

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. November 2020 (19.11.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/227749 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**F02B 75/04** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2020/060202

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. Mai 2020 (15.05.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
A50439/2019 15. Mai 2019 (15.05.2019) AT

(71) Anmelder: **IWIS MOTORSYSTEME GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Alert-Roßhaupter-Str. 53, 81369 München (DE). **AVL LIST GMBH** [AT/AT]; Hans-List-Platz 1, 8020 Graz (AT).

(72) Erfinder: **HELLER, Malte**; Paosostr. 55, 81243 München (DE). **PRAMBERGER, Harald**; Weblinger Str. 71H, 8054 Graz (AT).

(74) Anwalt: **KRONBERGER, Thomas**; Eingetragener Vertreter gemäß § 16a PatAnwG, Leopoldstr. 4, 80802 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: CONNECTING ROD WITH FORM-FITTING CONNECTION

(54) Bezeichnung: PLEUELSTANGE MIT FORMSCHLÜSSIGER VERBINDUNG

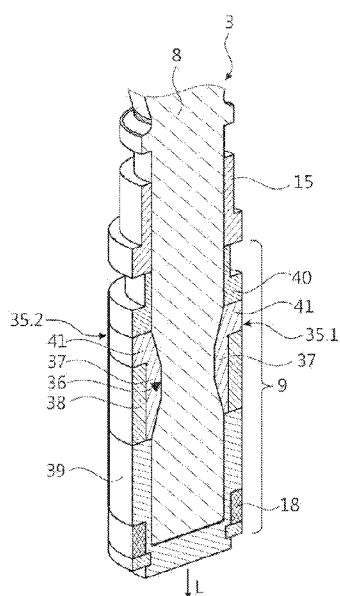


Fig. 2

(57) Abstract: The present invention relates to a connecting rod (1), which is variable in length and has two telescoping connecting rod portions (2, 3), wherein at least one connecting rod portion (3) has an adjusting piston (9) and a connecting rod eye (7), and the adjusting piston (9) and the connecting rod eye (7) are connected together via a piston rod (8). The present invention addresses the problem of improving the design, manufacture and function of the connecting rod portion (3) of a length-variable connecting rod (1) of the type in question. This problem is solved according to the invention in that the adjusting piston (9) and the piston rod (8) each have at least one locking element (35.1, 35.2, 36), the at least one locking element (35.1, 35.2) of the adjusting piston (9) and the at least one locking element (36) of the piston rod (8) interlock in a form-fitting manner, and at least one latching element (38) latches the locking elements (35.1, 35.2, 36) in one another.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange (1) mit zwei teleskopierbaren Pleuelabschnitten (2, 3), wobei mindestens ein Pleuelabschnitt (3) einen Verstellkolben (9) und ein Pleuelauge (7) aufweist und Verstellkolben (9) und Pleuelauge (7) über eine Kolbenstange (8) miteinander verbunden sind. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Konstruktion, Herstellung und Funktion des Pleuelabschnitts (3) einer gattungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange (1) zu verbessern. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Verstellkolben (9) und die Kolbenstange (8) jeweils mindestens ein Verriegelungselement (35.1, 35.2, 36) aufweisen, das mindestens eine Verriegelungselement (35.1, 35.2) des Verstellkolbens (9) und das mindestens eine Verriegelungselement (36) der Kolbenstange (8) formschlüssig ineinandergreifen und mindestens ein Arretierungselement (38) die Verriegelungselemente (35.1, 35.2, 36) ineinander arretiert.

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

### **Pleuelstange mit formschlüssiger Verbindung**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange mit zwei teleskopierbaren Pleuelabschnitten, wobei mindestens ein Pleuelabschnitt einen Verstellkolben und ein Pleuelauge aufweist und Verstellkolben und Pleuelauge über eine Kolbenstange miteinander verbunden sind.

Bei Verbrennungsmotoren mit Hubkolben gibt es Bestrebungen, das Verdichtungsverhältnis während des Betriebs zu verändern und an 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 Kraftstoffs 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 Pleuelbolzens 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, und es werden im Vergleich zu einem konventionellen Pleuelmotor trotzdem eine signifikante Verbesserung des Wirkungsgrades sowie entsprechende Einsparungen im Verbrauch und im Schadstoffausstoß ermöglicht.

Eine diskontinuierliche Verstellung des Verdichtungsverhältnisses für einen Pleuelmotor beschreibt die EP 1 426 584 A1, in der ein mit dem Pleuelbolzen des Pleuelbolzens 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 kön-

nen, wobei der Exzenter durch zwei Zylinder-Kolben-Einheiten und den hydraulischen Druckunterschied des zugeführten Motoröls in seiner Position fixiert wird. Auch wenn sich bei solchen Pleuelstangen mit Exzenter die tatsächliche Länge der Pleuelstange nicht verändert, so sind derartige wirkmäßenverstellbare Pleuelstangen auch von der erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange erfasst.

Die WO 2013/092364 A1 zeigt eine längenverstellbare Pleuelstange mit teleskopartig ineinander verschiebbaren Pleuelabschnitten, wobei der erster Pleuelabschnitt einen mit dem Pleuelauge verpressten Verstellkolben und der zweiter Pleuelabschnitt einen Zylinder aufweist, in dem der Verstellkolben längsbeweglich angeordnet ist. Diese Zylinder-Kolben-Einheit wird über eine hydraulische Steuereinrichtung mit Motoröl versorgt, um die Länge der Pleuelstange zu verstellen.

Eine weitere teleskopartig längenverstellbare Pleuelstange wird in der WO 2015/055582 A2 beschrieben, wobei der im ersten Pleuelabschnitt vorgesehene Verstellkolben den Zylinder in zwei Druckräume unterteilt, die von einer hydraulischen Steuereinrichtung mit Motoröl versorgt werden. Hier ist der Verstellkolben mittels einer sich durch den Verstellkolben erstreckenden Befestigungsschraube mit dem oberen Pleuelauge verbunden. Ein Nachteil dieser Konstruktion ist, dass die Kolbenstange zwischen Verstellkolben und Pleuelauge sehr massiv ausgebildet sein muss, um die Befestigungsschraube aufzunehmen.

Die hydraulische Steuereinrichtung der WO 2015/055582 A2 versorgt die beiden Druckräume der Zylinder-Kolben-Einheit über Rückschlagventile mit Motoröl, 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 vollständig mit Motoröl gefüllt ist. Beim Betrieb wird die Pleuelstange aufgrund der Gas- und Massenkräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Stellung der Pleuelstange wird dann eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit dem oberen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen, während eine einwirkende Druckkraft über die Kolbenfläche auf die motorölgefüllte untere Druckkammer übertragen wird. Da das Rückschlagventil dieser Kammer den Rücklauf des Motoröls unterbindet, steigt der Druck des Motoröls an, so dass der Verstellkolben in dieser Richtung hydraulisch gesperrt ist und die Pleuellänge unverändert bleibt. 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 Zug-

kraft einen Druckanstieg in der oberen Kammer und eine hydraulische Sperrung der längenverstellbaren Pleuelstange, während eine Druckkraft durch den mechanischen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen wird.

Bei diesem hydraulischen Verstellmechanismus einer längenverstellbaren Pleuelstange können aufgrund der im Betrieb auf die Pleuelstange wirkenden Massenkräfte und Gasdruckkräfte in den Druckräumen und auf den Verstellkolben sehr hohe dynamische Drücke von über 1.000 bar entstehen. Daher werden im Stand der Technik am Verstellkolben qualitativ hochwertige umlaufende und damit einteilige Dichtungen eingesetzt, sowie eine einteilige Stangendichtung zur Abdichtung einer Kolbenstange und ein einteiliger Zylinderdeckel zur Abdichtung des Zylinders verwendet. Aufgrund der hohen auftretenden Drücke in den Druckräumen ist sowohl die Auswahl der Kolben- und der Stangendichtungen, als auch die dauerhafte Dichtwirkung im Betrieb von ausschlaggebender Bedeutung. Für diesen Anwendungsfall haben sich insbesondere einteilige Dichtungen bewährt, da sie keine Trennstellen aufweisen, durch welche das Motoröl in radialer oder axialer Richtung die Dichtungsanordnung überwinden kann. Entsprechend müssen die Dichtungen und Bauteile üblicherweise vor dem Zusammenbau des Pleuelabschnitts mit dem Verstellkolben auf der Kolbenstange bzw. auf dem Verstellkolben angeordnet werden und erst anschließend wird die Kolbenstange mit dem Verstellkolben und/oder mit dem Pleuelauge verbunden.

Neben einem Verschrauben der Kolbenstange mit dem oberen Pleuelauge oder dem Verstellkolben ist auch ein entsprechendes Verpressen oder Verschweißen der Komponenten bekannt. In der DE 10 2017 110 363 A1 ist eine längenverstellbare Pleuelstange mit einem zunächst einteilig hergestellten ersten Pleuelabschnitt beschrieben, bei dem die Kolbenstange zwischen dem oberen Pleuelauge und dem Verstellkolben gebrochen wird, um die Kolben- und Stangendichtung, sowie den Zylinderdeckel aufzufädeln, und anschließend durch Schweißen wieder zusammengefügt wird.

Während das sogenannte Cracken und anschließende Verschweißen der beiden Teile an der Bruchstelle eine sehr sichere Verbindung zwischen dem Verstellkolben und dem ersten Pleuelauge zur Aufnahme eines Kolbenbolzens ermöglicht, besteht bei alternativen Press- oder Schraubverbindungen zwischen dem Verstellkolben und dem ersten Pleuelauge ein hohes Risiko eines Versagens dieser Verbindung, insbesondere im Hinblick auf einen dauerhaften Betrieb der längenverstellbaren Pleuelstange im Verbrennungsmotor und den dort wirkenden hohen Gas- und Massenkräften. Demgegenüber weist das Cracken und Verschweißen der

Kolbenstange die Nachteile hoher Herstellungskosten, der Notwendigkeit einer Nachbearbeitung und hohe Ausschusszahlen auf. Zusätzlich ist hierbei aufgrund der Wärmeeinflusszone und der darin auftretenden Gefügeänderung eine nachträgliche Wärmebehandlung nach dem Schweißen notwendig. Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Konstruktion, Herstellung und Funktion des Pleuelabschnitts einer gattungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Verstellkolben und die Kolbenstange jeweils mindestens ein Verriegelungselement aufweisen, das mindestens eine Verriegelungselemente des Verstellkolbens und das mindestens eine Verriegelungselement der Kolbenstange formschlüssig ineinandergreifen und mindestens ein Arretierungselement die Verriegelungselemente ineinander arretiert. Durch diese rein formschlüssige Verbindung zwischen dem Verstellkolben und der Kolbenstange ist keinerlei Nachbearbeitung der Verbindung nötig. Eine derartige formschlüssige Verbindung kann beispielsweise auch ausgeführt sein durch Bohrungen und darin angeordnete Stiftelemente als Verriegelungselemente des Verstellkolbens und eine korrespondierende umlaufende Nut als Verriegelungselement an der Kolbenstange, wobei ein sich durch Verstemmen der Stiftelemente ergebender Materialversatz im Verstellkolben als Arretierungselement fungiert. Insbesondere beim Schweißen kommt es zu Verzug und Gefügeänderungen in den Bauteilen. Bei hochfesten Werkstoffen ist dann eine Wärmenachbehandlung erforderlich. Diese ist aber aufgrund der bereits aufgebrachten Elemente – insbesondere Dichtungen – nicht möglich, da die maximale Temperatur der Dichtungen überschritten würde. Der Verzug macht eine mechanische Nacharbeit am fertigen Bauteil komplex. Zudem ist bei einer Schweißverbindung mit erheblichen Entwicklungszeiten und -kosten zu rechnen, die bei dieser formschlüssigen Verbindung ebenfalls vermieden werden. Es können einteilige Dichtungen mit den damit verbundenen Vorteilen verwendet werden. Eine Bearbeitung am Zusammenbau ist nicht erforderlich. Mit anderen Worten betrifft die Erfindung längenverstellbare Pleuelstange mit zwei teleskopartig ineinander verschiebbaren Pleuelabschnitten, wobei ein erster Pleuelabschnitt einen Verstellkolben und das kleine Pleuelauge aufweist und ein zweiter Pleuelabschnitt einen Zylinder aufweist, in dem der Verstellkolben längsbeweglich angeordnet ist.

In einer einfachen Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das mindestens eine Verriegelungselement des Verstellkolbens einen nach innen ragenden Vorsprung umfasst, das mindestens eine Verriegelungselement der Kolbenstange als Vertiefung in der Kolbenstange aus-

gebildet ist, wobei der nach innen ragenden Vorsprung des mindestens einen Verriegelungselements des Verstellkolbens in die Vertiefung der Kolbenstange eingreift und das Arretierungselement die ineinandergreifenden Verriegelungselemente ringförmig umschließt.

Eine einfache Montage des Verstellkolbens an der Kolbenstange kann dadurch erzielt werden, dass der Verstellkolben mindestens zwei Verriegelungselemente umfasst, die an Stoßstellen aneinander liegen, wobei vorzugsweise die Stoßstellen in Längsrichtung der Pleuelstange verlaufen. In diesem Fall wird der Verstellkolben also zumindest teilweise durch die Verriegelungselemente und das die Verriegelungselemente umschließende Arretierungselement ausgebildet. Die Verriegelungselemente sind vorzugsweise halbschalenförmig ausgebildet und liegen mit einer Innenseite an der Kolbenstange an. Bei der Montage der Pleuelstange können die Verriegelungselemente dadurch einfach auf die Kolbenstange aufgelegt werden. Die Befestigung der Verriegelungselemente an der Kolbenstange erfolgt dadurch, dass das Arretierungselement auf die Verriegelungselemente aufgeschoben wird.

Um eine sichere Befestigung des Verstellkolbens an der Kolbenstange sicherzustellen, kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass jedes der Verriegelungselemente des Verstellkolbens einen nach innen ragenden Vorsprung aufweist, und das mindestens eine Verriegelungselement der Kolbenstange als umlaufende Vertiefung ausgebildet ist, in die die nach innen ragenden Vorsprünge der Verriegelungselemente des Verstellkolbens eingreifen.

In noch einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das mindestens eine Arretierungselement an einem oberen Anschlag anliegt, wobei der obere Anschlag mit dem mindestens einen Verriegelungselement des Verstellkolbens derart zusammenwirkt, dass auf das Arretierungselement wirkende Kräfte auf das mindestens eine Verriegelungselement des Verstellkolbens übertragen werden. Hierdurch kann eine sichere Befestigung des Arretierungselements auf dem mindestens einen Verriegelungselement des Verstellkolbens sichergestellt werden. Der Begriff oberer bezeichnet hier eine Anordnung näher einem kleinen Pleuelauge, wobei unten näher einem großen Pleuelauge bedeutet.

Vorzugsweise kann der Anschlag einstückig mit dem mindestens einen Verriegelungselement des Verstellkolbens ausgebildet sein. Dadurch ist eine einfache Ausgestaltung möglich.

Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der Anschlag als separates Bauteil ausgebildet ist, das an der dem Pleuelauge zugewandten Seite des mindestens einen Verriegelungselement des Verstellkolbens auf der Kolbenstange angeordnet ist. Dadurch werden die im Betrieb auftretenden Zugkräfte über den Anschlag und das Verriegelungselemente in die Kolbenstange

geleitet und die Belastung auf das Arretierungselement minimiert. Auf diesem Bauteil kann dann eine Kolbendichtung angebracht werden.

In einer einfachen und stabilen Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das Pleuelauge und die Kolbenstange einstückig ausgebildet sind.

Dadurch, dass der Verstellkolben getrennt von der Kolbenstange ausgebildet ist und durch die Verriegelungselemente und das Arretierungselement auf der Kolbenstange befestigt ist, ist es einfach möglich, vor der Montage des Verstellkolbens an der Kolbenstange einen Zylinderdeckel und mindestens eine Kolbenstangendichtung auf der Kolbenstange derart aufzubringen, dass der Zylinderdeckel und die Kolbenstangendichtung zwischen dem Pleuelauge und dem Verstellkolben auf der Kolbenstange angeordnet sind. Dadurch können der Zylinderdeckel und die Kolbenstangendichtung einteilig ausgebildet sein mit den damit verbundenen Vorteilen insbesondere hinsichtlich der Dichtheit.

In noch einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen werden, dass mindestens eine Kolbendichtung an dem Verstellkolben angeordnet ist. Vorzugsweise sind dafür Dichtungsträger vorgesehen, die ebenfalls Bestandteil des Verstellkolbens sind und eine einfache und gute Aufnahme und Befestigung der Dichtungen an dem Verstellkolben ermöglichen. Um eine besonders gute Dichtigkeit zu erzielen, kann vorgesehen sein, dass eine obere Kolbendichtung und eine untere Kolbendichtung vorgesehen sind.

Ferner kann auch vorgesehen werden, dass das mindestens eine Arretierungselement topfförmig ausgebildet ist, ein unteres Ende des Arretierungselements die Kolbenstange umschließt und mindestens eine Kolbendichtung auf dem topfförmigen Bereich angeordnet ist. Insbesondere ist die Kolbendichtung dabei an einer Außenseite des topfförmigen Bereichs angeordnet. Auch hierdurch wird die Stabilität der Kolbenstange erhöht und die Montage vereinfacht.

Um die Kerbwirkung zu verringern kann vorgesehen sein, dass der mindestens eine Vorsprung des mindestens einen Verriegelungselements des Verstellkolbens und die Vertiefung in der Kolbenstange gerundete Übergänge aufweisen.

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 eine hydraulische Steuereinrichtung zur Steuerung der Längenverstellung der Pleuelstangen ist vorgesehen, die mit der Motorölhydraulik des Kolbenmotors verbunden ist. Die Kraftstoffeinsparung eines solchen Kolbenmotors kann beträchtlich sein, wenn in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand das Verdichtungsverhältnis entsprechend eingestellt wird. Mittels der formschlüssigen Verbindung des Verstellkolbens mit der Pleuelstange durch die ineinandergreifenden Verriegelungselemente und das Arretierungselement wird eine kostengünstige Herstellung und eine sichere Funktion der längenverstellbaren Pleuelstange ermöglicht.

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

- Fig. 1            eine schematische Ansicht einer teilweise freigeschnittenen erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange mit einer schematischen Darstellung des hydraulischen Steuerventils,
- Fig. 2            eine Detailansicht des oberen Pleuelabschnitts der Pleuelstange aus Fig. 1 mit einer Pleuelstange und einem daran befestigten Verstellkolben im Schnitt,
- Fig. 3            eine Detailansicht des oberen Pleuelabschnitts aus der Pleuelstange aus Fig. 1 gemäß einer anderen Ausführungsform im Schnitt,
- Fig. 4            Darstellung der Kraftflüsse im oberen Pleuelabschnitt der Pleuelstange aus Fig. 1 und
- Fig. 5            eine Variante des Ausführungsbeispiels aus Fig. 3.

In Fig. 1 ist eine längenverstellbare Pleuelstange 1 im Teilschnitt schematisch dargestellt, so dass eine Zylinder-Kolben-Einheit 10 zur Längenverstellung der Pleuelstange 1 sichtbar ist. Die längenverstellbare Pleuelstange 1 umfasst zwei teleskopierbar zueinander bewegbare Pleuelabschnitte 2, 3. Der in der Darstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 in Fig. 1 unten angeordnete untere Pleuelabschnitt 2 weist ein großes Pleuelauge 4 auf, mit dem die längenverstellbare Pleuelstange 1 auf der Pleuelwelle (nicht gezeigt) des Pleuelmotors gelagert ist. Dazu ist am unteren Pleuelabschnitt 2 eine Pleuelager 5 befestigt, die zusammen mit einem ebenfalls pleuelagerartig ausgebildeten unteren Bereich 2.1 des unteren Pleuel-

abschnitts 2 das große Pleuelauge 4 ausbildet. Die Lagerschale 5 und der untere Pleuelabschnitt 2 werden mittels Pleuelschrauben 34 miteinander verbunden. Der obere Pleuelabschnitt 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 einer Kolbenstange 8 und über die Kolbenstange 8 mit einem Verstellkolben 9 der hier als Zylinder-Kolben-Einheit 10 ausgebildeten Verstellvorrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 verbunden. Der Pleuelkopf 6 ist einstückig mit der Kolbenstange 8 ausgebildet. Der Verstellkolben 9 ist an der Kolbenstange 8 befestigt. Auf die Befestigung des Verstellkolbens 9 an der Kolbenstange 8 wird im Folgenden unter Bezug auf die Figuren 2 bis 4 näher eingegangen.

Dadurch, dass der Verstellkolben 9 an der Kolbenstange 8 befestigt ist, wird es ermöglicht, vor einem Zusammenbau des oberen Pleuelabschnitts 3 einen Zylinderdeckel 15 der Zylinder-Kolben-Einheit 10 und eine Stangendichtung 16 auf der Kolbenstange 8 sowie eine obere Kolbendichtung 17 und eine untere Kolbendichtung 18 an dem Verstellkolben 9 einfach und beschädigungsfrei anzuordnen.

Der obere Pleuelabschnitt 3 ist mittels des Verstellkolbens 9 teleskopierbar in dem unteren Pleuelabschnitt 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.

Der untere Pleuelabschnitt 2 umfasst ein Gehäuse 11, in dessen oberem Bereich ein Zylinder 12 der Zylinder-Kolben-Einheit 10 ausgebildet ist. Der Zylinder 12 ist als Zylinderbohrung oder Zylinderhülse in das Gehäuse 11 des unteren Pleuelabschnitts 2 eingebracht. In dem Zylinder 12 ist der Verstellkolben 9 des oberen Pleuelabschnitts 3 in Längsrichtung L 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 einen unteren Druckraum 13 und einen oberen Druckraum 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 die Stangendichtung 16 vorgesehen, die die Kolbenstange 8 umgibt und den oberen Druckraum 14 ge-

gegenüber der Umgebung abdichtet. Die obere Kolbendichtung 17 und die untere Kolbendichtung 18, die auf dem Verstellkolben 9 angeordnet sind, 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 der Verstellkolben 9 in der unteren Stellung (Kurzstellung) der längenverstellbaren Pleuelstange 1 an dem vom Zylinderboden 20 ausgebildeten unteren Anschlag anliegt. Die längenverstellbare Pleuelstange 1 umfasst ferner eine Steuereinrichtung 21, über die die Zylinder-Kolben-Einheit 10 bzw. die beiden Druckräume 13, 14 mit dem Hydraulikmittel versorgt werden und eine Längenverstellung der Pleuelstange 1 erreicht wird.

Im Folgenden wird anhand der in Fig. 1 dargestellten hydraulischen Verschaltung der Steuereinrichtung 21 die Versorgung der Zylinder-Kolben-Einheit 10 mit Hydraulikmittel näher erläutert. Die beiden Druckräume 13, 14 sind jeweils über getrennte Hydraulikmittelleitungen 22, 23 und separate Rückschlagventile 24, 25 und einen gemeinsamen Ölversorgungs kanal 26, der in das große Pleuelauge 4 mündet, mit dem Motorölkreislauf des Kolbenmotors verbunden. Ist die längenverstellbare Pleuelstange 1 in der langen Position, befindet sich im oberen Druckraum 14 kein Motoröl, während der untere Druckraum 13 hingegen vollständig mit Motoröl gefüllt ist. Während des Betriebs wird die Pleuelstange 1 aufgrund der Massen- und Gaskräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Stellung wird die Zugkraft durch den mechanischen Kontakt des Verstellkolbens 9 mit der Unterseite 19 des Zylinderdeckels 15 aufgenommen. Die Länge der Pleuelstange 1 verändert sich dadurch nicht. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf den mit Motoröl gefüllten unteren Druckraum 13 übertragen. Da das dem unteren Druckraum 13 zugeordnete Rückschlagventil 25 ein Ausströmen des Motoröls verhindert, steigt der Druck des Motoröls stark an und verhindert eine Änderung der Pleuellänge. Dadurch ist die längenverstellbare Pleuelstange 1 in dieser Bewegungsrichtung hydraulisch gesperrt. In der Kurzstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 drehen sich die Verhältnisse um. Der untere Druckraum 13 ist vollständig leer und eine Druckkraft wird durch den mechanischen Anschlag des Verstellkolbens 9 am Zylinderboden 20 aufgenommen, während der obere Druckraum 14 mit Motoröl gefüllt ist, so dass eine Zugkraft auf die längenverstellbare Pleuelstange 1 einen Druckanstieg im oberen Druckraum 14 verursacht und damit eine hydraulische Sperrung bewirkt.

Wie bereits beschrieben, kann die Pleuellänge der hier dargestellten längenverstellbaren Pleuelstange 1 zweistufig verstellt werden, indem einer der beiden Druckräume 13, 14 entleert wird

und der jeweils andere Druckraum 14, 13 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 hydraulisches Steuerventil, hier ein 3/2-Wegeventil 27, dessen beide schaltbaren Anschlüsse 30.1, 30.2 jeweils über eine Drossel 28, 29 mit je einer der 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 30.1, 30.2 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. Alternativ kann der Abströmkanal 33 das Motoröl direkt an die Umgebung abgeben. In der in Fig. 2 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 30.1, 30.2 geöffnet, so dass der zugehörige Druckraum 13, 14 geleert ist, während der andere Anschluss 30.2, 30.1 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 30.1, 30.2 geschlossen und der bisher geschlossene Anschluss 30.2, 30.1 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 30.2, 30.1 des 3/2-Wegeventils 27 und den Abströmkanal 33 in den Ölversorgungskanal 26.

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 – unterstützt durch den sowieso anstehenden Öldruck – 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 30.2, 30.1 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.

In Fig. 2 ist eine vergrößerte Detailansicht des oberen Pleuelabschnitts 3 aus Fig. 1 im Schnitt dargestellt. Gezeigt werden ein Schnitt durch die Kolbenstange 8 und den an der Kolbenstange 8 befestigten Verstellkolben 9. Das obere Pleuelauge ist nicht dargestellt. Wie bereits beschrieben, ist der Verstellkolben 9 an der Kolbenstange 8 befestigt. Dies erfolgt durch Verriegelungselemente 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9, die in Verriegelungselemente 36 der Kolbenstange 8 eingreifen.

Der Verstellkolben 9 umfasst im dargestellten Ausführungsbeispiel zwei Verriegelungselemente 35.1, 35.2, die mit einem Verriegelungselement 36 der Kolbenstange 8 zusammenwirken. Es können aber auch mehr oder weniger Verriegelungselemente vorgesehen sein. Die beiden Verriegelungselemente 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9 sind jeweils halbschalenförmig ausgebildet und liegen daher an zwei (nicht dargestellten) Stoßstellen, die sich im Wesentlichen in Längsrichtung L der Pleuelstange erstrecken, aneinander. Dabei ist in Fig. 2 rechts das erste halbschalenförmige Verriegelungselement 35.1 des Verstellkolbens 9 zu erkennen, links ist das zweite halbschalenförmige Verriegelungselement 35.2 zu sehen. Die Stoßstellen sind einerseits durch die Kolbenstange 8 verdeckt, andererseits aufgrund der Schnittführung nicht zu sehen. Die Außenseiten bzw. -wände der Verriegelungselemente 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9 sind im Wesentlichen rohrartig mit geradem Verlauf ausgeführt. Jedes der Verriegelungselemente 35.1, 35.2 umfasst einen nach innen ragenden Vorsprung 37. Die Vorsprünge 37 sind rippenförmig ausgebildet und erstrecken sich in Umfangsrichtung der Kolbenstange 8 entlang der gesamten Länge des jeweiligen Verriegelungselements 35.1, 35.2. Während die Vorsprünge 37 hier im Wesentlichen normal zur Längsrichtung L der Pleuelstange 1 verlaufen, sind auch Ausführungen möglich, wo sie schräg zur Längsachse L verlaufen. Zudem weisen die Vorsprünge 37 gerundete Übergänge auf. Das Verriegelungselement 36 der Kolbenstange 8 ist als umlaufende Vertiefung 42 in der Kolbenstange 8 ausgebildet und weist ebenfalls gerundete Übergänge auf. Durch die gerundeten Übergänge der Vorsprünge 37 und der Vertiefung 42 in der Kolbenstange 8 wird die Kerbwirkung verringert.

Die Vorsprünge 37 der Verriegelungselemente 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9 greifen in die umlaufende Nut bzw. Vertiefung in der Kolbenstange 8 ein. Die Querschnittsform der Vor-

sprünge 37 der Verriegelungselemente 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9 ist daher im Wesentlichen deckungsgleich zur Form der umlaufenden Vertiefung 42 in der Kolbenstange 8. Die ineinandergreifenden Verriegelungselemente 35.1, 35.2, 36 von Verstellkolben 9 und Kolbenstange 8 sind von einem ringförmigen bzw. hohlzylindrischen Arretierungselement 38 umgeben. Durch das Arretierungselement 38 werden die Vorsprünge 37 der Verriegelungselemente 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9 in die umlaufende Vertiefung 42 der Kolbenstange 8 gedrückt und in dieser Position fixiert. Die Verriegelungselemente 35.1, 35.2 weisen einen oberen Anschlag 41 auf, an dem das Arretierungselement 38 anliegt.

Im unteren Bereich des oberen Pleuelabschnitts 3 ist ein topfförmiger untere Dichtungsträger 39 angeordnet, beispielsweise verpresst oder aufgeklebt oder auf andere Weise angefügt. Der untere Dichtungsträger 39 ist ebenfalls Bestandteil des Verstellkolbens 9. Der untere Dichtungsträger 39 trägt eine untere Kolbendichtung 18, die an dem unteren Dichtungsträger 39 gesichert ist. Das in Fig. 2 obere Ende des unteren Dichtungsträger 39 liegt an dem Arretierungselement 38 und den beiden Verriegelungselementen 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9 an. Oberhalb der Verriegelungselemente 35.1, 35.2 ist ein oberer Dichtungsträger 40 angeordnet. Dieser obere Dichtungsträger 40 ist ebenfalls Bestandteil des Verstellkolbens 9 und trägt eine obere Kolbendichtung (nicht dargestellt). Zwischen dem oberen Pleuelauge, von dem nur der Fuß zu sehen ist, und dem Verstellkolben 9 sind der Zylinderdeckel 15 und die Kolbenstangendichtung (nicht dargestellt) auf der Kolbenstange 8 angeordnet bzw. geführt. Die Anbringung des Zylinderdeckels 15 und der Kolbenstangendichtung auf der Kolbenstange 8 erfolgt vor der Befestigung des Verstellkolbens 9 an der Kolbenstange 8, so dass einstückige Bauteile für den Zylinderdeckel 15 und die Kolbenstangendichtung verwendet werden können.

In einer nicht dargestellten Variante kann der Verstellkolben 9 auch einstückig ausgeführt sein, indem zumindest die in Fig. 2 als Verriegelungselemente 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9 bezeichneten Elemente einstückig mit dem Dichtungsträger 39 ausgebildet sind. Durch Bohrungen im Verstellkolben 9, die im Wesentlichen normal zu einer Längsachse L der Pleuelstange 1 verlaufen, können Stiftelemente geführt werden, die im montierten Zustand mit einer entsprechenden Aufnahme in der Kolbenstange 8, insbesondere dem als umlaufende Vertiefung 42 in der Kolbenstange 8 ausgeführten Verriegelungselement 36 der Kolbenstange 8, korrespondieren. Bohrungen und Stiftelemente bilden dabei die Verriegelungselemente 35.1, 35.2 des Verstellkolbens 9, die umlaufende Vertiefung 42 in der Kolbenstange 8 bildet das Verriegelungselement 36 der Kolbenstange. Durch das Positionieren der Stiftelemente in den Bohrungen und das Zusammenwirken mit der umlaufenden Vertiefung 42 in der Kolbenstange 9 kommt es zu einem formschlüssigen Ineinandergreifen der Verriegelungselemente

35.1, 35.2, 36. Durch Verstemmen der Stiftelemente in ihrer finalen Position wird ein Materialversatz erzeugt, der die Stiftelemente an ihrem Platz hält und als Arretierungselement die Verriegelungselemente ineinander arretiert.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Teilansicht einer längenverstellbaren Pleuelstange 1' aus Fig. 1 im Schnitt. In Fig. 3 sind der Zylinder 12 des unteren Pleuelabschnitts 2 und der untere Teil des oberen Pleuelabschnitts 3' ohne das obere Pleuelauge gezeigt. In diesem weiteren Ausführungsbeispiel unterscheiden sich sowohl der Aufbau des Verstellkolbens 9' als auch die Form des Zylinderdeckels 15' und der Stangendichtung 16' geringfügig von dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel. Der Verstellkolben 9' weist wiederum zwei Verriegelungselemente 35.1', 35.2' auf. Die Verriegelungselemente 35.1', 35.2' sind halbringförmig und weisen wiederum jeweils einen Vorsprung 37' auf, der nach innen ragt. Auch die Kolbenstange 8' weist wiederum ein Verriegelungselement 36' auf, das als ringförmig umlaufende Vertiefung 42' ausgebildet ist. Die Verriegelungselemente der 35.1', 35.2' des Verstellkolbens 9' liegen am Umfang der Kolbenstange 8' derart an, dass die Vorsprünge 37' in die ringförmig umlaufende Vertiefung 42' eingreifen. Die Querschnittsform der Vorsprünge 37' ist wieder im Wesentlichen deckungsgleich zur Querschnittsform der ringförmig umlaufenden Vertiefung 42'. Die Verriegelungselemente 35.1', 35.2' sind wiederum von einem ringförmig ausgebildeten Bereich 43 des Arretierungselements 38' umschlossen, so dass die Verriegelungselemente 35.1', 35.2' des Verstellkolbens 9' in das Verriegelungselement 36' der Kolbenstange 8' gedrückt und dort gehalten werden. In dem Bereich, der während des Betriebs der erfindungsgemäßen Pleuelstange 1' von dem ringförmig ausgebildeten Bereich 43 überstrichen werden, ist in der Wandung des Zylinders 12 eine Drainage-Bohrung 50 vorgesehen, die das Innere des Zylinders 12 mit der Umgebung der Pleuelstange 1' verbindet. Über diese Bohrung kann Hydraulikmittel, das trotz der Kolbendichtungen 17, 18 in diesen Bereich gelangt ist, abgeführt werden. Während in Fig. 3 nur eine derartige Drainage-Bohrung 50 dargestellt ist, können auch mehrere derartige Bohrungen über den Umfang des Zylinders 12 verteilt vorgesehen sein. An den ringförmigen Bereich 43 des Arretierungselements 38' schließt sich ein im Wesentlichen topfförmiger Bereich 44 des Arretierungselements 38' an, der das Ende der Kolbenstange 8' umgibt und an diesem Ende anliegt. Auf dem topfförmigen Bereich 44 des Arretierungselements 38' sind die untere Kolbendichtung 18 und ein unterer Dichtungsträger 39' angebracht, z.B. verpresst oder verklebt oder auf andere Weise aufgebracht. Zudem bildet das Arretierungselement 38' einen unteren Anschlag 45 aus, mit dem es an den Verriegelungselementen 35.1', 35.2' anliegt.

Auch diese Variante kann in einer nicht dargestellten Ausführungsform mit Bohrungen und Stiftelementen als Verriegelungselemente 35.1', 35.2' des Verstellkolbens 9' umgesetzt sein, die mit dem Verriegelungselement 36' der Kolbenstange 8' in Form einer ringförmig umlaufenden Vertiefung 42' zusammenwirken. Als Arretierungselement fungiert der sich durch Verstemmen der Stiftelemente ergebende Materialversatz.

Fig. 5 zeigt eine Variante des Ausführungsbeispiels aus Fig. 3, bei dem das Arretierungselement 38' so wie die Verriegelungselemente 35.1', 35.2' jeweils als Halbschalen ausgeführt und jedes dieser halbschaligen Arretierungselemente 38.1', 38.2' einstückig mit einem jeweils zugeordneten Verriegelungselement 35.1', 35.2' ausgeführt ist. Diese Kombinationselemente können dann auf die Kolbenstange 8' aufgebracht und mittels der unteren Kolbendichtung 18 bzw. des unteren Dichtungsträgers 39' fixiert werden. In Fig. 5 ist im dem unteren Druckraum 14 zugeordneten Bereich die Trennung zwischen den halbschaligen Arretierungselementen 38.1', 38.2' in Form eines vertikalen Strichs erkennbar.

Oberhalb des Arretierungselements 38' und der Verriegelungselemente 35.1', 35.2' umfasst der Verstellkolben 9' ein weiteres ringförmiges Bauteil 46. Im in Fig. 3 unteren Bereich ist dieses Bauteil 46 verdickt und bildet daher eine Stufe aus, die einen oberen Anschlag 41' ausbildet. An diesem oberen Anschlag 41' liegen sowohl die Verriegelungselemente 35.1', 35.2' des Verstellkolbens 9' als auch das Arretierungselement 38' an. Oberhalb des Anschlags 41' ist der Außendurchmesser des Bauteil 46 geringer. Dort sind an dem Bauteil 46 die obere Kolbendichtung 17 und ein oberer Dichtungsträger 40' befestigt.

Oberhalb des Verstellkolbens 9' sind auf der Kolbenstange 8' der Zylinderdeckel 15' und die von einem Dichtungsträger 47 gehaltene Stangendichtung 16' angeordnet. Sowohl der Zylinderdeckel 15' als auch die Stangendichtung 16' und der Dichtungsträger 47 werden vor der Befestigung des Verstellkolbens 9' auf die Kolbenstange 8' aufgefädelt und können somit einstückig ausgebildet sein.

In Fig. 3 ist der obere Pleuelabschnitt 3' in der langen Stellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1' dargestellt. Der untere Druckraum 14 ist daher mit Motoröl gefüllt und der Verstellkolben 9' liegt an dem durch den Zylinderdeckel 15' bzw. dem Dichtungsträger 47 der Stangendichtung 16' ausgebildeten Anschlag an.

In Fig. 4 sind die Lastflüsse der auf die längenverstellbare Pleuelstange 1 wirkenden Kräfte dargestellt. Von der Pleuelstange 1 ist lediglich die linke Hälfte des unteren Bereiches der

Kolbenstange 8 mit dem daran befestigten Verstellkolben 9 gezeigt. Der Verstellkolben 9 umfasst wieder den unteren Dichtungsträger 39, der die untere Kolbendichtung 18 hält, das Verriegelungselement 35.2, das das Verriegelungselement 35.2 umgebende ringförmige Arretierungselement 38, das an dem oberen Anschlag 41 des Verriegelungselements 35.2 anliegt und einen oberen Dichtungsträger 40, der die nicht dargestellte obere Kolbendichtung trägt. Eine auf die Kolbenstangen wirkende Druckkraft, die durch den Pfeil 48 dargestellt ist, wird über den unteren Dichtungsträger direkt auf die Kolbenstange 8 übertragen. Eine durch den Pfeil 49 dargestellte Zugkraft wird über den oberen Dichtungsträger 39 und den Anschlag 41 auf das Verriegelungselement 35.2 übertragen, und von dem nach innen ragenden Vorsprung 37 des Verriegelungselements 35.2 über die Kontaktflächen mit der umlaufenden Vertiefung 42 der Kolbenstange 8 auf die Kolbenstange 8 übertragen. Auf das Arretierungselement 38 wirken keine Kräfte.

## Bezugszeichenliste

|            |                                              |
|------------|----------------------------------------------|
| 1; 1'      | längenverstellbare Pleuelstange              |
| 2; 2'      | unterer Pleuelabschnitt                      |
| 2.1        | unterer Bereich des unteren Pleuelabschnitts |
| 3; 3'      | oberer Pleuelabschnitt                       |
| 4          | großes Pleuelauge                            |
| 5          | Lagerschale                                  |
| 6          | Pleuelkopf                                   |
| 7          | kleines Pleuelauge                           |
| 8; 8'      | Kolbenstange                                 |
| 9; 9'      | Verstellkolben                               |
| 10         | Zylinder-Kolben-Einheit                      |
| 11         | Gehäuse                                      |
| 12         | Zylinder                                     |
| 13         | unterer Druckraum                            |
| 14         | oberer Druckraum                             |
| 15; 15'    | Zylinderdeckel                               |
| 16; 16'    | Stangendichtung                              |
| 17         | obere Kolbendichtung                         |
| 18         | untere Kolbendichtung                        |
| 19         | Unterseite Zylinderdeckel                    |
| 20         | Zylinderboden                                |
| 21         | hydraulische Steuereinrichtung               |
| 22         | Hydraulikmittelleitung                       |
| 23         | Hydraulikmittelleitung                       |
| 24         | Rückschlagventil                             |
| 25         | Rückschlagventil                             |
| 26         | Ölversorgung                                 |
| 27         | hydraulisches Steuerventil                   |
| 28         | Drossel                                      |
| 29         | Drossel                                      |
| 30.1, 30.2 | Anschlüsse                                   |
| 31         | Steuerdruckleitung                           |

|              |                                          |
|--------------|------------------------------------------|
| 32           | Rückstellfeder                           |
| 33           | Abströmkanal                             |
| 34           | Pleuelschraube                           |
| 35.1, 35.1'  | Verriegelungselement Verstellkolben      |
| 35.2, 35.2'  | Verriegelungselement Verstellkolben      |
| 36; 36'      | Verriegelungselement Kolbenstange        |
| 37; 37'      | Vorsprung                                |
| 38; 38'      | Arretierungselement                      |
| 38.1', 38.2' | halbschalige Arretierungselement         |
| 39; 39'      | unterer Dichtungsträger                  |
| 40; 40'      | oberer Dichtungsträger                   |
| 41; 41'      | oberer Anschlag                          |
| 42; 42'      | Vertiefung Kolbenstange                  |
| 43           | ringförmiger Bereich Arretierungselement |
| 44           | topfförmiger Bereich Arretierungselement |
| 45           | unterer Anschlag                         |
| 46           | Bauteil                                  |
| 47           | Dichtungsträger Stangendichtung          |
| 48           | Druckkraft                               |
| 49           | Zugkraft                                 |
| 50           | Drainagebohrung                          |
| L            | Längsrichtung Pleuelstange               |

### Ansprüche

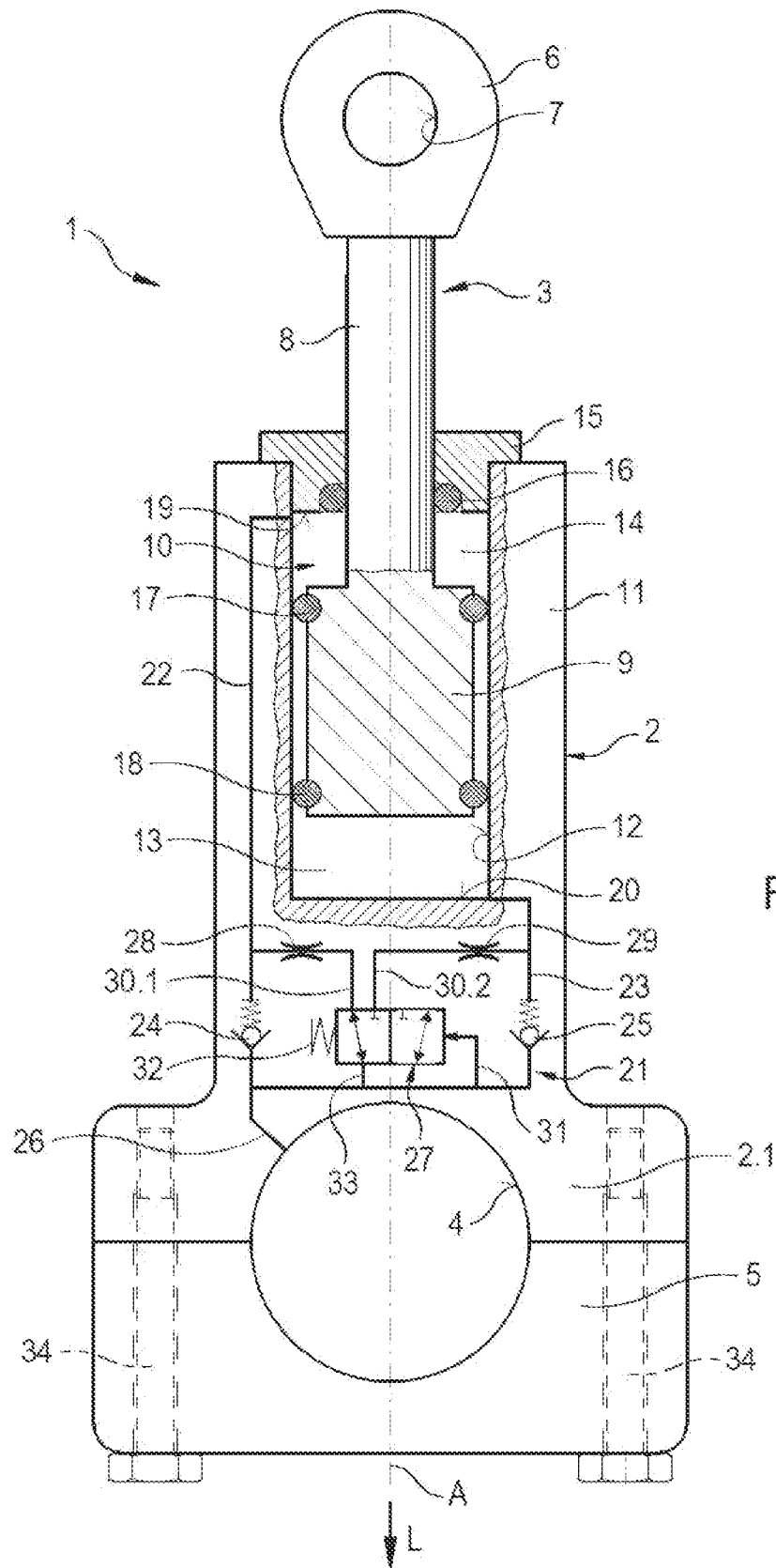
1. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') mit zwei teleskopierbaren Pleuelabschnitten (2, 3; 3'), wobei mindestens ein Pleuelabschnitt (3; 3') einen Verstellkolben (9; 9') und ein Pleuelauge (7) aufweist und Verstellkolben (9; 9') und Pleuelauge (7) über eine Kolbenstange (8; 8') miteinander verbunden sind,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Verstellkolben (9; 9') und die Kolbenstange (8; 8') jeweils mindestens ein Verriegelungselement (35.1, 35.2; 35.1', 35.2'; 36; 36') aufweisen, das mindestens eine Verriegelungselement (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9; 9') und das mindestens eine Verriegelungselement (36; 36') der Kolbenstange (8; 8') formschlüssig ineinandergreifen und mindestens ein Arretierungselement (38; 38') die Verriegelungselemente (35.1, 35.2; 35.1', 35.2'; 36; 36') ineinander arretiert.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Verriegelungselement (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9; 9') einen nach innen ragenden Vorsprung (37; 37') umfasst, das mindestens eine Verriegelungselement (36; 36') der Kolbenstange (8; 8') als Vertiefung (42; 42') in der Kolbenstange (8; 8') ausgebildet ist, wobei der nach innen ragende Vorsprung (37; 37') des mindestens einen Verriegelungselements (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9; 9') in die Vertiefung (42; 42') der Kolbenstange (8; 8') eingreift und das Arretierungselement (38; 38') die ineinandergreifenden Verriegelungselemente (35.1, 35.2; 35.1', 35.2'; 36; 36') ringförmig umschließt.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das der Verstellkolben (9; 9') zwei Verriegelungselemente (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') umfasst, die an Stoßstellen aneinander liegen, wobei vorzugsweise die Stoßstellen in Längsrichtung (L) der Pleuelstange (1) verlaufen.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der Verriegelungselemente (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9; 9') einen nach innen ragenden Vorsprung (37; 37') aufweist, und das mindestens eine Verriegelungselement (36; 36') der Kolbenstange (8; 8') als umlaufende Vertiefung (42; 42') ausgebildet ist, in die die nach innen ragenden Vorsprünge (37; 37') der Verriegelungselemente (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9; 9') eingreifen.

5. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Arretierungselement (38; 38') an einem oberen Anschlag (41; 41') anliegt, wobei der obere Anschlag (41; 41') mit dem mindestens einen Verriegelungselement (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9; 9') derart zusammenwirkt, dass auf das Arretierungselement (38; 38') wirkende Kräfte auf das mindestens eine Verriegelungselement (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9; 9') übertragen werden.
6. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der obere Anschlag (41) einstückig mit dem mindestens einen Verriegelungselement (35.1, 35.2) des Verstellkolbens (9) ausgebildet ist.
7. Längenverstellbare Pleuelstange (1') nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der obere Anschlag (41)' als separates Bauteil (46) ausgebildet ist, das an der dem Pleuelauge (4) zugewandten Seite des mindestens einen Verriegelungselements (35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9') auf der Kolbenstange (8') angeordnet ist.
8. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pleuelauge (7) und die Kolbenstange (8; 8') einstückig ausgebildet sind.
9. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Pleuelauge (4) und dem Verstellkolben (9; 9') ein Zylinderdeckel (15; 15') und eine Stangendichtung (16; 16') an der Kolbenstange (8; 8') angeordnet sind.
10. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Kolbendichtung (17; 18) an dem Verstellkolben (9; 9') angeordnet ist.
11. Längenverstellbare Pleuelstange (1') nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Arretierungselement (38') einen topfförmigen Bereich (44) umfasst, der ein unteres Ende der Kolbenstange (8') umschließt und dass mindestens eine Kolbendichtung (18) auf dem topfförmigen Bereich (44) angeordnet ist.
12. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Verstellkolben (9; 9') eine obere und eine

untere Kolbendichtung (17; 18) angeordnet sind, die mittels eines oberen Dichtungsträgers (40; 40') und eines unteren Dichtungsträgers (39; 39') gehalten sind.

13. Längenverstellbare Pleuelstange (1; 1') nach einem der Ansprüche 2 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Vorsprung (37; 37') des mindestens einen Verriegelungselements (35.1, 35.2; 35.1', 35.2') des Verstellkolbens (9; 9') und die Vertiefung (42; 42') in der Kolbenstange (8; 8') gerundete Übergänge aufweisen.
14. 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; 1') nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

1/5



2/5

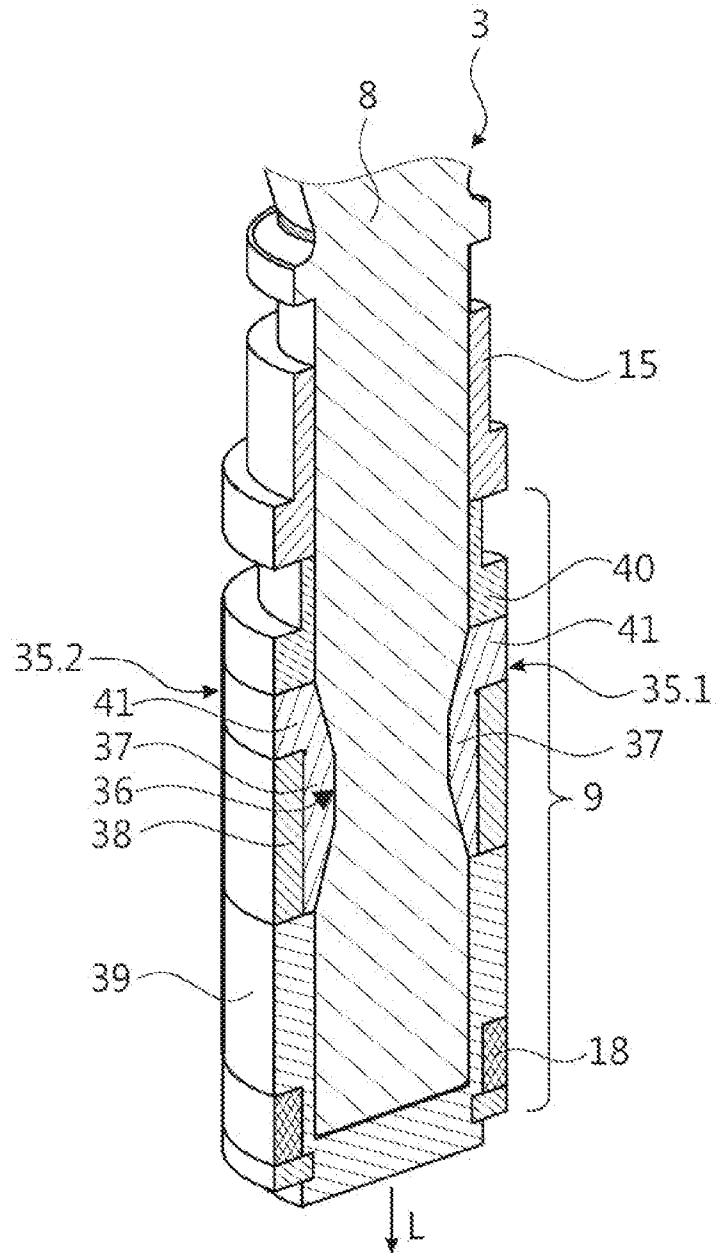


Fig. 2

3/5

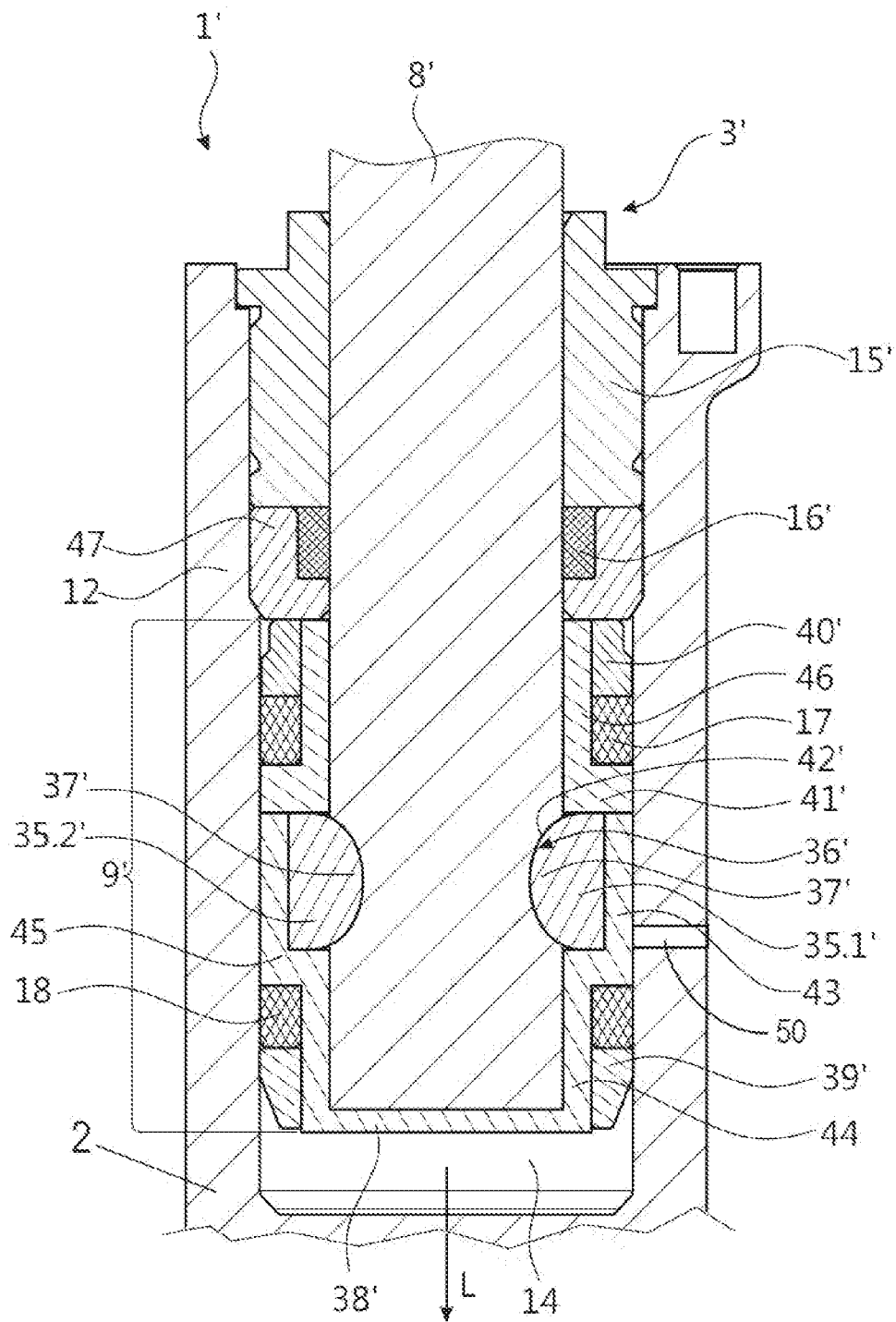


Fig. 3

4/5

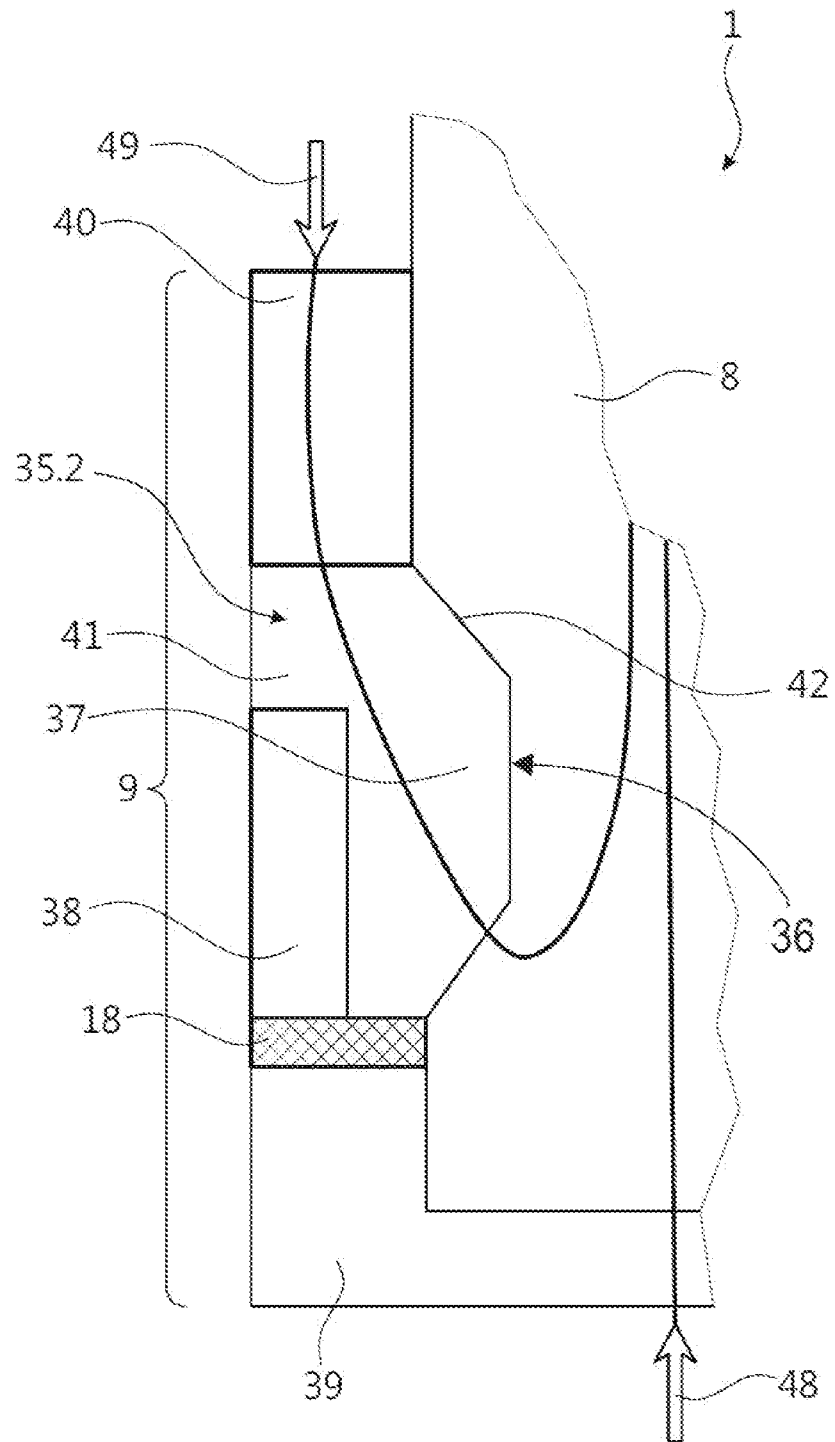


Fig. 4

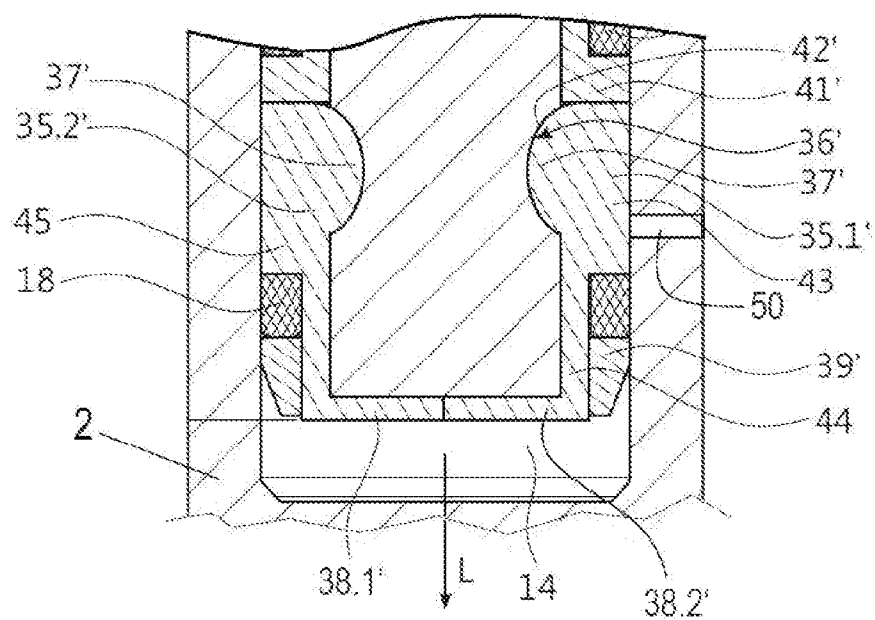


Fig. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2020/060202

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F02B 75/04**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | WO 2015055582 A2 (AVL LIST GMBH [AT]) 23 April 2015 (2015-04-23)                   | 1,3,8-10,14           |
| Y         | cited in the application                                                           |                       |
| Y         | abstract; figures 8,9                                                              | 1                     |
| Y         | DE 102018103392 A1 (ECO HOLDING 1 GMBH [DE]) 27 December 2018 (2018-12-27)         | 1                     |
| A         | abstract; figures                                                                  | 2-14                  |
| Y         | DE 102015109924 A1 (HILITE GERMANY GMBH [DE]) 15 September 2016 (2016-09-15)       | 1                     |
| A         | abstract; figures                                                                  | 2-14                  |
| Y         | EP 3067576 A1 (HILITE GERMANY GMBH [DE]) 14 September 2016 (2016-09-14)            | 1                     |
| A         | abstract; figures                                                                  | 2-14                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 September 2020

Date of mailing of the international search report

23 September 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office  
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Paulson, Bo

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/AT2020/060202**

| Patent document<br>cited in search report |              |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |              |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|--------------|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------|----|--------------------------------------|
| WO                                        | 2015055582   | A2 | 23 April 2015                        | AT                      | 514071       | A4 | 15 October 2014                      |
|                                           |              |    |                                      | CN                      | 105814327    | A  | 27 July 2016                         |
|                                           |              |    |                                      | EP                      | 3058239      | A2 | 24 August 2016                       |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 6467412      | B2 | 13 February 2019                     |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 2016535838   | A  | 17 November 2016                     |
|                                           |              |    |                                      | KR                      | 20160073979  | A  | 27 June 2016                         |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2016237889   | A1 | 18 August 2016                       |
|                                           |              |    |                                      | WO                      | 2015055582   | A2 | 23 April 2015                        |
| DE                                        | 102018103392 | A1 | 27 December 2018                     | NONE                    |              |    |                                      |
| DE                                        | 102015109924 | A1 | 15 September 2016                    | NONE                    |              |    |                                      |
| EP                                        | 3067576      | A1 | 14 September 2016                    | CN                      | 105972058    | A  | 28 September 2016                    |
