylinder (36) begrenzt , und einen Schieberstößel (39) aufweist, wobei der Schieberstößel (39) sich von dem stirnseitig angeordneten Steuerkolben (37) durch den Steuerzylinder (36) erstreckt, um das mindestens eine Ablassventil (41, 42) zu betätigen, und der Schieberstößel (39) eine Schaltkontur (40) aufweist, um das mindestens eine Ablassventil (41, 42) zu betätigen.

13. 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 11.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE