

(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
11. Mai 2018 (11.05.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/083263 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02B 75/04 (2006.01) *F16C 7/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/078225

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. November 2017 (03.11.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 120 942.2
03. November 2016 (03.11.2016) DE

(71) Anmelder: IWIS MOTORSYSTEME GMBH & CO.
KG [DE/DE]; Albert-Roßhaupter-Str. 53, 81369 München

(DE). AVL LIST GMBH [AT/AT]; Hans-List-Platz 1,
8020 Graz (AT).

(72) Erfinder: RIBA, Zoltán; Anzengruberstraße 3, 82140 Ol-
ching (DE). BODENSTEINER, Martin; Mozartstr. 3,
80336 München (DE). ARENS, Kai; Clemens-Bolz-Weg
9, 81377 München (DE). LATZ, Steffen; St.-Cajetan-Str-
aße 29, 81669 München (DE). HELLER, Malte; Paosostra-
ße 55, 81243 München (DE). MAYRHOFFER, Norbert;
Zornweg 6, 8063 Eggersdorf (AT).

(74) Anwalt: GRÜNECKER PATENT- UND RECHTSAN-
WÄLTE PARTG MBB; Leopoldstr. 4, 80801 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,

(54) Title: CONNECTING ROD HAVING A STEPPED PISTON

(54) Bezeichnung: PLEUELSTANGE MIT STUFENKOLBEN

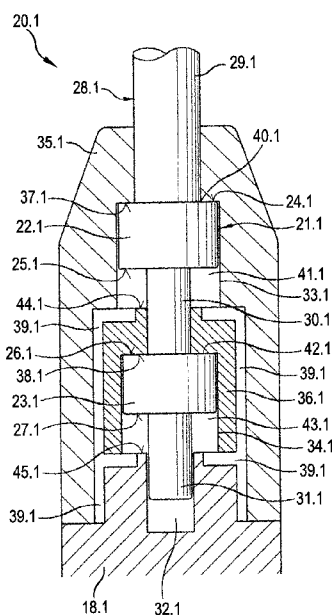


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a length-adjustable connecting rod for an internal combustion engine, in particular a spark-ignition engine, comprising a first connecting rod part and a second connecting rod part, wherein the first connecting rod part can be moved relative to the second connecting rod part, and comprising at least one cylinder-piston unit in order to adjust the first connecting rod part relative to the second connecting rod part. The cylinder-piston unit comprises at least one cylinder bore, an adjustment piston arranged for longitudinal movement in the cylinder bore, a piston rod, and at least one first pressure chamber provided in the cylinder bore for holding engine oil, which pressure chamber is bounded on one side by an end face of the movable adjustment piston. The problem addressed by the invention is that of providing a length-adjustable connecting rod that can be used in the greatly limited installation space and that has the required long service life. For this purpose, according to the invention, the adjustment piston is stepped and has at least two further end surfaces such that at least two further pressure chambers are formed. The invention further relates to the use of such a connecting rod in an internal combustion engine and to an internal combustion engine having such a length-adjustable connecting rod.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Ottomotor, mit einem ersten Pleuelteil und einem zweiten Pleuelteil, wobei das erste Pleuelteil gegenüber dem zweiten Pleuelteil bewegbar ist, und mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit, um das erste Pleuelteil relativ zum zweiten Pleuelteil zu verstellen, die Zylinder-Kolben-Einheit umfasst mindestens eine Zylinderbohrung, einen in der Zylinderbohrung längst bewegbar angeordneten Verstellkolben, eine Pleuelstange und mindestens einen in der Zylinderbohrung vorgesehenen ersten Druckraum zur Aufnahme von Motoröl, der einseitig von einer Stirnseite des bewegbaren Verstellkolbens begrenzt ist. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine längenverstellbare Pleuelstange bereitzustellen, die in dem stark begrenzten Bauraum eingesetzt werden kann und die benötigte hohe Lebensdauer aufweist. Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass



WO 2018/083263 A1

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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

der Verstellkolben abgesetzt ist und mindestens zwei weitere Stirnflächen aufweist, sodass mindestens zwei weitere Druckräume ausgebildet sind. Ferner bezieht sich die Erfindung auch auf die Verwendung einer solchen Pleuelstange in einem Verbrennungsmotor und auf einen Verbrennungsmotor mit einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange.

Pleuelstange mit Stufenkolben

Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Ottomotor, mit einem ersten Pleuelteil und einem zweiten Pleuelteil, wobei das erste Pleuelteil gegenüber dem zweiten Pleuelteil bewegbar ist, und mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit, um das erste Pleuelteil relativ zum zweiten Pleuelteil zu verstellen, die Zylinder-Kolben-Einheit umfasst mindestens eine Zylinderbohrung, einen in der Zylinderbohrung längs bewegbar angeordneten Verstellkolben, eine Kolbenstange und mindestens einen in der Zylinderbohrung vorgesehenen ersten Druckraum zur Aufnahme von Motoröl, der einseitig von einer Stirnseite des bewegbaren Verstellkolbens begrenzt ist. Weiter betrifft die Erfindung einen Verbrennungsmotor mit einer solchen Pleuelstange, die Verwendung einer solchen Pleuelstange in einem Verbrennungsmotor und ein Verfahren zur Montage der längenverstellbaren Pleuelstange.

Der thermische Wirkungsgrad eines Verbrennungsmotors, insbesondere bei Ottomotoren, ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis zwischen Hubvolumen und Kompressionsvolumen im Verbrennungsraum. Mit steigendem Verdichtungsverhältnis nimmt der thermische Wirkungsgrad zu. Die Zunahme des thermischen Wirkungsgrades über das Verdichtungsverhältnis ist degressiv, allerdings im Bereich heute üblicher Werte noch relativ stark ausgeprägt.

In der Praxis kann das Verdichtungsverhältnis nicht beliebig gesteigert werden, da ein zu hohes Verdichtungsverhältnis zu einer unbeabsichtigten Selbstentzündung des Verbrennungsgemischs durch Druck- und Temperaturerhöhung führt. Diese frühzeitige Verbrennung führt nicht nur zu einem unruhigen Lauf und dem sogenannten Klopfen bei Ottomotoren, sondern kann auch zu Bauteilschäden am Motor führen. Im Teillastbereich ist die Gefahr der Selbstentzündung, die neben dem Einfluss von Umgebungstemperatur und Druck auch vom Betriebspunkt des Motors abhängig ist, geringer. Entsprechend ist im Teillastbereich ein höheres Verdichtungsverhältnis möglich. In der Entwicklung von modernen Verbrennungsmotoren gibt es daher Bestrebungen, das Verdichtungsverhältnis an den jeweiligen Betriebspunkt des Motors anzupassen.

Für die Realisierung eines variablen Verdichtungsverhältnisses (VCR) existieren unterschiedliche Lösungen, mit denen die Lage des Hubzapfens der Kurbelwelle oder des Kolbenbolzens des Motorkolbens verändert oder die effektive Länge der Pleuelstange variiert wird. Hierbei gibt es jeweils Lösungen für eine kontinuierliche und diskontinuierliche Verstellung der Bauteile. Eine kontinuierliche Verstellung ermöglicht eine optimale Reduzierung des CO₂-Ausstoßes und des Verbrauchs aufgrund eines für jeden Betriebspunkt einstellbaren Verdichtungsverhältnis-

ses. Demgegenüber ermöglicht eine diskontinuierliche Verstellung mit zwei als Endanschläge der Verstellbewegung ausgebildeten Stufen konstruktive und betriebstechnische Vorteile und ermöglicht trotzdem im Vergleich zu einem konventionellen Kurbeltrieb noch signifikante Einsparungen im Verbrauch und im CO₂-Ausstoß.