|                                           |              |    |                                      | DE                      | 102015103463 | A1 | 15 September 2016                    |
|                                           |              |    |                                      | EP                      | 3067576      | A1 | 14 September 2016                    |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2016265448   | A1 | 15 September 2016                    |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. F02B75/04  
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
F02B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | WO 2015/055582 A2 (AVL LIST GMBH [AT])<br>23. April 2015 (2015-04-23)<br>in der Anmeldung erwähnt  | 1,3,<br>8-10,14    |
| Y          | Zusammenfassung; Abbildungen 8,9<br>-----                                                          | 1                  |
| Y          | DE 10 2018 103392 A1 (ECO HOLDING 1 GMBH<br>[DE]) 27. Dezember 2018 (2018-12-27)                   | 1                  |
| A          | Zusammenfassung; Abbildungen<br>-----                                                              | 2-14               |
| Y          | DE 10 2015 109924 A1 (HILITE GERMANY GMBH<br>[DE]) 15. September 2016 (2016-09-15)                 | 1                  |
| A          | Zusammenfassung; Abbildungen<br>-----                                                              | 2-14               |
| Y          | EP 3 067 576 A1 (HILITE GERMANY GMBH [DE])<br>14. September 2016 (2016-09-14)                      | 1                  |
| A          | Zusammenfassung; Abbildungen<br>-----                                                              | 2-14               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. September 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/09/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Paulson, Bo

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2020/060202

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| WO 2015055582 A2                                   | 23-04-2015                    | AT 514071 A4                      | 15-10-2014                    |
|                                                    |                               | CN 105814327 A                    | 27-07-2016                    |
|                                                    |                               | EP 3058239 A2                     | 24-08-2016                    |
|                                                    |                               | JP 6467412 B2                     | 13-02-2019                    |
|                                                    |                               | JP 2016535838 A                   | 17-11-2016                    |
|                                                    |                               | KR 20160073979 A                  | 27-06-2016                    |
|                                                    |                               | US 2016237889 A1                  | 18-08-2016                    |
|                                                    |                               | WO 2015055582 A2                  | 23-04-2015                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102018103392 A1                                 | 27-12-2018                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102015109924 A1                                 | 15-09-2016                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| EP 3067576 A1                                      | 14-09-2016                    | CN 105972058 A                    | 28-09-2016                    |
|                                                    |                               | DE 102015103463 A1                | 15-09-2016                    |
|                                                    |                               | EP 3067576 A1                     | 14-09-2016                    |
|                                                    |                               | US 2016265448 A1                  | 15-09-2016                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |