



### Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange (1) eine hydraulische Steuereinrichtung (21) zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange (1) aufweist und die hydraulische Steuereinrichtung (21) ein hydraulisches Steuerventil (34) mit einem Steuerzylinder (36), einem Steuerschieber (35) und mindestens einem vom Steuerschieber (35) betätigbaren Ablassventil (41, 42) aufweist, wobei der Steuerschieber (35) einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbaren Steuerkolben (37) und einen Schieberstößel (39) umfasst, wobei der Steuerschieber (35) zwei separat fertigbare und bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Steuerschiebers (35) fest zusammengefügte Steuerschieberteile (35a, 35b) aufweist, wobei ein erster Steuerschieberteil (35a) den Steuerkolben (37) und einen ersten Schieberstößelabschnitt (39a) umfasst und ein zweiter Steuerschieberteil (35b) einen zweiten Schieberstößelabschnitt (39b) umfasst.. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen solchen Steuerschieber (35) für das hydraulische Steuerventil (34) einer längenverstellbaren Pleuelstange (1), sowie einen Kolbenmotor mit einer längenverstellbaren Pleuelstange (1).

Fig. 3

## **Längenverstellbare Pleuelstange mit mehrteiligem Steuerschieber**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange eine hydraulische Steuereinrichtung zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange aufweist und die Steuereinrichtung ein hydraulisches Steuerventil mit einem Steuerzylinder, einem Steuerschieber und mindestens einem vom Steuerschieber betätigbaren Ablasventil aufweist, wobei der Steuerschieber ein in dem Steuerzylinder verschiebbar geführtes, mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbaren Steuerkolben und einem Schieberstößel umfasst. Weiter betrifft die Erfindung einen Steuerschieber für das hydraulische Steuerventil einer längenverstellbaren Pleuelstange sowie 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 („variable compression ratio“ - VCR) existieren unterschiedliche Lösungen, mit denen die Lage des Hubzapfens der Pleuelstange oder des Pleuelbolzens des Pleuelkolbens 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 Pleuelbolzen und dem Pleuelwellenzapfen 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, im Vergleich zu einem konventionellen Pleuelmotor wird trotzdem eine signifikante Verbesserung des Wirkungsgrades sowie entsprechende Einsparungen im Verbrauch und im Schadstoffausstoß ermöglicht.

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 Exzenter 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 2015/055582 A2 zeigt eine längenverstellbare Pleuelstange mit teleskopartig ineinander verschiebbaren Pleuelteilen, wobei der am ersten Pleuelteil vorgesehene Verstellkolben den Zylinder des zweiten Pleuelteils in zwei Druckräume unterteilt. 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. Im Betrieb wird dann eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit dem oberen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen. 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. 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, wobei jeweils eine der beiden Druckkammern entleert wird, indem das zugehörige Rückschlagventil 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 maximal ein Rücklaufkanal offen und der andere geschlossen ist. Der Aktuator zur

Schaltung der beiden Rücklaufkanäle wird hydraulisch durch den Versorgungsdruck des Motoröls angesteuert, das über entsprechende Hydraulikmittelkanäle im Pleuel und das Lager des Pleuelwellenzapfens im zweiten Pleuelteil zugeführt wird. Die aktive Verstellung der Pleuellänge erfolgt dann durch gezieltes Entleeren der mit Motoröl gefüllten Druckkammer unter Ausnutzung der an der Pleuelstange wirkenden Gas- und Massenkräfte, wobei die andere Druckkammer gleichzeitig über das zugehörige Rückschlagventil mit Motoröl versorgt und hydraulisch gesperrt wird.

Eine weitere längenverstellbare Pleuelstange ist z.B. aus der WO 2016/203047 A1 bekannt. Zum Verstellen der Wirklänge der Pleuelstange wird dort ein Steuerschieber mit einem mittig angeordneten Steuerkolben verwendet, der von einer Steuerschieberfeder in einer Richtung vorgespannt ist. Der Steuerschieber umfasst einen mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbaren Steuerkolben und eine fest mit dem Steuerkolben verbundene, beidseitig vorstehende Schieberstange, die an den jeweiligen Enden eine konische Steuerspitze aufweist, um die zugehörigen Ablassventile zu öffnen.

Beim Einsatz in einem Kolbenmotor ist eine längenverstellbare Pleuelstange naturgemäß sehr hohen Beschleunigungskräften ausgesetzt, die auch beim Design der hydraulischen Steuereinrichtung berücksichtigt werden müssen. Entsprechend sind die hydraulischen Steuerventile auf den jeweiligen Anwendungsfall der längenverstellbaren Pleuelstange und die jeweilige Leistungsfähigkeit des Kolbenmotors ausgelegt und hergestellt, um ein sicheres Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange zu realisieren.

Bei der Entwicklung von modernen Kolbenmotoren besteht neben der sicheren Funktionalität der einzelnen Komponenten auch die Anforderung, eine signifikante Verbesserung des Wirkungsgrads sowie entsprechende Einsparungen im Verbrauch und im Schadstoffausstoß zu realisieren. Gleichzeitig muss auch eine kostengünstige Herstellung der Komponenten und der Montage des Kolbenmotors sichergestellt werden. Dabei ist der Bauraum für solche Pleuelstangen in modernen Kolbenmotoren sowohl axial in Längsrichtung der Pleuelstange als auch radial begrenzt, was bei der Konstruktion der hydraulischen Steuereinrichtung und insbesondere bei der Konstruktion des hydraulischen Steuerventils berücksichtigt werden muss.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine längenverstellbare Pleuelstange der eingangs genannten Art derart zu optimieren, dass das hydraulische Steuerventil sicher

und kostengünstig herstellbar sowie in einfacher Weise in einer gattungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Steuerschieber zwei separat fertigbare und bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Steuerschiebers fest zusammengefügte Steuerschieberteile aufweist, wobei ein erster Steuerschieberteil den Steuerkolben und einen ersten Schieberstößelabschnitt umfasst und ein zweiter Steuerschieberteil einen zweiten Schieberstößelabschnitt umfasst. In herkömmlichen längenverstellbaren Pleuelstangen werden in den hydraulischen Steuerventilen Steuerschieber aus Titan oder Keramikwerkstoffen eingesetzt, die vielfach auch nicht rotationssymmetrisch aufgebaut sind. Entsprechend aufwendig und teuer ist sowohl die Fertigung als auch die Montage solcher Steuerschieber im hydraulischen Steuerventil herkömmlicher längenverstellbarer Pleuelstangen. Derartige Steuerschieber weisen einen relativ dünnen Schieberstößel mit entsprechenden Schaltkonturen und einen Steuerkolben mit einem wesentlich größeren Durchmesser auf, auf den der Steuerdruck des Hydraulikmittels und eine Rückstellkraft wirkt.

Im Hinblick auf die notwendigen Toleranzen für eine sichere Funktion des hydraulischen Steuerventils und die großen Durchmesserunterschiede sind derartige Steuerschieber für herkömmliche längenverstellbare Pleuelstangen einteilig ausgeführt. Bei einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Steuerschiebers ist durch Vorsehen zweiter Steuerschieberteile eine wesentlich einfachere und kostengünstigere Fertigung ermöglicht, ohne die Funktion des Steuerschiebers oder dessen verschiebbare Führung im Steuerzylinder negativ zu beeinträchtigen. Durch die Herstellung der Steuerschieberteile als separate Bauteile können diese in unterschiedlicher Zusammenstellung für verschiedene Motortypen eingesetzt und dadurch in größeren Stückzahlen hergestellt werden. Weiter wird durch ihre separate Herstellung das Zerspanvolumen deutlich verringert, wodurch der Verbrauch an teuren Rohstoffen reduziert wird.

Günstigerweise sind der erste Steuerschieberteil und/oder der zweite Steuerschieberteil rotationssymmetrisch ausgeführt. Dadurch ist eine rasche und einfache Fertigung möglich.

Dabei ist es von Vorteil, wenn die Steuerschieberteile aus verschiedenen Materialien gefertigt sind, wobei vorzugsweise der erste Steuerschieberteil zumindest überwiegend aus einem Material besteht, das eine geringere Dichte hat als das Material, aus dem der zweite Steuerschieberteil zumindest überwiegend besteht. Auf diese Weise kann die Fertigung weiter optimiert und der Steuerschieber passend für die Funktion ausgelegt werden.

Günstigerweise sind die Steuerschieberteile über eine kraftschlüssige und/oder eine formschlüssige Verbindung miteinander verbunden. Das bedeutet, dass die Steuerschieberteile kraftschlüssig verbunden, z.B. miteinander verschraubt oder verpresst sein können und alternativ bzw. zusätzlich eine formschlüssige Verbindung, z.B. Verkleben, Verschweißen oder eine sonstige Verbindung vorgesehen sein kann. Diese Verbindungsarten sind etabliert und rasch durchführbar und weisen eine hohe Haltbarkeit auf.

In einer Variante ist der Steuerkolben an einem Ende des ersten Steuerschieberteils angeordnet und am – in Richtung der Steuerschieberachse – gegenüberliegenden Ende des ersten Steuerschieberteils, vorzugsweise am Ende des ersten Schieberstößelabschnitts, ist ein Anschlagflansch angeordnet. Wenn der Steuerschieber zum Betätigen von zwei Ablassventilen verwendet wird kann der Anschlagflansch dazu dienen, eine der Schaltstellungen zu definieren.

Günstigerweise ist zwischen dem Anschlagflansch und dem Steuerkolben weiter eine zusätzliche einschnürende Ringnut vorgesehen sein kann. Dadurch kann auch dieser Bereich zwischen der Schaltkontur des Schieberstößels und dem Steuerkolben masseoptimiert sein. Ein solcher Aufbau des Steuerschiebers ermöglicht eine einfache Montage in einer entsprechend ausgeformten Bohrung im zusammengebauten Zustand des Steuerschiebers, ohne den Einsatz von Aufnahmebuchsen oder Zwischenstücken. Lediglich der durch den Steuerkolben gebildete Steuerdruckraum muss durch einen entsprechenden Verschluss abgedichtet werden, der gleichzeitig auch einen Anschlag für den Steuerkolben bilden kann. Um das Gewicht des Steuerschiebers weiter zu reduzieren ist günstigerweise innerhalb des ersten Steuerschieberteils eine parallel zur Steuerschieberachse verlaufende Längsbohrung ausgeführt, die sich zumindest einen Teil, vorzugsweise über die ganze Länge des ersten Steuerschieberteils erstreckt. Vorzugsweise ist die Längsbohrung vom dem Steuerkolben gegenüberliegenden Ende des ersten Steuerschieberteils in Richtung des Steuerkolbens verlaufend ausgeführt, entweder als Sacklochbohrung oder als Durchgangsbohrung.

Neben der Gewichtsreduktion kann damit auch die Verbindung der Steuerschieberteile erleichtert werden: In einer Variante weist dazu der zweite Steuerschieberteil einen Verbindungsbereich auf, der zum Fügen bzw. Verbinden der Steuerschieberteile in die Längsbohrung einführbar, und vorzugsweise in dieser fest positionierbar ist. Beispielsweise kann das Innere der Längsbohrung mit einem Innengewinde versehen sein und der Verbindungsbe-

reich ist als korrespondierendes Außengewinde ausgeführt, so dass eine rasche und einfache Verbindung möglich ist. Alternativ kann der Verbindungsbereich auch über einen Presssitz in der Längsbohrung fixiert werden.

Günstigerweise weist der zweite Steuerschieberteil zumindest eine Schaltkontur auf, mit der das mindestens eine Ablasventil betätigbar ist, wobei vorzugsweise die Schaltkontur rotationssymmetrisch zur Steuerschieberachse ausgebildet ist. Dadurch kann eine einfache Betätigung des Ablasventils bzw. der Ablasventile sichergestellt werden.

In einer Variante weist der Steuerzylinder einen Niederdruckabschnitt mit einem ersten Durchmesser und einen Hochdruckabschnitt mit einem zweiten Durchmesser auf, wobei vorzugsweise der erste Durchmesser größer ist als der zweite Durchmesser. Dadurch kann die Betätigung des Steuerschiebers getrennt werden vom durch die Ablasventile strömenden Medium bzw. die beiden Bereiche mit unterschiedlichem Druck versehen werden. Beispielsweise kann der Niederdruckabschnitt für Drücke von 1 bis 20 bar eingerichtet sein während der Hochdruckabschnitt für Drücke von 100 bis 5000 bar geeignet ist.

Um ein Übertreten von Medien zwischen den Druckbereichen zu verhindern weist der zweite Steuerschieberteil günstigerweise an seinem dem ersten Steuerschieberteil zugewandten Ende einen Dichtabschnitt auf, der bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Steuerschiebers teilweise in den Niederdruckabschnitt eindringt aber den Hochdruckabschnitt zu keinem Zeitpunkt der Verwendung vollständig verlässt. Insbesondere kann der Dichtabschnitt einen zum Durchmesser des Hochdruckbereichs korrespondierenden Durchmesser aufweisen, so dass eine Dichtwirkung erzielt wird.

Eine weitere Variante sieht vor, dass der Schieberstößelabschnitt und/oder der zweite Schieberstößelabschnitt als masseoptimierter Schieberstößelabschnitt ausgeführt ist, wobei die Masse des Schieberstößelabschnitts reduziert ist aufgrund der Materialwahl des Schieberstößelabschnitts oder aufgrund einer mit mindestens einer Einschnürung versehenen Kontur des zweiten Schieberstößelabschnitts dessen Masse maximal dem 0,93-fachen, bevorzugt maximal dem 0,85-fachen des Hüllvolumens der Kontur des zweiten Schieberstößelabschnitts multipliziert mit der Dichte von Stahl ( $7,85 \text{ g/mm}^3$ ) entspricht. Um für eine möglichst große Anzahl unterschiedlicher Motortypen, entsprechend dem im Automobilbereich üblichen Gleichteilekonzept, ein spezielles Steuerschieberdesign mit einem geeigneten Steuerkolben zu realisieren, kann der Steuerschieber ein solcher masseoptimierter Steuerschieber sein. Zur Massereduktion des Steuerschiebers können entweder leichte Materialien und/oder

Materialabtragungen im Bereich der Schieberstößelabschnitte genutzt werden. Unter Hüllvolumen der Schaltkonturen ist dabei das Volumen der Schaltkontur des Schieberstößels auf Basis der Länge der Schaltkontur und dem größten Querschnitt der Schaltkontur zu verstehen. Gegenüber dieser theoretischen Masse des Hüllvolumens der Schaltkontur reduzieren entsprechende Einschnitte, Nuten und Vertiefungen im Bereich der Schaltkontur und des Schafts dessen tatsächliche Masse. Durch die Massereduktion des Schieberstößels können die auf den Steuerschieber einwirkenden Massekräfte, die im Wesentlichen unabhängig sind von der Drehzahl des Verbrennungsmotors und der konkreten Anordnung des Steuerschiebers in der Pleuelstange, reduziert werden.

Eine sinnvolle Ausbildung sieht vor, dass der Steuerschieber geneigt zur Längsrichtung der Pleuelstange und/oder geneigt zur Normalen der Längsrichtung der Pleuelstange angeordnet ist, bevorzugt in einem Winkel zwischen  $15^\circ$  und  $75^\circ$ . Dabei kann die geneigte Anordnung des Steuerschiebers gegenüber der Längsrichtung der Pleuelstange und/oder gegenüber der Normalen zur Längsrichtung der Pleuelstange bei einer günstigen Wahl des Winkels die negativen Einflüsse der Trägheit des Hydraulikmittels in den Hydraulikmittelkanälen und in den Komponenten der hydraulischen Steuereinrichtung weiter reduzieren. Sowohl Störungen und Fehlfunktionen bei der Ansteuerung der Steuereinrichtung als auch störende Einflüsse auf die weiteren Komponenten der hydraulischen Steuereinrichtung können durch die geneigte Anordnung des Steuerschiebers minimiert werden.

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 zumindest um den ersten Schieberstößelabschnitt herum angeordnet ist und sich an dem Steuerkolben abstützt. 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 geringgehalten werden, bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Funktionsicherheit. 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 eine Anordnung der Rückstellfeder um den Steuerschieber herum den benötigten Bauraum für das Steuerventil und gleichzeitig auch den Herstellungsaufwand.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass mindestens zwei vom Steuerschieber betätigbare Ablasventile vorgesehen sind, wobei die mindestens zwei Ablasventile bevorzugt wechselweise betätigbar sind. Je nach Stellung des Steuerschiebers ist maximal eines der zwei Ablasventile 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 Gas- und Massenkraft, die mittels der entstehenden Sogwirkung ein Öffnen des der anderen Druckkammer zugeordneten Rückschlagventils bewirken. Mit zunehmender Befüllung dieser Druckkammer wird aus der geöffneten Druckkammer gleichsam Hydraulikmittel abgeführt, wodurch sich die Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange ändert. Je nach Ausgestaltung der hydraulischen Steuereinrichtung sowie je nach Betriebszustand des Kolbenmotors, können mehrere Hübe der Pleuelstange erforderlich sein, bis die Längenänderung der Pleuelstange beendet ist. Günstigerweise haben die Ablasventile 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 Ablasventil zu öffnen.

Für eine sichere Funktion und einen einfachen Aufbau der Ablasventile können die mindestens zwei Ablasventile geneigt zur Steuerschieberachse, bevorzugt senkrecht zur Steuerschieberachse, angeordnet sein. Dabei bezieht sich die Anordnung der Ablasventile auf die Öffnungsrichtung der Ventilkörper in den Ablasventilen. Diese geneigte Anordnung der Ablasventile ermöglicht neben einer einfachen Bauweise des hydraulischen Steuerventils auch insgesamt geringe Abmessungen der Pleuelstange mit einer entsprechenden Massenreduktion.

Ein Ausführungsbeispiel der längenverstellbaren Pleuelstange sieht vor, dass mindestens zwei Pleuelteile vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil das erste Pleuelauge und das zweite Pleuelteil das zweite Pleuelauge aufweist, und wobei das erste Pleuelteil gegenüber dem zweiten Pleuelteil in Längsrichtung der Pleuelstange bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar bewegbar ist, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen zu verstellen. 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 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 einen gebauten Steuerschieber für eine längenverstellbare Pleuelstange gemäß den vorbeschriebenen Ausführungsformen mit einem ersten Steuerschiebeteil mit einem Steuerkolben, der in einem Steuerzylinder verschiebbar und mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbar ist, und einem ersten Schieberstößelabschnitt eines Schieberstößels, sowie mit einem separat hergestellten zweiten Steuerschiebeteil mit einem zweiten Schieberstößelabschnitt eines Schieberstößels. Entsprechend dem allgemeinen Gleichteilekonzept ermöglicht ein solcher Steuerschieber die Verwendung von in großer Stückzahl hergestellten unterschiedlichen Steuerschieberteilen. Gleichzeitig kann über eine entsprechende Massenanpassung der einzelnen Steuerschieberteile mittels des Konzepts gleicher Schieberstößel eine Vielzahl von unterschiedlichen Motortypen mit einem spezifisch angepassten Steuerschieber bei geringen Herstellungskosten versorgt werden.

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 zumindest 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 Steuerschieber mit separat hergestellten Steuerschieberteilen wird eine kostengünstige und robuste Steuerung der längenverstellbaren Pleuelstange ermöglicht.

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

- Fig. 1 eine Draufansicht einer erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange,
- Fig. 2 eine schematische Ansicht der teilweise freigeschnittenen längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1,
- Fig. 3 eine schematische Ansicht der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 mit einer schematischen Darstellung des hydraulischen Steuerventils,
- Fig. 4 eine vergrößerte Schnittansicht der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 entlang der Linie IV,
- Fig. 5a eine perspektivische Darstellung eines Steuerschiebers im zusammengebauten Zustand;
- Fig. 5b und 5c einen zweiten Steuerschieberteil und einen ersten Steuerschieberteil im getrennten Zustand; und
- Fig. 6 eine Schnittansicht des Steuerschiebers aus Fig. 5a entlang einer Steuerschieberachse.

Die 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 43 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.

Wie in Fig. 2 gut zu erkennen, ist der Pleuelkopf 6 mit einer Kolbenstange 8 und über die Kolbenstange 8 mit einem Verstellkolben 9 einer hier als Zylinder-Kolben-Einheit 10 ausgebildeten Verstelleinrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 verbunden. Dabei ist der Pleuelkopf 6 im dargestellten Ausführungsbeispiel mit der Kolbenstange 8 verschraubt oder

verschweißt, während der Verstellkolben 9 und die Kolbenstange 8 einteilig ausgebildet sind. Dies ermöglicht vor einem Zusammenbau des oberen Pleuelteils 3, einen Zylinderdeckel 15 der Zylinder-Kolben-Einheit 10, eine Stangendichtung 16 auf der Kolbenstange 8 sowie Kolbendichtungen 17, 18 an dem Verstellkolben 9 einfach und beschädigungsfrei anzuordnen. In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel sind Kolbenstange 8 und Pleuelkopf 6 einteilig ausgeführt während der Verstellkolben 9 auf die Kolbenstange 8 aufgeschraubt ist.

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 und so das Verdichtungsverhältnis des Kolbenmotors an den jeweiligen Betriebszustand anzupassen. Dadurch ist es möglich, den Kolbenmotor im Teillastbereich mit einem höheren Verdichtungsverhältnis als unter Vollastbereich zu betreiben und so den Wirkungsgrad des Motors zu erhöhen.

In dem durch den unteren Pleuelteil 2 ausgebildeten Gehäuse 11 ist im oberen Bereich ein Zylinder 12 als Zylinderbohrung oder Zylinderhülse des unteren Pleuelteils 2 ausgebildet. 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. 2 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 durch den Zylinderdeckel 15, der das Gehäuse 11 und den Zylinder 12 nach oben hin begrenzt. An dem Zylinderdeckel 15 ist die Stangendichtung 16 vorgesehen, die von einem Sicherungsring 19 am Übergang zwischen Kolbenstange 8 und Zylinderdeckel 15 gehalten wird. Die Stangendichtung 16 umgibt die Kolbenstange 8 und dichtet den oberen Druckraum 14 gegenüber der Umgebung ab. 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. Der Sicherungsring 19 bildet zusammen mit dem Zylinderdeckel 15 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 Fig. 3 die hydraulischen Verschaltung einer 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 einen 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 dem Sicherungsring 19 aufgenommen, wobei sich die Länge der Pleuelstange 1 nicht weiter verändert. 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, wodurch die längenverstellbare Pleuelstange 1 in dieser Bewegungsrichtung hydraulisch gesperrt ist.

In der Kurzstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 drehen sich die Verhältnisse um. Der untere Druckraum 13 ist leer und eine Druckkraft wird durch den mechanischen Anschlag des Verstellkolbens 9 am Zylinderboden 20 (siehe Fig. 2) 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 und 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 in 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. Ein erster Anschluss 30 ist dem unteren Druckraum 13 zugeordnet und ein zweiter Anschluss 30 dem oberen Druckraum 14.

Das 3/2-Wegeventil 27 wird über den Druck des Motoröls betätigt, das 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 die große Pleuelauge 4 an den Motorölkreislauf des Kolbenmotors und/oder die Umgebung abgegeben werden kann.

In einer nicht dargestellten Variante kann der Abströmkanal 33 auch direkt in die Umgebung der Pleuelstange 1 führen, wobei vor dem Austritt in die Umgebung eine Drossel und/oder ein in Richtung der Umgebung öffnendes Rückschlagventil angeordnet sein kann. In der in Fig. 3 dargestellten Vorzugslage des 3/2-Wegeventils 27 ist der obere Druckraum 14 geöffnet.

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 in den Ölversorgungskanal 26.

Gleichzeitig entsteht durch die 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 und der andere geöffnete Druckraum 13, 14 vollständig geleert ist und so die maximal mögliche Längenänderung der Pleuelstange 1 erreicht ist.

Fig. 2 zeigt ein hydraulisches Steuerventil 34 als Ausführungsbeispiel des beschriebenen 3/2-Wegeventils 27, wobei das Steuerventil 34 als Schieberventil mit einem Steuerzylinder 36 und einem in dem Steuerzylinder 36 verschiebbar angeordneten pilzförmigen Steuerschieber 35 ausgebildet ist.

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 Längsachse A der Pleuelstange 1 und auch gegenüber der Normalen zur Längsachse A der Pleuelstange 1 geneigte Stufenbohrung im Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 ausgebildet. Am offenen Ende des Steuerzylinders 36 ist eine Verschlusskappe 46 vorgesehen, die den Steuerdruckraum 38 zur Umgebung hin abdichtet. Der Steuerdruckraum 38 wird über die Steuerdruckleitung 31 von dem Ölversorgungskanal 26 (siehe Fig. 3) mit einem unter Steuerdruck stehenden Hydraulikmittel versorgt. Auf der dem Steuerdruckraum 38 abgewandten Rückseite des stirnseitigen Steuerkolbens 37 erstreckt sich ein Schieberstößel 39 in das als Hochdruckraum 45 ausgebildete untere Ende des Steuerzylinders 36, weshalb zwischen dem stirnseitigen Steuerkolben 37 und dem Steuerzylinder 36 eine berührende oder kontaktlose Dichtung vorgesehen ist. Wie auch in Fig. 4 erkennbar 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 54 zum Öffnen und Schließen der Ablassventile 41, 42 ausgebildet ist, um mit möglichst geringem Kraftaufwand den jeweiligen Ventilkörper 49 aus dem Ventilsitz 50 des ersten und zweiten Ablassventils 41, 42 gleichmäßig abzuheben und das jeweilige Ablassventil 41, 42 zu öffnen.

Im Folgenden wird anhand der Figuren 4 sowie 5a, 5b, 5c und 6 der Aufbau und die Funktion des hydraulischen Steuerventils 34 für eine erfindungsgemäße Pleuelstange 1 näher erläutert.

Fig. 4 zeigt eine vergrößerte Schnittansicht des hydraulischen Steuerventils 34 entlang der in Fig. 1 und 2 dargestellten Schnittlinie IV. Dabei ist ein zweiteiliger Steuerschieber 35 mit einem Schieberstößel 39 dargestellt mit einem ersten Steuerschieberteil 35a und einem in

Längsrichtung entlang der Steuerschieberachse  $A_s$  daran anschließenden zweiten Steuerschieberteil 35b. Der Kopf dieses pilzförmigen Steuerschiebers 35 auf Seiten des ersten Steuerschieberteils 35a ist als se tassenförmiger Steuerkolben 37 ausgebildet, gefolgt von einem ersten Schieberstößelabschnitt 39a. Daran schließt der zweite Steuerschieberteil 35b mit dem zweiten Schieberstößelabschnitt 39b an. Die Steuerschieberachse  $A_s$  steht dabei im Wesentlichen normal auf die Achse  $A_k$  der (nicht eingezeichneten) Kurbelwelle. Die beiden Steuerschieberteile 35a, 35b sind separat fertigbar aber bei bestimmungsgemäßer Verwendung wie dargestellt fest zusammengefügt.

Der erste Schieberstößelabschnitt 39a des ersten Steuerschieberteils 35a weist im oberen Bereich einen Abschnitt mit einem größeren Durchmesser auf, um den herum die Rückstellfeder 32 angeordnet ist.

Im unteren Bereich des zweiten Schieberstößelabschnitts 39b ist weiter die Schaltkontur 54 vorgesehen, die neben einer Führung des Steuerschiebers 35 auch mit den beiden Ablassventilen 41, 42 in Eingriff steht, um die zugeordneten Druckräume 13, 14 abwechselnd vom geschlossenen Zustand aus zu öffnen. Beide Ablassventile 41 und 42 sind gleich aufgebaut, weshalb die zugehörigen Elemente nur anhand des ersten Ablassventils 41 beschrieben wird. Das Ablassventil 41 umfasst eine Verschlusschraube 47, die in eine entsprechende mit einem Gewinde versehene Aufnahmeöffnung im Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 eingeschraubt ist. In der Verschlusschraube 47 ist eine Ventildfeder 48 angeordnet, die auf den kugelförmigen Ventilkörper 49 wirkt. Der kugelförmige Ventilkörper 49 interagiert mit einem konischen Ventilsitz 50, der in eine Ventilöffnung 51 mündet. In der Ventilöffnung 51 ist ein ebenfalls kugelförmiger Schließkörper 52 angeordnet. Das erste Ablassventil 41 ist in Fig. 4 in der geschlossenen Stellung gezeigt und das zweite Ablassventil 42 in der geöffneten Stellung. Zwischen dem zweiten Schieberstößelabschnitt 39b des Steuerschiebers 35 und dem Steuerzylinder 36 ist hier der Ventildruckraum 45 ausgebildet, über den das aus dem oberen Druckraum 14 über das geöffnete zweite Ablassventil 42 ausströmende Hydraulikmittel an den Ölversorgungskanal 26 abgeführt wird, unter anderem, um das ausströmende Motoröl direkt zur Befüllung des unteren Druckraums 13 bereitzustellen.