Bereits die Druckschrift US 2,217,721 beschreibt einen Verbrennungsmotor mit einer längenverstellbaren Pleuelstange mit zwei teleskopartig ineinander verschiebbaren Stangenteilen, die gemeinsam einen Hochdruckraum ausbilden. Zur Befüllung und Entleerung des Hochdruckraums mit Motoröl und damit zur Längenänderung der Pleuelstange ist ein Steuerventil mit einem federvorgespannten Verschlusselement vorgesehen, das durch den Druck des Motoröls in eine geöffnete Stellung verschiebbar ist.

Eine diskontinuierliche Verstellung des Verdichtungsverhältnisses für einen Verbrennungsmotor zeigt die EP 1 426 584 A1, bei der ein mit dem Kolbenbolzen verbundener Exzenter eine Einstellung des Verdichtungsverhältnisses ermöglicht. Dabei erfolgt eine Fixierung des Exzenters in der einen oder anderen Endstellung des Schwenkbereichs mittels einer mechanischen Arretierung.

Aus der DE 10 2005 055 199 A1 geht ebenfalls die Funktionsweise eines längenvariablen Pleuels hervor, mit dem verschiedene Verdichtungsverhältnisse ermöglicht werden. Die Realisierung erfolgt auch hier über einen Exzenter im kleinen Pleuelauge, das in seiner Position durch zwei Hydraulikzylinder mit veränderbarem Widerstand fixiert wird.

Die WO 2013/092364 A1 beschreibt eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor mit zwei teleskopartig ineinander verschiebbaren Stangenteilen, wobei ein Stangenteil einen Zylinder und das zweite Stangenteil ein längsverschiebbares Kolbenelement ausbildet. Zwischen dem Verstellkolben des ersten Stangenteils und dem Zylinder des zweiten Stangenteils ist ein Hochdruckraum ausgebildet, der über einen Ölkanal und ein öldruckabhängiges Ventil mit Motoröl versorgt wird.

Eine ähnliche längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor mit teleskopartig verschiebbaren Stangenteilen ist in der WO 2015/055582 A2 gezeigt. Gemäß der WO 2015/055582 A2 soll das Verdichtungsverhältnis im Verbrennungsmotor durch die Pleuellänge verstellt werden. Die Pleuellänge beeinflusst das Kompressionsvolumen im Verbrennungsraum, wobei das Hubvolumen durch die Position des Kurbelwellenzapfens und die Zylinderbohrung vorgegeben ist. Eine kurze Pleuelstange führt daher zu einem geringeren Verdichtungsverhältnis als eine lange Pleuelstange bei ansonsten gleichen geometrischen Abmessungen, wie Kolben, Zylinderkopf, Kurbelwelle, Ventilsteuerung, etc. Die Pleuellänge wird hydraulisch zwischen

zwei Stellungen variiert. Die gesamte Pleuelstange ist mehrteilig ausgeführt, wobei die Längenänderung durch einen Teleskopmechanismus mit einem doppelwirkenden Hydraulikzylinder erfolgt. Das kleine Pleuelauge, üblicherweise zur Aufnahme des Kolbenbolzens, ist mit einer Kolbenstange verbunden (teleskopierbarer Stangenteil). Der zugehörige Verstellkolben ist axial verschiebbar in einem Zylinder geführt, der in dem Pleuelteil mit dem großen Pleuelauge, üblicherweise zur Aufnahme des Kurbelwellenzapfens, angeordnet ist. Der Verstellkolben trennt den Zylinder in zwei Druckräume, einen oberen und einen unteren Druckraum. Diese beiden Druckräume werden über Rückschlagventile mit Motoröl versorgt, wobei die Versorgung mit Motoröl über die Schmierung des Pleuellagers erfolgt. Hierzu ist eine Öldurchführung vom Kurbelwellenzapfen über das Pleuellager zur Pleuelstange und dort über die Rückschlagventile in die Druckräume erforderlich. Ist die Pleuelstange in der langen Position, befindet sich kein Motoröl in dem oberen Druckraum. Der untere Druckraum hingegen ist vollständig mit Motoröl gefüllt. Während des Betriebs wird die Pleuelstange aufgrund der Gas- und Massenkräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Position der Pleuelstange wird eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit einem oberen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen. Die Pleuellänge ändert sich dadurch nicht. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf den ölgefüllten unteren Druckraum übertragen. Da das Rückschlagventil dieses Druckraums den Ölrücklauf unterbindet, steigt der Öldruck an, wobei in dem unteren Druckraum Drücke von über 2.000 bar entstehen können. Die Pleuellänge ändert sich nicht. Die Pleuelstange ist in dieser Richtung hydraulisch gesperrt. In der kurzen Stellung der Pleuelstange drehen sich die Verhältnisse um. Der untere Druckraum ist leer, der obere Druckraum ist mit Motoröl gefüllt. Eine Zugkraft bewirkt einen Druckanstieg in dem oberen Druckraum. Eine Druckkraft wird durch einen mechanischen Anschlag aufgenommen. Die Pleuellänge kann zweistufig verstellt werden, indem einer der beiden Druckräume entleert wird. Hierbei wird jeweils eines der beiden Zulauf Rückschlagventile durch einen zugeordneten Rücklaufkanal überbrückt. Durch diese Rücklaufkanäle kann Motoröl unabhängig von der Druckdifferenz zwischen dem Druckraum und der Versorgungseinrichtung fließen. Das jeweilige Rückschlagventil verliert entsprechend seine Wirkung. Die beiden Rücklaufkanäle werden durch ein Steuerventil geöffnet und geschlossen, wobei immer genau ein Rücklaufkanal offen, der andere geschlossen ist. Der Aktuator zur Schaltung der beiden Rücklaufkanäle wird z.B. hydraulisch durch den Versorgungsdruck angesteuert.

Der Bauraum für eine solche längenverstellbare Pleuelstange ist sowohl axial als auch radial begrenzt. In Kurbelwellenrichtung wird der Bauraum durch die Lagerbreite und den Abstand der Gegengewichte begrenzt. Axial ist ohnehin nur der Bauraum zwischen dem kleinen Pleuelauge

zur Lagerung des Kolbenbolzens und dem großen Pleuelauge zur Lagerung des Kurbelwellenzapfens und ein eventueller Verstellhub der Pleuelstange vorhanden.

Die in einem Verbrennungsmotor von einer Pleuelstange zu übertragenden Kräfte sind beträchtlich, weshalb auch die Drücke in dem Druckraum des Verstellmechanismus erheblich sein können. Angesichts der hohen Innendrucke bei einem solchen Verstellmechanismus ist die Dauerfestigkeit der verwendeten Werkstoffe problematisch, aber auch die Konstruktion des Verstellmechanismus im Hinblick auf den geringen Bauraum. Zudem können über das Motoröl Partikel in die Pleuelstange und den Verstellmechanismus gelangen, weshalb der Verstellmechanismus auch eine hohe Toleranz gegenüber Verunreinigungen aufweisen muss.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine längenverstellbare Pleuelstange bereitzustellen, die eine einfache Herstellung ermöglicht und eine hohe Lebensdauer trotz vorhandener Verunreinigungen im Motoröl gewährleistet.

Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Verstellkolben abgesetzt ist und mindestens zwei weitere Stirnflächen aufweist, so dass mindestens zwei weitere Druckräume ausgebildet sind. Üblicherweise sind der Verstellkolben und die Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit rotationssymmetrisch ausgebildet, aber nicht auf eine solche geometrische Form beschränkt. Eine längenverstellbare Pleuelstange gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst auch ovale, mehreckige oder anderweitige Querschnittsformen des Verstellkolbens und der Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit.

Der Verstellkolben ist als Stufenkolben ausgebildet und weist mehrere Stirnflächen auf. Dadurch ist die Wirkfläche des Verstellkolbens größer und der durch die auf die Pleuelstange wirkenden Kräfte erzeugte Druck geringer. Durch diesen geringeren Systemdruck sind auch die Belastungen auf die Hydraulikkomponenten geringer, wodurch eine hohe Lebensdauer der Pleuelstange ermöglicht wird.

Eine einfache Ausgestaltung ist möglich, wenn der Verstellkolben mindestens zwei in axialer Richtung hintereinander angeordnete Verstellkolbenbauteile umfasst. Die Verstellkolbenbauteile sind dabei beabstandet zueinander angeordnet.

In einer weiteren Variante kann vorgesehen werden, dass die Zylinder-Kolben-Einheit eine weitere Zylinderbohrung umfasst und jedes Verstellkolbenbauteil in einer Zylinderbohrung angeordnet ist. Dadurch ist eine einfache Ausbildung des Verstellkolbens und damit der Zylinder-Kolben-Einheit möglich.

Um eine einfache Fertigung und Montage zu ermöglichen, kann vorgesehen sein, dass die Kolbenstange mindestens zwei in axialer Richtung hintereinander angeordnete Kolbenstangenbauteile umfasst.

Eine gute Führung der Kolbenstange der Zylinder-Kolben-Einheit wird ermöglicht, wenn das untere Ende der Kolbenstange in einer Vertiefung im zweiten Pleuelteil aufgenommen ist.

In noch einer weiteren Variante kann vorgesehen sein, dass jeder Zylinderbohrung einen integrierten oberen Anschlag für das darin angeordnete Verstellkolbenbauteil aufweist. Durch die Ausbildung der Zylinderbohrung und des oberen Anschlags als ein Bauteil ist der obere Anschlag sehr robust. Da der obere Anschlag integral mit der Zylinderbohrung ausgebildet ist, können die Zylinderbohrung, der obere Anschlag und eine Stangenführung für die Kolbenstange durch den oberen Anschlag gut coaxial gefertigt werden.

Es kann auch vorgesehen werden, dass die erste und die zweite Zylinderbohrung mit den integrierten Anschlägen je in einem ersten und einem zweiten Zylindergehäuse ausgebildet sind und die Zylindergehäuse Ölnuten zur Ölversorgung der jeweiligen Druckräume aufweisen. Dadurch werden eine massive Ausgestaltung der Zylinderbohrung und eine einfache Ölversorgung der Zylinder-Kolben-Einheit ermöglicht.

Darüber hinaus kann die Zylinder-Kolben-Einheit eine Verdrehsicherung aufweisen, mittels der ein relatives Verdrehen zwischen der mindestens einen Zylinderbohrung und dem Verstellkolben verhindert ist. Hierdurch werden keine unnötigen Verdrehkräfte in die Anbindungsstellen der Pleuelstange am Motorkolben und der Kurbelwelle eingeleitet.

Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auch auf ein Verfahren zur Montage der oben beschriebenen längenverstellbaren Pleuelstange. Es soll ein Verfahren bereitgestellt werden, dass eine einfache Fertigung einer längenverstellbaren Pleuelstange mit engen Toleranzen und guter Führung ermöglicht und das zu einer stabilen Pleuelstange mit einer langen Lebensdauer führt. Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Montageverfahren die folgenden Schritte in der angegebenen Reihenfolge umfasst:

- Montage mindestens einer Kolbenstangendichtung und ggf. mindestens eines Kolbenstangenabstreifers im Bereich des ersten Kolbenstangenbauteils sowie mindestens einer Kolbendichtung im Bereich des ersten Verstellkolbenbauteils;
- Einsetzen des ersten Verstellkolbenbauteils und des ersten Kolbenstangenbauteils in die erste Zylinderbohrung in dem ersten Zylindergehäuse;

- Montage mindestens einer Kolbenstangendichtung und ggf. mindestens eines Kolbenstangenabstreifers im Bereich des zweiten Kolbenstangenbauteils sowie mindestens einer Kolbendichtung im Bereich des zweiten Verstellkolbenbauteils;
- Einsetzen der beiden Zylindergehäuse ineinander;
- Einsetzen des zweiten Verstellkolbenbauteils und des zweiten Kolbenstangenbauteils in die zweite Zylinderbohrung in dem zweiten Zylindergehäuse;
- Verbinden der Kolbenstangenbauteile miteinander bzw. mit den Verstellkolbenbauteilen;
- Verbinden der zweiten Zylinderbohrung mit dem zweiten Pleuelteil.

Dadurch, dass der Verstellkolben mehrere Stirnflächen aufweist, wird seine Wirkfläche größer und dadurch der im Betrieb auftretende Druck geringer. Die Fertigung der Zylinder-Kolben-Einheit wird dadurch erleichtert, dass zwei Verstellkolbenbauteile, zwei Kolbenstangenbauteile und zwei Zylinderbohrungen bzw. zwei Zylindergehäuse mit jeweils einer Zylinderbohrung vorgesehen sind. Dadurch können zuerst ein erster und ein zweiter Druckraum aufgebaut werden, die durch die jeweilige Zylinderbohrung und das darin angeordnete Verstellkolbenbauteil ausgebildet sind, und im Anschluss daran ein dritter und ein vierter Druckraum, die durch die jeweils andere Zylinderbohrung und das darin angeordnete Verstellkolbenbauteil ausgebildet sind. Dies ist insbesondere deshalb wichtig da die einzelnen Bauteile aufgrund des geringen Bauraums relativ klein sind und die Montage daher schwierig wird.

Das Verfahren kann einen weiteren Schritt enthalten, in dem eine Verdrehsicherung zwischen dem Verstellkolben und der Zylinderbohrung angebracht wird. Hierdurch wird sichergestellt dass der Verstellkolben immer in der richtigen Position in der Zylinderbohrung läuft.

In einer weiteren Variante kann vorgesehen werden, dass vor dem Verbinden der zweiten Zylinderbohrung und damit der Zylinder-Kolben-Einheit mit dem zweiten Pleuelteil eine Funktionsprüfung der Zylinder-Kolben-Einheit durchgeführt wird. Eventuell vorhandene Fehler können zu diesem Zeitpunkt noch leicht behoben werden.

Die Erfindung bezieht sich des Weiteren auch auf die Verwendung der oben beschriebenen längenverstellbaren Pleuelstange in einem Verbrennungsmotor mit mindestens einem Hubkolben. Hierdurch wird ein Verbrennungsmotor mit einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis bereitgestellt, der sehr einfach gefertigt und kontrolliert werden kann, und eine hohe Lebensdauer aufweist.

In einem weiteren Aspekt bezieht sich die Erfindung auch auf einen Verbrennungsmotor mit mindestens einem Hubkolben und mit zumindest einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in einem Zylinder und einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange entsprechend den oben beschriebenen Ausführungsformen. Bevorzugt sind sämtliche Hubkolben eines Verbrennungsmotors mit einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange ausgestattet, erforderlich ist dies jedoch nicht. Die Kraftstoffeinsparung eines solchen Verbrennungsmotors kann beträchtlich sein und u. U. bis zu 20 % betragen, wenn in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand das Verdichtungsverhältnis entsprechend eingestellt wird.

Gemäß einer Variante des Verbrennungsmotors können ein Steuertrieb mit mindestens einer Steuerkette, einer Spann- und/oder Führungsschiene, und/oder einem Kettenspanner vorgesehen sein, der die Kurbelwelle mit der mindestens eine Nockenwelle des Verbrennungsmotors verbindet. Der Steuertrieb ist insofern wichtig, weil dieser maßgeblichen Einfluss auf die dynamische Belastung des Verbrennungsmotors und somit auch auf die längenverstellbare Pleuelstange haben kann. Bevorzugt wird dieser so ausgestaltet, dass keine zu hohen dynamischen Kräfte über den Steuertrieb eingeleitet werden.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen, die in den Zeichnungen dargestellt sind, näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1: einen schematischen Querschnitt durch einen Verbrennungsmotor,
- Figur 2: eine Zylinder-Kolben-Einheit zur Längenverstellung einer Pleuelstange des Verbrennungsmotors aus Figur 1,
- Figur 3a eine Variante der Zylinder-Kolben-Einheit in einer ersten Schaltstellung, und
- Figur 3b die Variante aus Fig. 3a in einer zweiten Schaltstellung.