Entsprechend der Funktion ergibt sich, dass der Steuerzylinder 36 zwei Bereiche aufweist: Auf Seiten des Steuerdruckraums 38 befindet sich der Niederdruckabschnitt 36a und im Hochdruckraum 45, wo das Öl aus den Druckräumen 13, 14 zugeführt wird, befindet sich der Hochdruckabschnitt 36B.

Die beiden Abschnitte 36a, 36b weisen unterschiedliche Durchmesser auf: Der Niederdruckabschnitt 36a weist einen ersten Durchmesser D1 auf der größer ist als der zweite Durchmesser D2 des Hochdruckabschnitts 36b.

Die Abdichtung der Abschnitte 36a, 36b gegeneinander erfolgt dadurch, dass der zweite Steuerschiebeteil 35b an seinem dem ersten Steuerschiebeteil 35a zugewandten Ende einen Dichtabschnitt 58 aufweist, der bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Steuerschiebers 35 teilweise in den Niederdruckabschnitt 36a eindringt, den Hochdruckabschnitt 36b aber zu keinem Zeitpunkt der Verwendung vollständig verlässt. Der Durchmesser des zweiten Steuerschiebeteils 35b im Bereich des Dichtabschnitts 58 entspricht im Wesentlichen dem zweiten Durchmesser D2, so dass eine Dichtwirkung erzielt wird.

Die Betätigung der Ablasventile 41 und 42 erfolgt mittels des Steuerschiebers 35. Der Steuerschieber 35 steht über die Steuerdruckleitung 31 hydraulisch mit dem Motorölkreislauf in Verbindung. Eine Erhöhung des Steuerdrucks im Motorölkreislauf wirkt stirnseitig auf die Steuerdruckfläche 40 des Steuerkolbens 37. Hierdurch wird der Steuerkolben 37 gegen die Wirkung der Rückstellfeder 32 in Richtung des Ventildruckraums 45 bewegt. Der Schieberstößel 39 weist im Bereich des ersten Schieberstößelabschnitts 39a einen flansch 56 auf, der die zweite Stellung vorgibt.

Zum Abgrenzen des vom Steuerkolben 37 definierten Steuerdruckraums 38 ist eine Verschlusskappe 46 vorgesehen. Der Steuerschieber 35 weist im Bereich des zweiten Schieberstößelabschnitts 39b Schaltkonturen 54 mit zwei im Querschnitt (Schnittebene parallel zur Steuerschieberachse  $A_s$ ) rautenförmigen Erhöhungen auf, die jeweils auf die zugehörigen Schließkörper 52 wirken, der dann in der Folge die zugehörigen Ventilkörper 49 bewegt. In der in Fig. 4 dargestellten Stellung des Steuerschiebers 35 ist ausreichend Spiel zwischen dem Schieberstößel 39, bzw. der Schaltkontur 54 und dem Schließkörper 52 des ersten Ablasventils 41 vorhanden, sodass der Ventilkörper 49 sicher auf dem Ventilsitz 50 aufsitzt. Der im zweiten Ablasventil 42 zugeordnete Schließkörper 52 weist in der in Fig. 4 dargestellten Stellung des Steuerschiebers 35 eine angehobene Stellung auf. Der Schließkörper 52 wirkt somit auf den Ventilkörper 49 des zweiten Ablasventils 42 und hebt den Ventilkörper 49 und die zugehörige Ventulfeder 48 aus dem Ventilsitz 50. Das zweite Ablasventil 42 ist hierdurch geöffnet. Entsprechend kann das Motoröl aus dem oberen Druckraum 14 abfließen, während der untere Druckraum 13 gesperrt ist.

Bewegt sich der Steuerschieber 35 durch den ansteigenden Steuerdruck des Motoröls im Steuerdruckraum 38 in Richtung des Ventildruckraums 45, dann gleitet der Schließkörper 52 des zweiten Ablasventils 42 an der Schaltkontur 54 nach unten in eine entspannte Position und gibt dem zugehörigen Ventilkörper 49 frei, sodass die Ventildfeder 48 den Ventilkörper 49 auf den Ventilsitz 50 drückt. Anschließend gleitet der Schließkörper 52 des ersten Ablasventils 41 an der Schaltkontur 54 nach oben, wodurch sich der zugehörige Ventilkörper 49 von der Achse  $A_S$  des Steuerschiebers 35 weggedrückt wird. Gleichzeitig drückt sich die zugehörige Ventildfeder 48 zusammen und der Ventilkörper 49 hebt von dem Ventilsitz 50 ab. Hierdurch wird das Steuerventil 34 in die zweite Ventilstellung gedrückt, die in der kurzen Stellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 resultiert.

An dem in Fig. 4 gezeigten Schieberstößel 39 des Steuerschiebers 35, speziell dem zweiten Schieberstößelabschnitt 39b, können verschiedene Maßnahmen zur Optimierung der Masse des Schieberstößels 39 vorgesehen sein. Im mittleren Bereich der am zweiten Schieberstößelabschnitt 39b vorgesehenen Schaltkontur 54 ist eine trapezförmige Einschnürung 55 vorgesehen, die zwischen den beiden erhabenen Bereichen der Schaltkontur 54, die mit den beiden Ablasventilen 41, 42 in Beziehung stehen und die Führung des Steuerschiebers 35 im Steuerzylinder 36 ermöglichen, angeordnet ist. Darüber hinaus kann der obere Abschnitt des Schieberstößels 39, speziell der erste Schieberstößelabschnitt 39a im Bereich der Rückstellfeder 32 mit einem geringeren Durchmesser versehen sein. Aufgrund dieser für diesen Schieberstößel 39 gezielt vorgenommenen Gewichts- bzw. Volumenreduktionen lässt sich die Masse des Schieberstößels 39 sehr deutlich reduzieren, sodass der Steuerschieber 35 des hydraulischen Steuerventils 34 auf verschiedenste Anwendungsfälle hin justiert werden kann.

Die auf den Steuerschieber 35 wirkenden Beschleunigungskräfte sind von dem jeweiligen Design der längenverstellbaren Pleuelstange 1 und der hydraulischen Steuereinrichtung 21, aber auch von dem jeweiligen Kolbenmotor abhängig. Über die Beschleunigungskräfte können daher aufgrund der Gesamtmasse des Steuerschiebers 35 erhebliche Kräfte auf den Steuerschieber 35 und auf die Rückstellfeder 32 wirken, weshalb die Masse des Steuerschiebers 35 möglichst klein gehalten und auf den jeweiligen Einsatz ausgelegt werden sollte, um eine optimale Anpassung an den jeweiligen Kolbenmotor zu ermöglichen.

Diese Situation, sowie die Anpassbarkeit an verschiedene Anforderungen, wird durch die nachfolgend beschriebene Ausführung des Steuerschiebers 35 mit zwei Steuerschieberteilern 35a, 35b ermöglicht.

Fig. 5a zeigt eine perspektivische Darstellung eines Steuerschiebers 35 im zusammengebauten Zustand. Der Steuerschieber 35 ist durchwegs rotationssymmetrisch ausgeführt. Zwischen dem Bereich mit den Schaltkonturen 54 und dem Steuerkolben 37 ist der Anschlagflansch 56 dargestellt. Auf der vom Steuerkolben 37 abgewandten Seite des Anschlagflanschs befindet sich der Dichtabschnitt 58. Es ist erkennbar, dass der Durchmesser des Schieberstößels 39 auf der einen Seite des Anschlagflanschs 56 geringer ist als auf der anderen Seite, die dem Steuerkolben 37 zugewandt ist. Das hat insbesondere mit der Ausführung des Hochdruckabschnitts 36b des Steuerzylinders 36 zu tun.

Fig. 5b zeigt den zweiten Steuerschieberteil 35b mit den Schaltkonturen 54 und dem Dichtabschnitt 58. In Fig. 5c ist der erste Steuerschieberteil 35a mit dem Steuerkolben 37 und dem Anschlagflansch 56 dargestellt. Die beiden Teile 35a, 35b können aus verschiedenen Materialien gefertigt sein, was eine weitere Gewichtsoptimierung zulässt. Vorzugsweise ist dabei der erste Steuerschieberteil 35a aus einem leichteren Material gefertigt, das eine geringere Dichte hat als das Material, bzw. überwiegend aus einem derartigen Material, wenn einer oder beide Teile 35a, 35b aus mehreren Materialien bestehen.

In Fig. 6 ist anhand einer Schnittansicht des Steuerschiebers 35 zu erkennen, dass die beiden Steuerschieberteile 35a, 35b ineinandergesteckt sind, wobei der zweite Steuerschieberteil 35b einen Verbindungsbereich 35b' aufweist, der in eine innerhalb des ersten Steuerschieberteils 35a ausgeführte Längsbohrung 53 eingeführt ist. Die Längsbohrung 53 erstreckt sich über zumindest einen Teil des ersten Steuerschieberteils 35a, ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel aber als Durchgangsbohrung ausgeführt.

Die Verbindung der Steuerschieberteile 35a, 35b kann über eine kraftschlüssige Verbindung erfolgen, wenn beispielsweise das Innere der Längsbohrung 53 mit einem Innengewinde versehen ist und der Verbindungsbereich 35b' des zweiten Steuerschieberteils 35b ein Außengewinde aufweist. Es ist auch möglich, einen Presssitz vorzusehen oder ergänzend eine formschlüssige Verbindung – Kleben, Schweißen oder Löten – durchzuführen.

### Ansprüche

1. Längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange (1) eine hydraulische Steuereinrichtung (21) zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange (1) aufweist und die hydraulische Steuereinrichtung (21) ein hydraulisches Steuerventil (34) mit einem Steuerzylinder (36), einem Steuerschieber (35) und mindestens einem vom Steuerschieber (35) betätigbaren Ablassventil (41, 42) aufweist, wobei der Steuerschieber (35) einen in dem Steuerzylinder (36) verschiebbar geführten, mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbaren Steuerkolben (37) und einen Schieberstößel (39) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Steuerschieber (35) zwei separat fertigbare und bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Steuerschiebers (35) fest zusammengefügte Steuerschieberteile (35a, 35b) aufweist, wobei ein erster Steuerschieberteil (35a) den Steuerkolben (37) und einen ersten Schieberstößelabschnitt (39a) umfasst und ein zweiter Steuerschieberteil (35b) einen zweiten Schieberstößelabschnitt (39b) umfasst.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Steuerschieberteil (35a) und/oder der zweite Steuerschieberteil (35b) rotations-symmetrisch ausgeführt sind.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerschieberteile (35a, 35b) aus verschiedenen Materialien gefertigt sind, wobei vorzugsweise der erste Steuerschieberteil (35a) zumindest überwiegend aus einem Material besteht, das eine geringere Dichte hat als das Material, aus dem der zweite Steuerschieberteil (35b) zumindest überwiegend besteht.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerschieberteile (35a, 35b) über eine kraftschlüssige und/oder eine formschlüssige Verbindung miteinander verbunden sind.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Steuerkolben (37) an einem Ende des ersten Steuerschieberteils (35a) angeordnet ist und am gegenüberliegenden Ende des ersten Steuerschieberteils (35a), vorzugsweise am Ende des ersten Schieberstößelabschnitts (39a), ein Anschlagflansch (56) angeordnet ist.

6. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des ersten Steuerschieberteils (35a) eine parallel zur Steuerschieberachse ( $A_S$ ) verlaufende Längsbohrung (53) ausgeführt ist, die sich zumindest über einen Teil, vorzugsweise über die ganze Länge des ersten Steuerschieberteils (35a) erstreckt.
7. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Längsbohrung (53) vom dem Steuerkolben (37) gegenüberliegenden Ende des ersten Steuerschieberteils (35a) in Richtung des Steuerkolbens (37) verlaufend ausgeführt ist, entweder als Sacklochbohrung oder als Durchgangsbohrung.
8. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Steuerschieberteil (35b) einen Verbindungsbereich (35b') aufweist, der zum Fügen der Steuerschieberteile (35a, 35b) in die Längsbohrung (53) einführbar ist.
9. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Steuerschieberteil (35b) zumindest eine Schaltkontur (54) aufweist, mit der das mindestens eine Ablassventil (41, 42) betätigbar ist, wobei vorzugsweise die Schaltkontur (54) rotationssymmetrisch zur Steuerschieberachse ( $A_S$ ) ausgebildet ist.
10. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerzylinder (36) einen Niederdruckabschnitt (36a) mit einem ersten Durchmesser (D1) und einen Hochdruckabschnitt (36b) mit einem zweiten Durchmesser (D2) aufweist, wobei vorzugsweise der erste Durchmesser (D1) größer ist als der zweite Durchmesser (D2).
11. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Steuerschieberteil (35b) an seinem dem ersten Steuerschieberteil (35a) zugewandten Ende einen Dichtabschnitt (58) aufweist, der bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Steuerschiebers (35) teilweise in den Niederdruckabschnitt (36a) eindringt aber den Hochdruckabschnitt (36b) zu keinem Zeitpunkt der Verwendung vollständig verlässt.
12. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Schieberstößelabschnitt (39a) und/oder der zweite Schieberstößelabschnitt (39b) als masseoptimierter Schieberstößelabschnitt ausgeführt ist, wobei die Masse des Schieberstößelabschnitts (39a, 39b) reduziert ist aufgrund

der Materialwahl des Schieberstößelabschnitts (39a, 39b) oder aufgrund einer mit mindestens einer Einschnürung (55) versehenen Kontur (54) des zweiten Schieberstößelabschnitts (39b) dessen Masse maximal dem 0,93-fachen, bevorzugt maximal dem 0,85-fachen des Hüllvolumens der Kontur (54) des zweiten Schieberstößelabschnitts (39b) multipliziert mit der Dichte von Stahl ( $7,85 \text{ g/mm}^3$ ) entspricht.

13. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das hydraulische Steuerventil (34) 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 zumindest um den ersten Schieberstößelabschnitt (39a) herum angeordnet ist und sich an dem Steuerkolben (37) abstützt.
14. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Steuerschieber (35) geneigt zur Längsachse (A) der Pleuelstange (1) und/oder geneigt zur Normalen der Längsachse (A) der Pleuelstange (1) angeordnet ist, wobei die Steuerschieberachse ( $A_s$ ) bevorzugt in einem Winkel zwischen  $15^\circ$  und  $75^\circ$  angeordnet ist.
15. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Pleuelteile (2, 3) vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil (3) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und das zweite Pleuelteil (2) ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, und wobei das erste Pleuelteil (3) gegenüber dem zweiten Pleuelteil (2) in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen zu verstellen.
16. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 15, **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.
17. Gebauter Steuerschieber (35) für eine längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, mit einem ersten Steuerschieberteil (35a) mit einem Steuerkolben

(37), der in einem Steuerzylinder (36) verschiebbar und mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbar ist, und einem ersten Schieberstößelabschnitt (39a) eines Schieberstößels (39), sowie mit einem separat hergestellten zweiten Steuerschieberteil (35b) mit einem zweiten Schieberstößelabschnitt (39b) eines Schieberstößels (39).

18. 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 zumindest einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16.

1/5

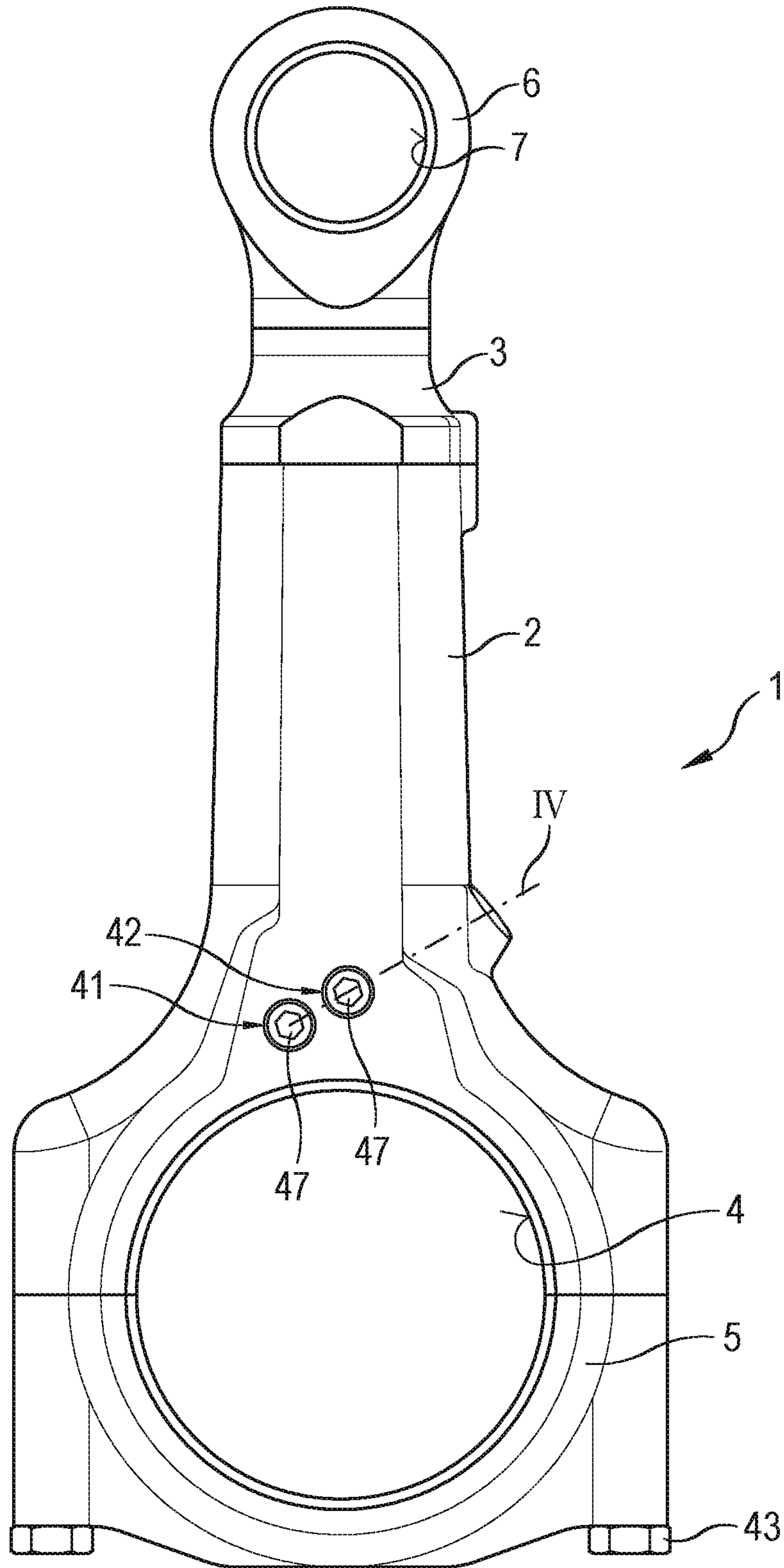
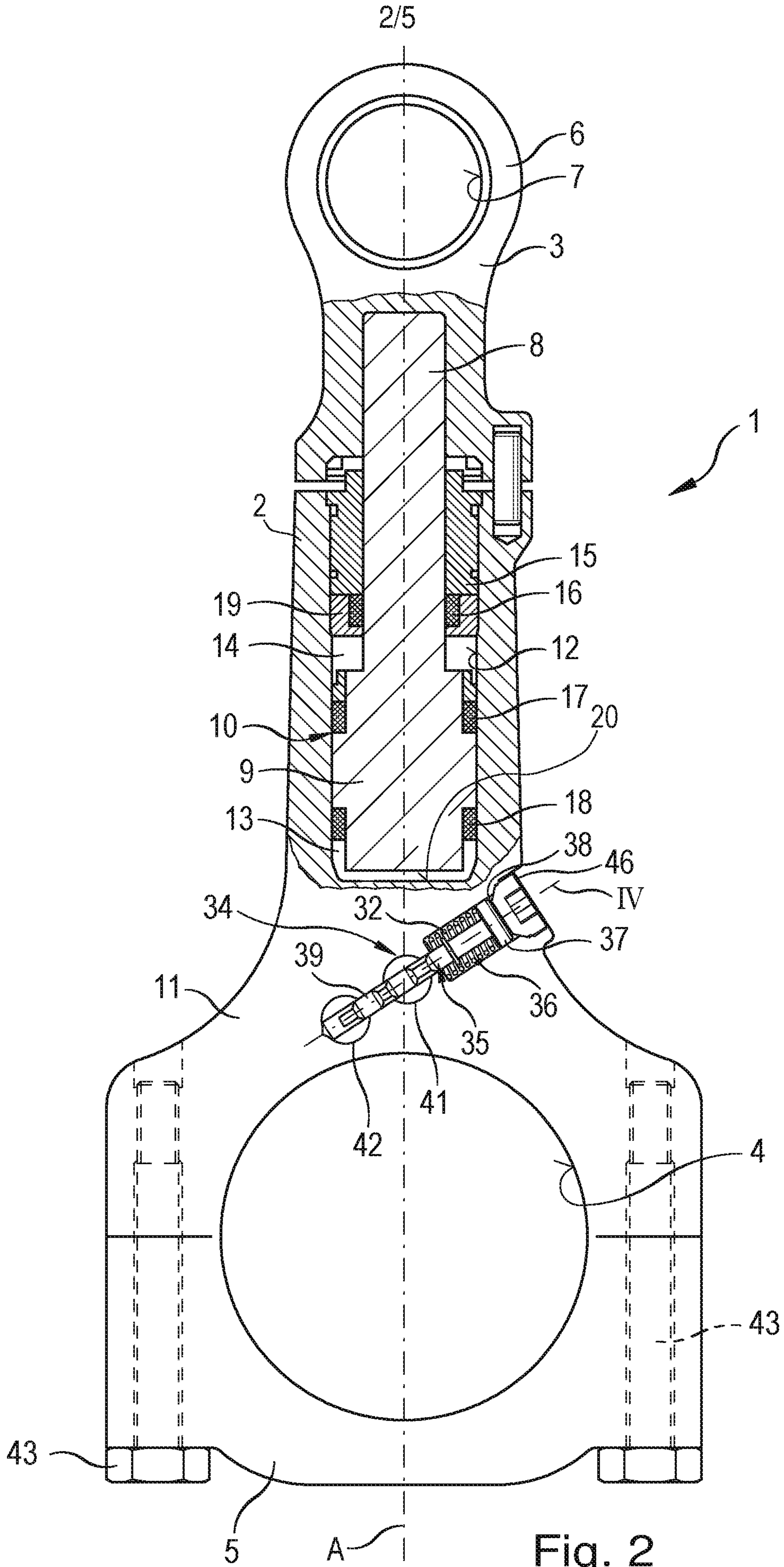
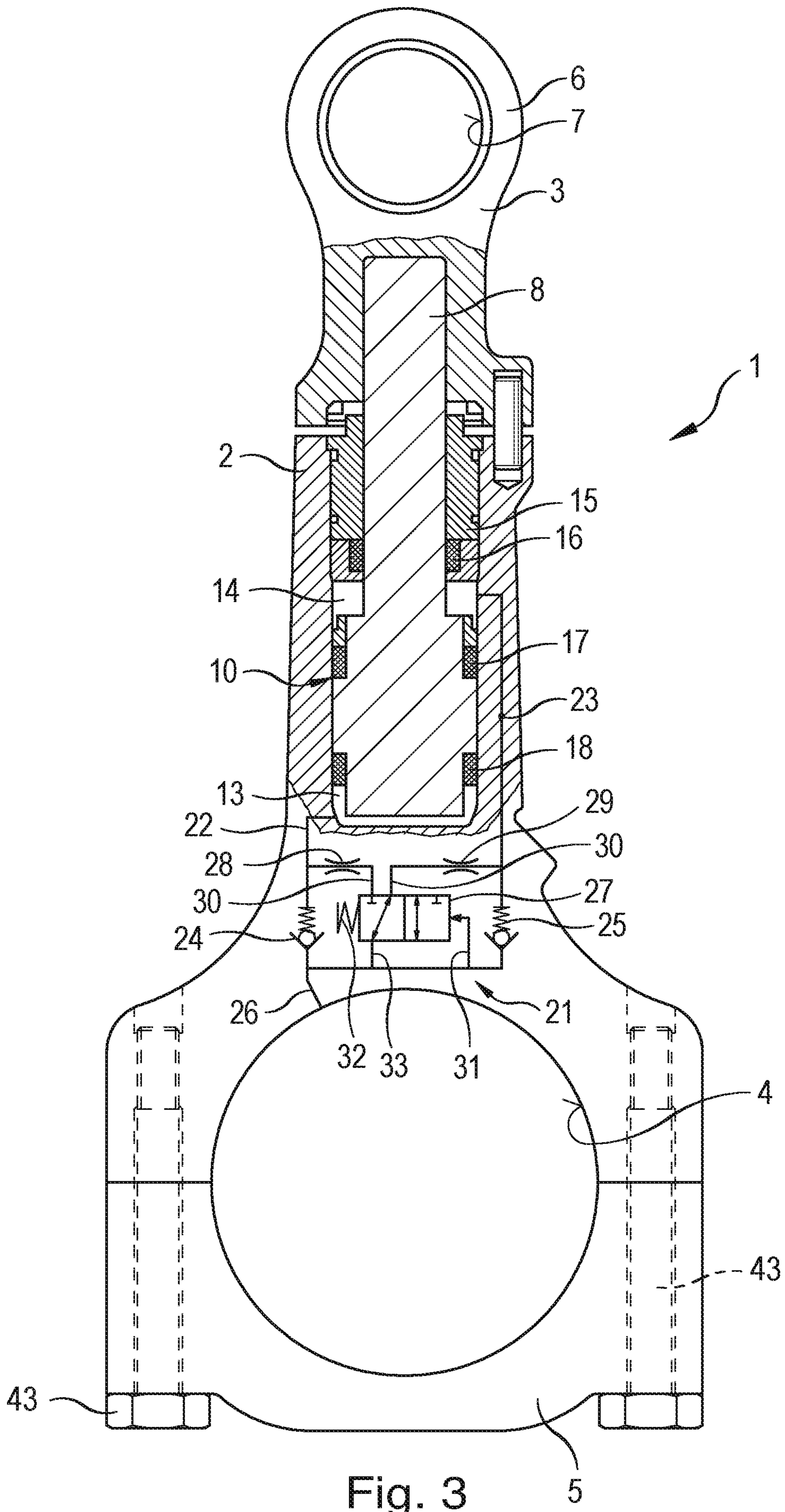
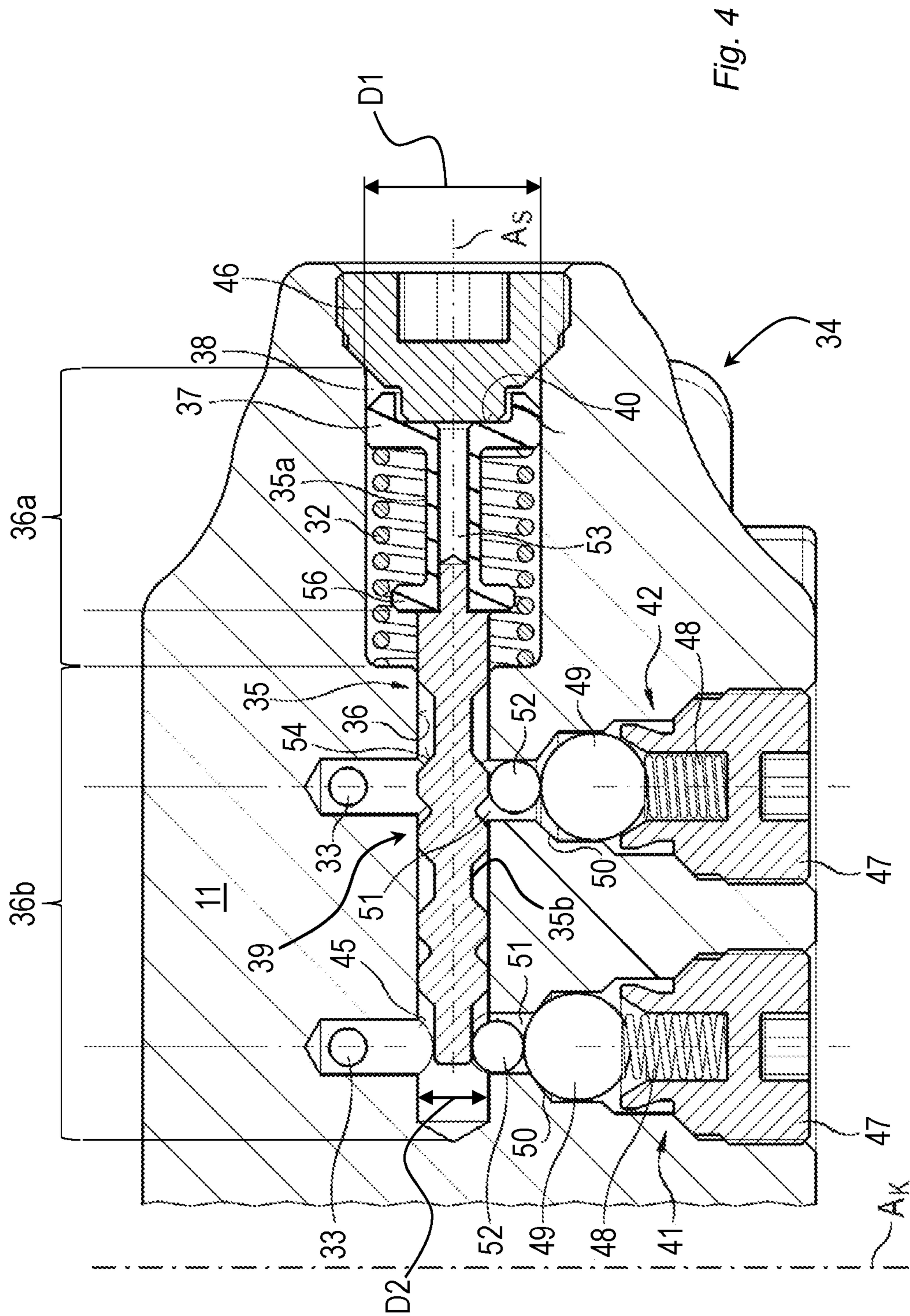


Fig. 1



3/5





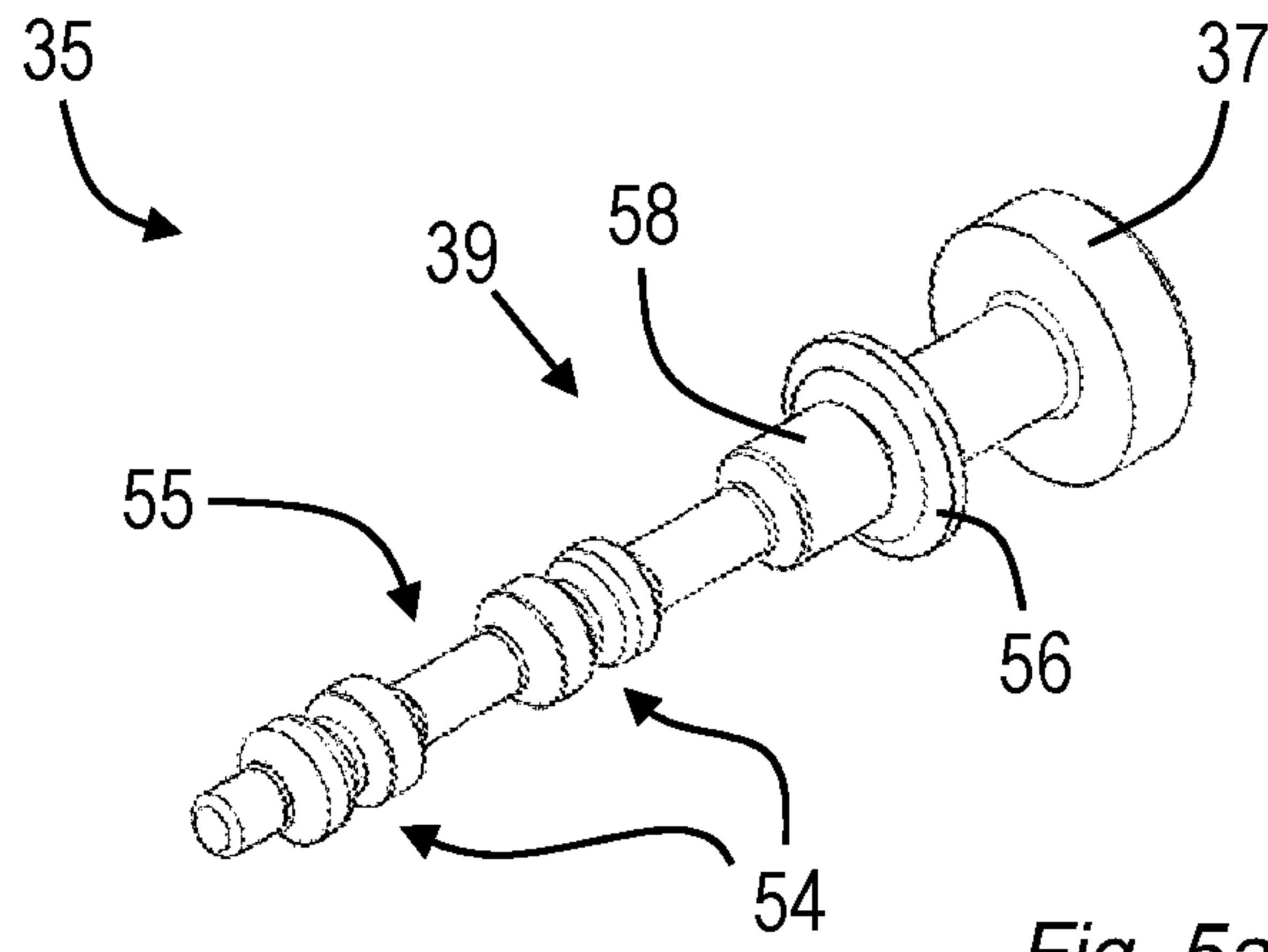


Fig. 5a

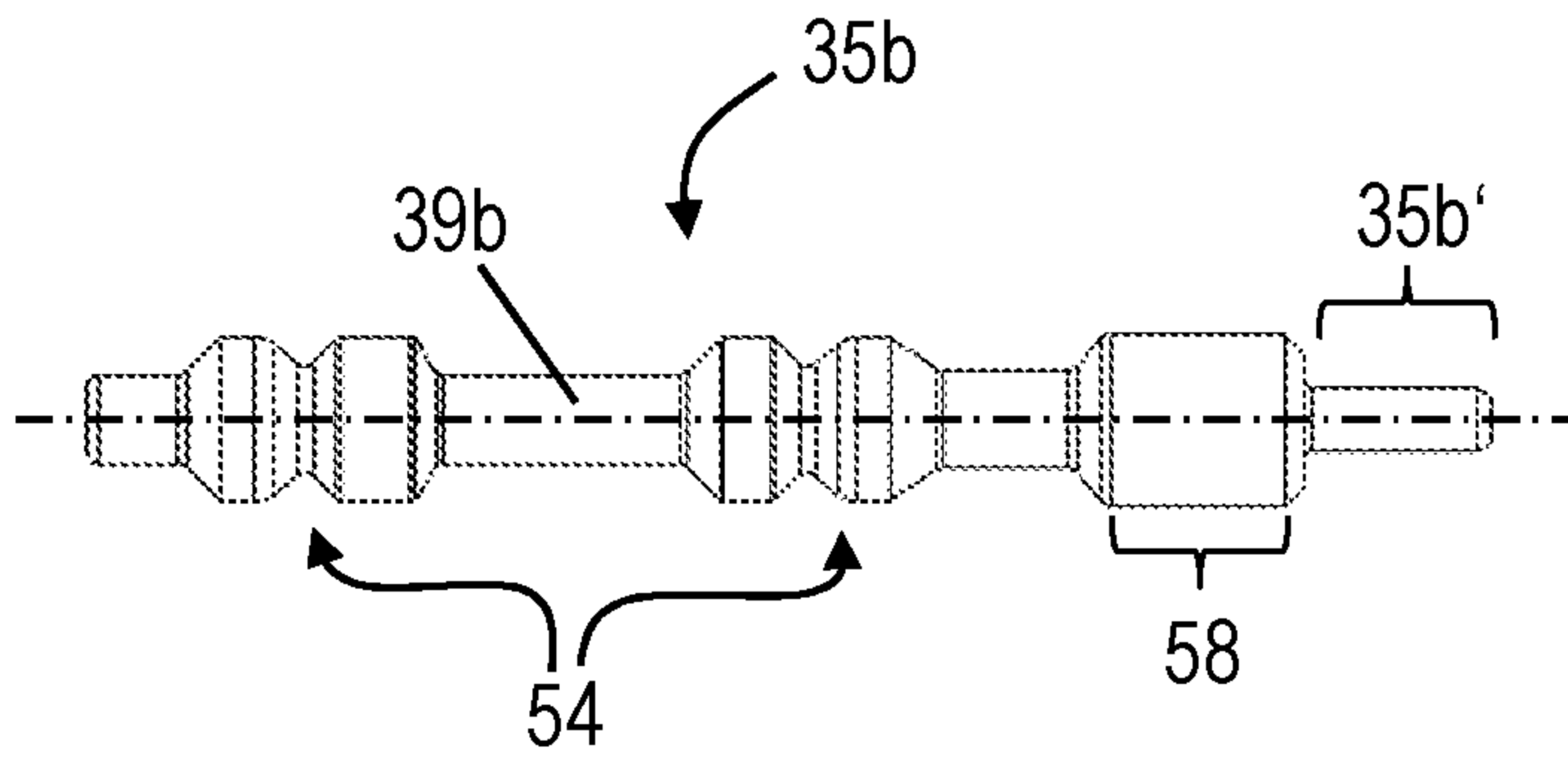


Fig. 5b

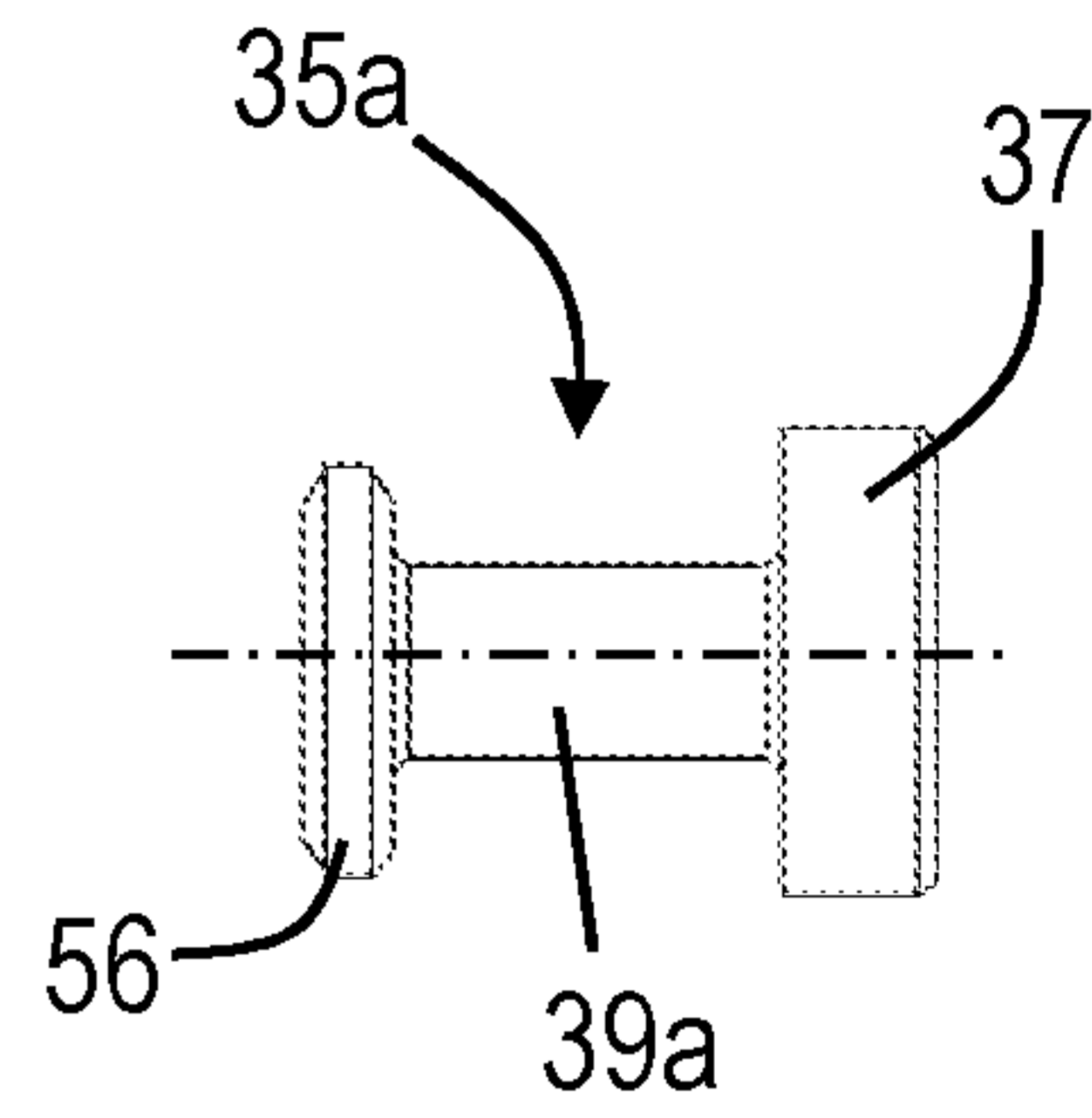


Fig. 5c

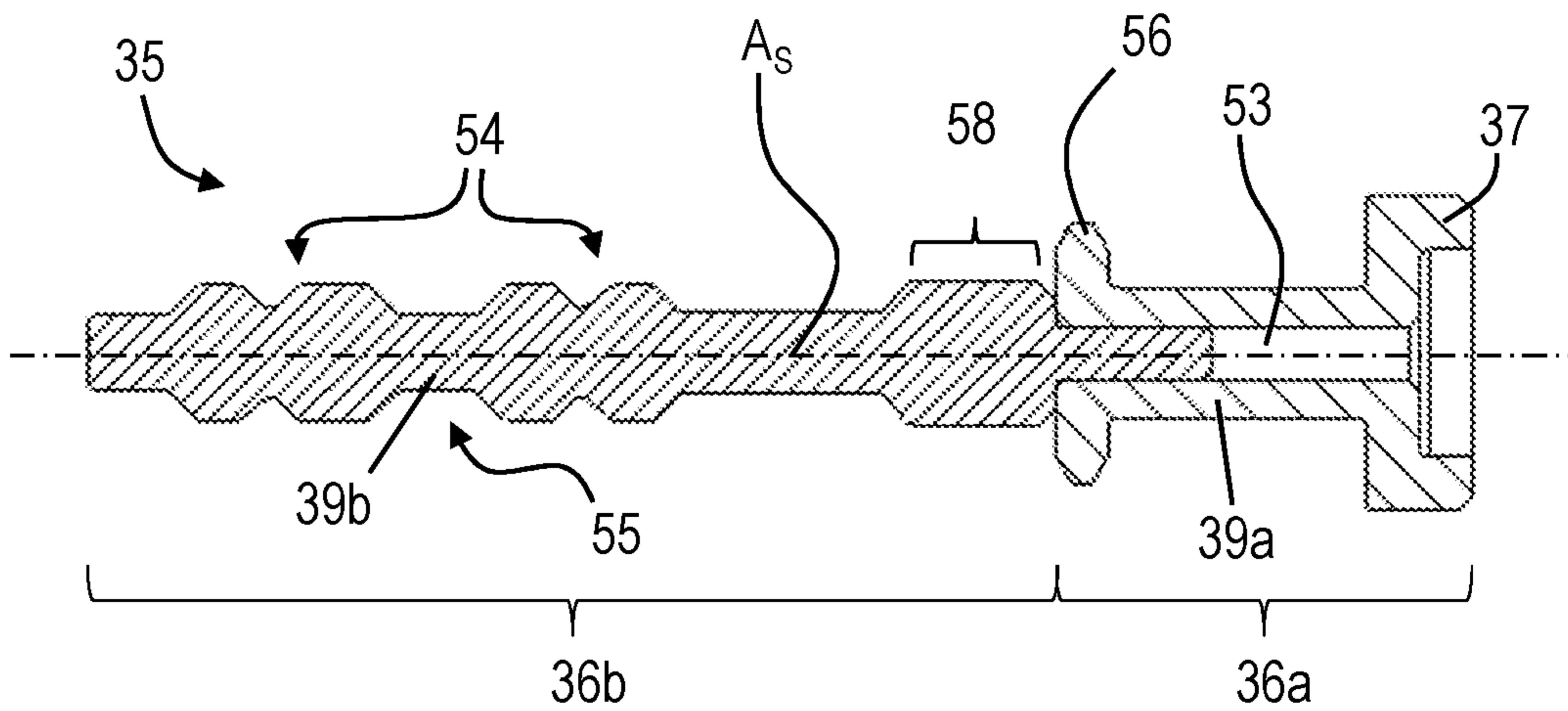


Fig. 6

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: <b>F02B 75/04</b> (2006.01); <b>F02D 15/02</b> (2006.01); <b>F16C 7/06</b> (2006.01); <b>F16K 31/122</b> (2006.01); <b>F16K 11/07</b> (2006.01); <b>F16K 11/16</b> (2006.01); <b>F16K 31/524</b> (2006.01)				
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: <b>F02B 75/045</b> (2013.01); <b>F02D 15/02</b> (2013.01); <b>F16C 7/06</b> (2013.01); <b>F16K 31/122</b> (2015.11); <b>F16K 11/07</b> (2013.01); <b>F16K 11/161</b> (2013.01); <b>F16K 31/52483</b> (2013.01)				
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F02B, F02D, F16C, F16K				
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, XFULL				
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 15.05.2019 eingereichten Ansprüchen 1 - 18 erstellt.				
Kategorie <sup>*)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch		
X	WO 2016203047 A1 (AVL LIST GMBH) 22. Dezember 2016 (22.12.2016) Fig. 1 - 6, 10, 14 und 31 (insb. Bezugszeichen 20, 25, 27, 28, 29, 29c, 29d, 31); Seite 28, Absatz 2	1, 2, 4 - 9, 13 - 18		
X	WO 2018060457 A1 (AVL LIST GMBH) 05. April 2018 (05.04.2018)  Fig. 1, 6 und 8 (insb. Bezugszeichen 41B, 44B, 45B); Seite 29, Absatz 1; Ansprüche	1, 2, 4, 6 - 9, 13, 15 - 18		
A	DE 102015101780 A1 (SMC CORP 13. August 2015 (13.08.2015) Fig. 2 (insb. Bezugszeichen 12, 23, 24, 25, 26)	1 - 11		
Datum der Beendigung der Recherche: 08.11.2019		Seite 1 von 1		
		Prüfer(in): THALHAMMER Christian		
<sup>*)</sup> <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b>: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.  <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b>: der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert.  <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde.  <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein „<b>älteres Recht</b>“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).  <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.                 </td> </tr> </table>			<b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.	<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.
<b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.	<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.			