Aus Gründen der Übersicht sind in den Figuren bzw. der nachfolgenden Beschreibung identische Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist in schematischer Darstellung ein Verbrennungsmotor (Ottomotor) 1 dargestellt. Der Verbrennungsmotor 1 hat drei Zylinder 2.1, 2.2 und 2.3, in denen sich jeweils ein Hubkolben 3.1, 3.2, 3.3 auf und ab bewegt. Des Weiteren umfasst der Verbrennungsmotor 1 eine Kurbelwelle 4, die mittels Kurbelwellenlagern 5.1 – 5.4 drehbar gelagert ist. Die Kurbelwelle 4 ist mittels Pleuelstangen 6.1, 6.2 und 6.3 jeweils mit zugehörigen Hubkolben 3.1, 3.2 und 3.3 verbunden. Für jede Pleuelstange 6.1, 6.2 und 6.3 weist die Kurbelwelle 4 einen exzentrisch angeordneten Kurbelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 auf. Das große Pleuelauge 8.1, 8.2, und 8.3 ist je-

weils auf dem zugehörigen Kurbelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 gelagert. Das kleine Pleuelauge 9.1, 9.2 und 9.3 ist jeweils auf einem Kolbenbolzen 10.1, 10.2 und 10.3 gelagert und so mit dem zugehörigen Hubkolben 3.1, 3.2 und 3.3 schwenkbar verbunden.

Die Kurbelwelle 4 ist mit einem Kurbelwellenkettenrad 11 versehen und mittels einer Steuerkette 12 mit einem Nockenwellenkettenrad 13 gekoppelt. Das Nockenwellenkettenrad 13 treibt eine Nockenwelle 14 mit ihren zugehörigen Nocken zur Betätigung der Ein- und Auslassventile (nicht näher dargestellt) eines jeden Zylinders 2.1, 2.2 und 2.3 an. Das Leertrum der Steuerkette 12 wird mittels einer schwenkbar angeordneten Spannschiene 15 gespannt, die mittels eines Kettenspanners 16 an diese angeedrückt wird. Das Zugtrum der Steuerkette 12 kann entlang einer Führungsschiene gleiten. Die wesentliche Funktionsweise dieses Steuertriebs einschließlich der Kraftstoffeinspritzung und Zündung mittels Zündkerze wird nicht näher erläutert und als bekannt vorausgesetzt.

Die Exzentrizität der Kurbelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 gibt maßgeblich den Hubweg H_K vor, insbesondere wenn, wie im vorliegenden Fall, die Kurbelwelle 4 exakt zentrisch unter den Zylindern 2.1, 2.2 und 2.3 angeordnet ist. In Fig. 1 ist der Hubkolben 3.1 in seiner untersten Stellung dargestellt, während der Hubkolben 3.2 in seiner obersten Stellung dargestellt ist. Die Differenz ergibt im vorliegenden Fall den Hubweg H_K . Die verbleibende Höhe H_C (siehe Zylinder 2.2) ergibt die verbleibende Kompressionshöhe im Zylinder 2.2. In Verbindung mit dem Durchmesser des Hubkolbens 3.1, 3.2 oder 3.3 bzw. der zugehörigen Zylinder 2.1, 2.2 und 2.3 ergibt sich aus dem Hubweg H_K das Hubvolumen V_h und aus der verbleibenden Kompressionshöhe H_C errechnet sich das Kompressionsvolumen V_c . Selbstverständlich hängt das Kompressionsvolumen V_c maßgeblich von der Gestaltung des Zylinderdeckels ab. Aus diesen Volumen V_h und V_c berechnet sich das Verdichtungsverhältnis ϵ . ϵ errechnet sich aus der Summe des Hubvolumens V_h und des Kompressionsvolumens V_c dividiert durch das Kompressionsvolumen V_c . Heute übliche Werte für Ottomotoren liegen für ϵ zwischen 10 und 14.

Damit in Abhängigkeit vom Betriebspunkt (n , T , Drosselklappenstellung) des Verbrennungsmotors 1 das Verdichtungsverhältnis ϵ angepasst werden kann, sind die Pleuelstangen 6.1, 6.2 und 6.3 erfindungsgemäß in ihrer Länge verstellbar ausgestaltet. Hierdurch kann z.B. im Teillastbereich mit einem höheren Verdichtungsverhältnis gefahren werden als im Volllastbereich.

Jede der Pleuelstangen 6.1, 6.2, 6.3 umfasst ein erstes Pleuelteil 17.1, 17.2, 17.3 und ein zweites Pleuelteil 18.1, 18.2, 18.3. In dem ersten Pleuelteil 17.1, 17.2, 17.3 ist das besagte kleine Pleuelauge 9.1, 9.2, 9.3 ausgebildet. Das zweite Pleuelteil 18.1, 18.2, 18.3 umgibt zusammen mit einer unteren Lagerschale 19.1, 19.2, 19.3 das besagte große Pleuelauge 8.1, 8.2, 8.3. Die

unteren Lagerschalen 19.1, 19.2, 19.3 sind mit dem jeweiligen zweiten Pleuelteil 18.1, 18.2, 18.3 in üblicher Weise mittels Befestigungsmitteln miteinander verbunden. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist zwischen jedem ersten Pleuelteil 17.1, 17.2, 17.3 und dem zugehörigen zweiten Pleuelteil 18.1, 18.2, 18.3 eine Zylinder-Kolben-Einheit 20.1, 20.2, 20.3 zur Längenverstellung der Pleuelstangen 6.1, 6.2, 6.3 angeordnet. In nicht dargestellten Varianten kann auch nur bei einigen Pleuelstangen 6.1, 6.2, 6.3 des Verbrennungsmotors 1 eine derartige Zylinder-Kolben-Einheit vorgesehen sein.

In Fig. 2 ist eine Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 dargestellt, die jedoch identisch zu den anderen Zylinder-Kolben-Einheiten 20.2, 20.3 ausgestaltet ist. Die folgende Beschreibung gilt daher entsprechend für alle Zylinder-Kolben-Einheiten. Die Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 umfasst einen Verstellkolben 21.1. Der Verstellkolben 21.1 ist abgesetzt und weist also mittig eine Verjüngung auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Verstellkolben 21.1 durch ein erstes Verstellkolbenbauteil 22.1 und ein zweites Verstellkolbenbauteil 23.1 ausgebildet, die mittels eines kurzen Wellenstummels, der Teil eines zweiten Kolbenstangenbauteils 30.1 ist, miteinander verbunden sind. Die beiden Verstellkolbenbauteile 22.1 und 23.1 sind axial hintereinander und beabstandet zueinander angeordnet. Das erste Verstellkolbenbauteil 22.1 umfasst eine erste Stirnseite 24.1 und eine zweite Stirnseite 25.1. Das zweite Verstellkolbenbauteil 23.1 umfasst ebenfalls eine erste Stirnseite 26.1 und eine zweite Stirnseite 27.1.

Der Verstellkolben 21.1 ist mit einer Kolbenstange 28.1 verbunden. Die Kolbenstange 28.1 ist ebenfalls zweiteilig ausgebildet und umfasst ein erstes Kolbenstangenbauteil 29.1 und das bereits erwähnte zweite Kolbenstangenbauteil 30.1. Das erste Kolbenstangenbauteil 29.1 und das zweite Kolbenstangenbauteil 30.1 sind in Axialrichtung hintereinander und beabstandet zueinander angeordnet. Das erste Kolbenstangenbauteil 29.1 ist mit dem ersten Verstellkolbenbauteil 22.1 verbunden, das zweite Kolbenstangenbauteil 30.1 ist mit dem zweiten Verstellkolbenbauteil 23.1 verbunden. Das untere Ende 31.1 der Kolbenstange 28.1 ist in einer Vertiefung 32.1 im zweiten Pleuelteil 18.1 aufgenommen.

Das erste Verstellkolbenbauteil 22.1 ist in einer ersten Zylinderbohrung 33.1 geführt, die in einem ersten Zylindergehäuse 35.1 ausgebildet ist. Das zweite Verstellkolbenbauteil 23.1 ist in einer zweiten Zylinderbohrung 34.1 geführt, die in einem zweiten Zylindergehäuse 36.1 ausgebildet ist. Das erste Zylindergehäuse 35.1 umfasst einen ersten oberen Anschlag 37.1, der integral mit der ersten Zylinderbohrung 33.1 ausgebildet ist. Das zweite Zylindergehäuse 36.1 umfasst einen zweiten oberen Anschlag 38.1, der integral mit der zweiten Zylinderbohrung 34.1 ausgebildet ist.

Die beiden Stirnseiten 24.1, 25.1 des ersten Verstellkolbenbauteils 22.1 und die zugehörige erste Zylinderbohrung 33.1 bilden einen ersten Druckraum 40.1 und einen zweiten Druckraum 41.1 aus. Die beiden Stirnseiten 26.1, 27.1 des zweiten Verstellkolbenbauteils 23.1 und die zugehörige zweite Zylinderbohrung 34.1 bilden einen dritten Druckraum 42.1 und einen vierten Druckraum 43.1 aus. Alle Stirnflächen 24.1, 25.1, 26.1, 27.1 sind vorzugsweise kreisförmig. In dem ersten Zylindergehäuse 35.1 und dem zweiten Zylindergehäuse 36.1 sind Ölnuten 39.1 ausgebildet, über die die Druckräume 40.1, 41.1, 42.1, 43.1 mit Motoröl versorgt werden. Dazu stehen die Ölnuten 39.1 vorzugsweise mit der Ölschmierung des großen Pleuelauges 8.1 in Verbindung.

Die Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 mit dem Verstellkolben 21.1 und den Zylinderbohrungen 33.1, 34.1 ist Bestandteil eines Verstellmechanismus zur Veränderung der Länge der Pleuelstange 6.1. Zu dem Verstellmechanismus gehört auch eine hydraulische Schaltung, die für einen Zu- bzw. Ablauf des Hydraulikfluids, d.h. des Motoröls, in bzw. aus den Druckräumen 40.1, 41.1, 42.1, 43.1 und somit für eine Bewegung des Verstellkolbens 21.1 sorgt oder diesen arretiert. Diese Schaltung wird im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 nicht detailliert beschrieben. Lediglich ihre Funktion wird kurz umrissen.

Befindet sich die Pleuelstange 6.1 in ihrer langen Position, so liegt die erste Stirnseite 24.1 des ersten Verstellkolbenbauteils 22.1 am ersten oberen Anschlag 37.1 der ersten Zylinderbohrung 33.1 an. Die erste Stirnseite 26.1 des zweiten Verstellkolbenbauteils 23.1 liegt am zweiten oberen Anschlag 38.1 der zweiten Zylinderbohrung 34.1 an. Der erste Druckraum 40.1 und der dritte Druckraum 42.1 sind dementsprechend leer. Der zweite Druckraum 41.1 und der vierte Druckraum 43.1 sind mit Motoröl gefüllt. Durch entsprechende Vorrichtungen, wie zum Beispiel ein Absperrventil, wird sichergestellt, dass das Motoröl nicht aus dem zweiten Druckraum 41.1 und dem vierten Druckraum 43.1 entweichen kann. Die Pleuelstange 6.1 wird dadurch in ihrer langen Stellung hydraulisch gesperrt.

Wird durch eine nicht näher beschriebene Steuerung ein Signal gegeben, um die Pleuelstange 6.1 aus der langen Stellung bzw. Position in ihre kurze Stellung bzw. Position zu überführen, so werden der zweite Druckraum 41.1 und der vierte Druckraum 43.1 freigegeben, sodass das Motoröl aus diesen Druckräumen abfließen kann. Gleichzeitig strömt Motoröl in den ersten Druckraum 40.1 und den dritten Druckraum 42.1 ein, sodass diese Druckräume 40.1, 42.1 mit Motoröl gefüllt werden. Dadurch wird die Pleuelstange 6.1 in ihre kurze Stellung überführt. Die kurze Stellung ist erreicht, wenn die zweite Stirnseite 25.1 des ersten Verstellkolbenbauteils 22.1 an dem ersten unteren Anschlag 44.1 anliegt und die zweite Stirnseite 27.1 des zweiten Verstellkolbenbauteils 23.1 an dem zweiten unteren Anschlag 45.1 der zweiten Zylinderbohrung

34.1 anliegt. Dementsprechend sind der zweite Druckraum 41.1 und der vierte Druckraum 43.1 leer, der erste Druckraum 40.1 und der dritte Druckraum 42.1 sind mit Motoröl gefüllt. Die kurze Stellung der Pleuelstange 6.1 wird hydraulisch arretiert, in dem der Abfluss des Motoröls aus dem ersten Druckraum 40.1 und dem dritten Druckraum 42.1, beispielsweise durch ein Absperrventil (nicht dargestellt) unterbunden wird.

Die kurze Stellung der Pleuelstange 6.1 ist vorteilhaft bei Volllast, wohingegen lange Stellung der Pleuelstange 6.1 für den Teil- und Niedriglastbetrieb vorteilhaft ist.

In den Fig. 3a und 3b ist schematisch eine Variante einer Zylinder-Kolbeneinheit 20.1 dargestellt. Darin ist ein ebenfalls abgesetzter Verstellkolben 21.1 in einer ersten Zylinderbohrung 33.1 innerhalb eines ersten Zylindergehäuses 35.1 geführt. Der Verstellkolben 21.1 ist mit einer Kolbenstange 28.1 verbunden, die ein erstes Kolbenstangenbauteil 29.1 aufweist. Über die Kolbenstange 28.1 erfolgt eine Verbindung mit dem ersten Pleuelteil 17.1 (in Fig. 3a und 3b nicht dargestellt, siehe Fig. 1), in dem das kleine Pleuelauge 9.1 ausgebildet ist.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist neben dem ersten 22.1 und zweiten Verstellkolbenbauteil 23.1 ein drittes Verstellkolbenbauteil 55.1 vorgesehen. Die Verstellkolbenbauteile 22.1, 23.1, 55.1 sind in Axialrichtung hintereinander und beabstandet zueinander angeordnet und mit dem ersten Kolbenstangenbauteil 29.1 verbunden. Als Axialrichtung wird hierbei eine Richtung entlang einer Längsachse einer Pleuelstange 6.1 bezeichnet, die in Fig. 3a und Fig. 3b durch eine strichpunktierte Linie dargestellt ist.

Das erste Verstellkolbenbauteil 22.1 umfasst eine erste Stirnseite 24.1 und eine zweite Stirnseite 25.1; das zweite Verstellkolbenbauteil 23.1 umfasst ebenfalls eine erste Stirnseite 26.1 und eine zweite Stirnseite 27.1. Auch das dritte Verstellkolbenbauteil 55.1 weist eine erste Stirnseite 48.1 und eine zweite Stirnseite 49.1 auf. Die ersten Stirnseiten 24.1, 26.1, 48.1 sind zu den zweiten Stirnseiten 25.1, 27.1, 49.1 auf in Axialrichtung gegenüberliegenden Seiten der Verstellkolbenbauteile 22.1, 23.1, 55.1 angeordnet. Wie schon weiter oben beschrieben sind die Stirnseiten 24.1, 25.1, 26.1, 27.1, 48.1, 49.1 vorzugsweise kreisförmig.

Im Gegensatz zu den separaten Zylindergehäusen 35.1 und 36.1 des Ausführungsbeispiels von Fig. 2 ist in der Variante der Fign. 3a und 3b nur ein erstes Zylindergehäuse 35.1 vorgesehen und die Druckräume werden durch Anschlagbauteile 63.1, 63.2, 63.3 separiert. Die Anschlagbauteile 63.1, 63.2, 63.3 sind dabei als ringförmige Elemente ausgeführt, die innerhalb der Zylinderbohrung 33.1 angeordnet, beispielsweise eingeschweißt, sind. An den Anschlagbauteile 63.1, 63.2, 63.3 sind zu den jeweiligen Stirnseiten korrespondierende Anschläge vorgesehen,

die – je nach Schaltstellung eines hydraulischen Schaltelements 57.1, das weiter unten näher beschrieben ist – zusammen die Druckräume aufspannen.

Am ersten Anschlagbauteil 63.1 ist ein erster oberer Anschlag 37.1 vorgesehen, der zusammen mit der ersten Stirnseite 24.1 des ersten Verstellkolbenbauteils 22.1 einen ersten Druckraum 40.1 bildet.

Ein zweiter Druckraum 41.1 wird ausgebildet durch die zweite Stirnseite 25.1 des ersten Verstellkolbenbauteils 22.1 und einen ersten unteren Anschlag 44.1 eines zweiten Anschlagbauteils 63.2.

Die beiden Stirnseiten 26.1, 27.1 des zweiten Verstellkolbenbauteils 23.1 bilden zusammen mit einem zweiten oberen Anschlag 38.1 des zweiten Anschlagbauteils 63.2 und einem zweiten unteren Anschlag 45.1 eines dritten Anschlagbauteils 63.3 einen dritten Druckraum 42.1 (zweiter oberer Anschlag 38.1 und erste Stirnseite 26.1 des zweiten Verstellkolbenbauteils 23.1) und einen vierten Druckraum 43.1 (zweiter unterer Anschlag 45.1 und zweite Stirnseite 27.1 des zweiten Verstellkolbenbauteils 23.1).

Zusätzlich bilden die Stirnseiten 48.1, 49.1 des dritten Verstellkolbenbauteils 55.1 zusammen mit einem dritten oberen Anschlag 51.1 des dritten Anschlagbauteils 63.3 und einem dritten unteren Anschlag 50.1, der am Grunde der ersten Zylinderbohrung 33.1 als Teil des ersten Zylindergehäuses 35.1 ausgeführt ist, einen fünften Druckraum 53.1 (dritter oberer Anschlag 51.1 und erste Stirnseite 48.1 des dritten Verstellkolbenbauteils 55.1) und einen sechsten Druckraum 54.1 (dritter unterer Anschlag 50.1 und zweite Stirnseite 49.1 des dritten Verstellkolbenbauteils 55.1).

Ein weiterer siebenter Druckraum 52.1 wird gebildet durch eine als Teil des ersten Kolbenstangenbauteils 29.1 ausgeführte Kolbenstangenstirnseite 46.1 und einen vierten unteren Anschlag 47.1, der auf der im eingebauten Zustand dem kleinen Pleuelauge 9.1 zugewandten Seite des ersten Anschlagbauteils 63.1 ausgeführt ist.

Die Befüllung und Drainierung der Druckräume 40.1, 41.1, 42.1, 43.1, 53.1, 54.1, 52.1 erfolgt über Ölbohrungen 62.1, 62.2, die im ersten Zylindergehäuse 35.1 ausgeführt sind. Wie schon im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 beschrieben stehen die Ölbohrungen 62.1, 62.2 mit einer Hydraulikmediumquelle in Verbindung, wozu vorzugsweise die Ölschmierung des großen Pleuelauges 8.1 herangezogen wird. Die Drainage kann ebenfalls in die Ölschmierung oder über andere, nicht dargestellte Kanäle in den Kurbelraum erfolgen.

Das dazu benötigte hydraulische Schaltelement 57.1 ist nachfolgend kurz beschrieben. Das hydraulische Schaltelement 57.1 weist zwei Schaltstellungen auf und kann die Druckräume 40.1, 41.1, 42.1, 43.1, 53.1, 54.1, 52.1 wechselweise mit einer Ölzuführbohrung 58.1 und einer Ölableitungsbohrung 59.1 verbinden.

In einer ersten Schaltstellung, die in Fig. 3a dargestellt ist und einer langen Pleuelstange 6.1 entspricht, sind der zweite Druckraum 41.1, der vierte Druckraum 43.1, der sechste Druckraum 54.1 und der siebente Druckraum 52.1 über die zweite Ölbohrung 62.2 mit der Ölzuführbohrung 58.1 verbunden. Damit wird den besagten Druckräumen Hydraulikmedium zugeführt.

Gleichzeitig sind der erste 40.1, dritte 42.1 und fünfte 53.1 Druckraum über die erste Ölbohrung 62.1 mit der Ölableitungsbohrung 59.1 verbunden, wodurch in ihnen befindliches Hydraulikmedium drainiert wird.

Fig. 3b zeigt die zweite Schaltstellung, die einer kurzen Pleuelstange 6.1 entspricht. Die Verbindungen sind umgekehrt zu denen in Fig. 3a, so dass die darin befüllten Druckräume 41.1, 43.1, 54.1, 52.1 nun mit der Ölableitungsbohrung 59.1 verbunden sind und die in Fig. 3a entleerten Druckräume 40.1, 42.1, 53.1 mit der Ölzuführbohrung 58.1 verbunden sind.

Das Umschalten des hydraulischen Schaltelements 57.1 kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen, beispielsweise hydraulisch über variable Öldrücke, mechanisch durch Ansteuerungen innerhalb oder außerhalb der Pleuelstange 6.1 oder z.B. durch magnetische Betätigung. Diese Schaltvarianten werden hier nicht weiter beschrieben.

Das Befüllen und Drainieren der Druckräume wird durch die beim Betrieb der Verbrennungsmaschine 1 auftretenden Massenkkräfte begünstigt, die förmlich ein „Einsaugen“ des Hydraulikmediums in die mit der Ölzuführbohrung 58.1 verbundenen Druckräume bewirkt und das Hydraulikmedium aus den zu drainierenden Druckräumen herauspresst.

Um zu verhindern, dass zu befüllende Druckräume sich zu langsam füllen, weil Massenkkräfte das Hydraulikmedium in die Ölzuführbohrung 58.1 zurückdrücken, weist das hydraulische Schaltelement 57.1 in dem zur Ölzuführbohrung 58.1 führenden Kanal ein Rückschlagventil 60.1 auf, das in Richtung der Ölzuführbohrung 58.1 schließt.

Um des Weiteren Druckspitzen in Richtung der Druckräume 40.1, 41.1, 42.1, 43.1, 53.1, 54.1, 52.1, insbesondere aber auch aus den Druckräumen in die Hydraulikmediumquelle – dabei kann es sich ja um das reguläre Ölsystem des Verbrennungsmotors 1 handeln – zu verhindern, sind in den Ölbohrungen 62.1, 62.2 Drosselemente 56.1, 56.2, 56.3, 56.4, 56.5 vorgesehen.

Im Folgenden wird die Montage der Pleuelstange 6.1 gemäß dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel kurz beschrieben. Dabei wird in folgenden Schritten vorgegangen: Zuerst werden mindestens eine Kolbenstangendichtung und mindestens ein Kolbenstangenabstreifer im Bereich des ersten Kolbenstangenbauteils 29.1 sowie mindestens eine Kolbendichtung im Bereich des ersten Verstellkolbenbauteils 22.1 befestigt. Anschließend werden das erste Verstellkolbenbauteil 22.1 und das erste Kolbenstangenbauteil 29.1 in das erste Zylindergehäuse 35.1 mit der ersten Zylinderbohrung 33.1 eingesetzt. Im Anschluss daran werden mindestens eine Kolbenstangendichtung und mindestens ein Kolbenstangenabstreifer im Bereich des zweiten Kolbenstangenbauteils 30.1 montiert und mindestens eine Kolbenstangendichtung im Bereich des zweiten Verstellkolbenbauteils 23.1 befestigt. Nun werden die beiden Zylindergehäuse 35.1, 36.1 ineinander gesetzt. Anschließend werden das zweite Verstellkolbenbauteil 23.1 und das zweite Kolbenstangenbauteil 30.1 in das zweite Zylindergehäuse 36.1 mit der zweiten Zylinderbohrung 34.1 eingesetzt. Die Kolbenstangenbauteile 29.1, 30.1 werden nun miteinander bzw. mit den Verstellkolbenbauteilen 22.1, 23.1 verbunden. Im Anschluss daran wird eine Verdrehsicherung, zum Beispiel ein Stift, zwischen dem Verstellkolben 21.1 und den Zylinderbohrungen 33.1, 34.1 montiert. Die vormontierte und am ersten Pleuelteil 17.1 befestigte Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 kann dann einer Funktionsprüfung unterzogen, bevor sie mit dem zweiten Pleuelteil 19.1 verbunden wird.

Die dargestellten Varianten der Verstellkolben 21.1 haben den Vorteil, dass die im Betrieb von derartigen längenverstellbaren Pleuelstangen auftretenden Drücke, die deutlich über 1000 bar liegen können, besser verteilt und bewältigt werden können. Das ist besonders bei Großmotoren, in Nutzfahrzeugen und ganz allgemein bei den immer mehr zunehmenden Spitzendrücken in modernen Verbrennungsmaschinen von Vorteil.

Der Aufbau der Verstellkolben 21.1 ermöglicht des Weiteren das Einsparen von Dichtungen in der Zylinder-Kolben-Einheit 21.1 und damit eine raschere und kostengünstigere Fertigung sowie höhere Dauerhaltbarkeit durch Verschleißfestigkeit.

Durch die gegenüber herkömmlichen Lösungen vergrößerten Flächen von Stirnseiten und Anschlüssen ergeben sich außerdem größere hydraulische Wirkflächen, die insbesondere ein stabileres hydraulisches Arretieren der Pleuelstangen ermöglichen. Im Gegensatz zu bekannten Lösungen haben im Betrieb auftretende Leckagen deutlich weniger Einfluss auf die Funktion und ein dadurch bewirktes „Einfedern“, also kleine Längenänderungen der Pleuelstange, können reduziert werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Verbrennungsmotor
- 2.1,2.2,2.3 Zylinder
- 3.1,3.2,3.3 Hubkolben
- 4 Kurbelwelle
- 5.1,5.2,5.3,5.4 Kurbelwellenlager
- 6.1,6.2,6.3 Pleuelstange
- 7.1,7.2,7.3 Kurbelwellenzapfen
- 8.1,8.2,8.3 großes Pleuelauge
- 9.1,9.2,9.3 kleine Pleuelauge
- 10.1,10.2,10.3 Kolbenbolzen
- 11 Kurbelwellenkettensrad
- 12 Steuerkette
- 13 Nockenwellenkettensrad
- 14 Nockenwelle
- 15 Spannschiene
- 16 Kettenspanner
- 17.1,17.2,17.3 erstes Pleuelteil
- 18.1,18.2,18.3 zweites Pleuelteil
- 19.1,19.2,19.3 Lagerschale
- 20.1,20.2,20.3 Zylinder-Kolben-Einheit
- 21.1 Verstellkolben

- 22.1 erstes Verstellkolbenbauteil
- 23.1 zweites Verstellkolbenbauteil
- 24.1 erste Stirnseite
- 25.1 zweite Stirnseite
- 26.1 erste Stirnseite
- 27.1 zweite Stirnseite
- 28.1 Kolbenstange
- 29.1 erstes Kolbenstangenbauteil
- 30.1 zweites Kolbenstangenbauteil
- 31.1 unteres Ende Kolbenstange
- 32.1 Vertiefung
- 33.1 erste Zylinderbohrung
- 34.1 zweite Zylinderbohrung
- 35.1 erstes Zylindergehäuse
- 36.1 zweites Zylindergehäuse
- 37.1 erster oberer Anschlag
- 38.1 zweiter oberer Anschlag
- 39.1 Ölnuten
- 40.1 erster Druckraum
- 41.1 zweiter Druckraum
- 42.1 dritter Druckraum
- 43.1 vierter Druckraum

- 44.1 erster unterer Anschlag
- 45.1 zweiter unterer Anschlag
- 46.1 Kolbenstangenstirnseite
- 47.1 vierter unterer Anschlag
- 48.1 erste Stirnseite
- 49.1 zweite Stirnseite
- 50.1 dritter unterer Anschlag
- 51.1 dritter oberer Anschlag
- 52.1 siebenter Druckraum
- 53.1 fünfter Druckraum
- 54.1 sechster Druckraum
- 55.1 drittes Verstellkolbenbauteil
- 56.1 Drosselement
- 56.2 Drosselement
- 56.3 Drosselement
- 56.4 Drosselement
- 56.5 Drosselement
- 57.1 hydraulisches Schaltelement
- 58.1 Ölzuführbohrung
- 59.1 Ölableitungsbohrung
- 60.1 Rückschlagventil
- 62.1 Ölbohrung

62.2 Ölbohrung

63.1 Anschlagbauteil

63.2 Anschlagbauteil

63.3 Anschlagbauteil

V_h Hubvolumen

V_c Kompressionsvolumen

H_c Kompressionshöhe

H_K Hubweg

ε Verdichtungsverhältnis

n Drehzahl

T Temperatur

Ansprüche

1. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) für einen Verbrennungsmotor (1), insbesondere einen Ottomotor, mit einem ersten Pleuelteil (17.1, 17.2, 17.3) und einem zweiten Pleuelteil (18.1, 18.2, 18.3), wobei das erste Pleuelteil (17.1, 17.2, 17.3) gegenüber dem zweiten Pleuelteil (18.1, 18.2, 18.3) bewegbar ist, und mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (20.1, 20.2, 20.3), um das erste Pleuelteil (17.1, 17.2, 17.3) relativ zum zweiten Pleuelteil (18.1, 18.2, 18.3) zu verstellen, die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1, 20.2, 20.3) umfasst mindestens eine Zylinderbohrung (33.1), einen in der Zylinderbohrung (33.1, 34.1) längst bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1), eine Kolbenstange (28.1) und mindestens einen in der Zylinderbohrung (33.1) vorgesehenen ersten Druckraum (40.1) zur Aufnahme von Motoröl, der einseitig von einer Stirnseite (24.1) des bewegbaren Verstellkolbens (21.1) begrenzt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verstellkolben (21.1) abgesetzt ist und mindestens zwei weitere Stirnflächen (25.1, 26.1, 27.1) aufweist, so dass mindestens zwei weitere Druckräume (41.1, 42.1, 43.1) ausgebildet sind.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verstellkolben (21.1) mindestens zwei in Axialrichtung hintereinander angeordnete Verstellkolbenbauteile (22.1, 23.1) umfasst.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1, 20.2, 20.3) eine weitere Zylinderbohrung (34.1) umfasst und jedes Verstellkolbenbauteil (22.1, 23.1) in einer Zylinderbohrung (33.1, 34.1) angeordnet ist.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 – 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kolbenstange (28.1) mindestens zwei in Axialrichtung hintereinander angeordnete Kolbenstangenbauteile (29.1, 30.1) umfasst.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 – 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das untere Ende (31.1) der Kolbenstange (28.1) in einer Vertiefung (32.1) im zweiten Pleuelteil (18.1) aufgenommen ist.
6. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 – 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Zylinderbohrung (33.1, 34.1) einen integrierten oberen Anschlag (37.1, 38.1) für das darin angeordnete Verstellkolbenbauteil (22.1, 23.1) aufweist.

7. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 – 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und die zweite Zylinderbohrung (33.1, 34.1) mit den integrierten Anschlägen (37.1, 38.1) je in einem ersten und einem zweiten Zylindergehäuse (35.1, 36.1) ausgebildet sind und die Zylindergehäuse (35.1, 36.1) Ölnuten (39.1) zur Ölversorgung der jeweiligen Druckräume (40.1, 41.1, 42.1, 43.1) aufweisen.
8. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 – 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1, 20.2, 20.3) eine Verdrehsicherung aufweist, mittels der ein relatives Verdrehen zwischen der mindestens einen Zylinderbohrung (33.1) und dem Verstellkolben (21.1) verhindert ist.
9. Verfahren zur Montage einer längenverstellbaren Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 - 8, **gekennzeichnet** durch die folgenden Schritte in der angegebenen Reihenfolge:
 - Montage mindestens einer Kolbenstangendichtung und ggf. mindestens eines Kolbenstangenabstreifers im Bereich des ersten Kolbenstangenbauteils (29.1) sowie mindestens einer Kolbendichtung im Bereich des ersten Verstellkolbenbauteils (22.1);
 - Einsetzen des ersten Verstellkolbenbauteils (22.1) und des ersten Kolbenstangenbauteils (29.1) in die erste Zylinderbohrung (33.1) in dem ersten Zylindergehäuse (35.1);
 - Montage mindestens einer Kolbenstangendichtung und ggf. mindestens eines Kolbenstangenabstreifers im Bereich des zweiten Kolbenstangenbauteils (30.1) sowie mindestens einer Kolbendichtung im Bereich des zweiten Verstellkolbenbauteils (23.1);
 - Einsetzen der beiden Zylindergehäuse (35.1, 36.1) ineinander;
 - Einsetzen des zweiten Verstellkolbenbauteils (23.1) und des zweiten Kolbenstangenbauteils (30.1) in die zweite Zylinderbohrung (34.1) in dem zweiten Zylindergehäuse (36.1);
 - Verbinden der Kolbenstangenbauteile (29.1, 30.1) miteinander bzw. mit den Verstellkolbenbauteilen (22.1, 23.1).

- Verbinden der zweiten Zylinderbohrung (34.1) mit dem zweiten Pleuelteil (18.1, 18.2, 18.3).
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Verstellkolben (21.1) und den Zylinderbohrungen (33.1, 34.1) eine Verdrehsicherung montiert wird.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Verbinden der Zylinder-Kolben-Einheit (20.1, 20.2, 20.3) mit dem zweiten Pleuelteil (18.1, 18.2, 18.3) eine Funktionsprüfung der Zylinder-Kolben-Einheit (20.1, 20.2, 20.3) durchgeführt wird.
 12. Verwendung einer längenverstellbaren Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 – 8 in einem Verbrennungsmotor (1) mit mindestens einem Hubkolben (3.1, 3.2, 3.3).
 13. Verbrennungsmotor (1) mit mindestens einem Hubkolben (3.1, 3.2, 3.3) und mit zumindest einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in einem Zylinder (2.1, 2.2, 2.3) und einer mit dem Hubkolben (3.1, 3.2, 3.3) verbundenen Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 – 8.
 14. Verbrennungsmotor (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Steuertrieb mit mindestens einer Steuerkette (12), einer Spann- und/oder Führungsschiene (15) und/oder einem Kettenspanner (16) vorgesehen ist oder sind, der die Kurbelwelle (4) mit mindestens einer Nockenwelle (14) verbindet.

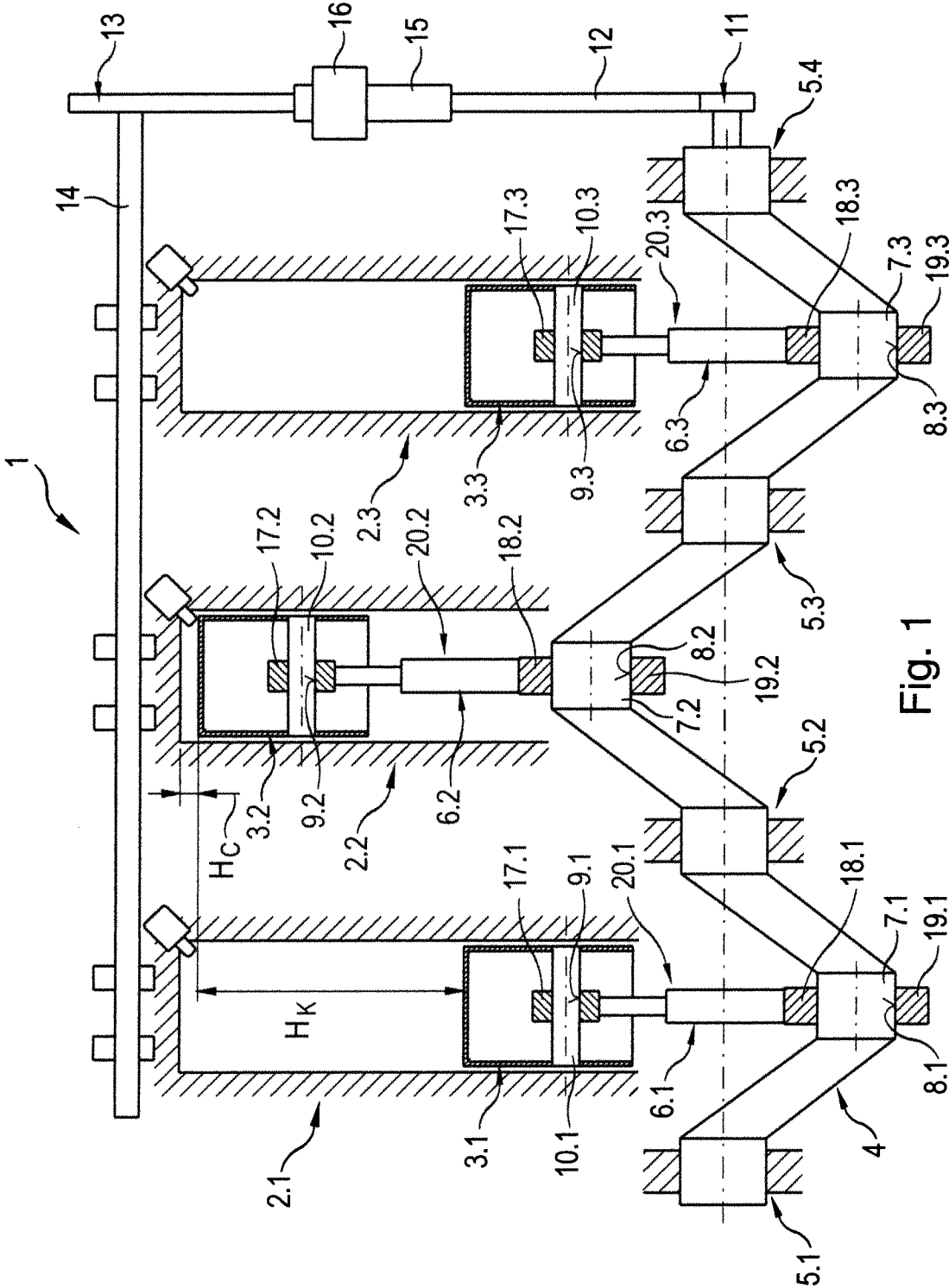


Fig. 1

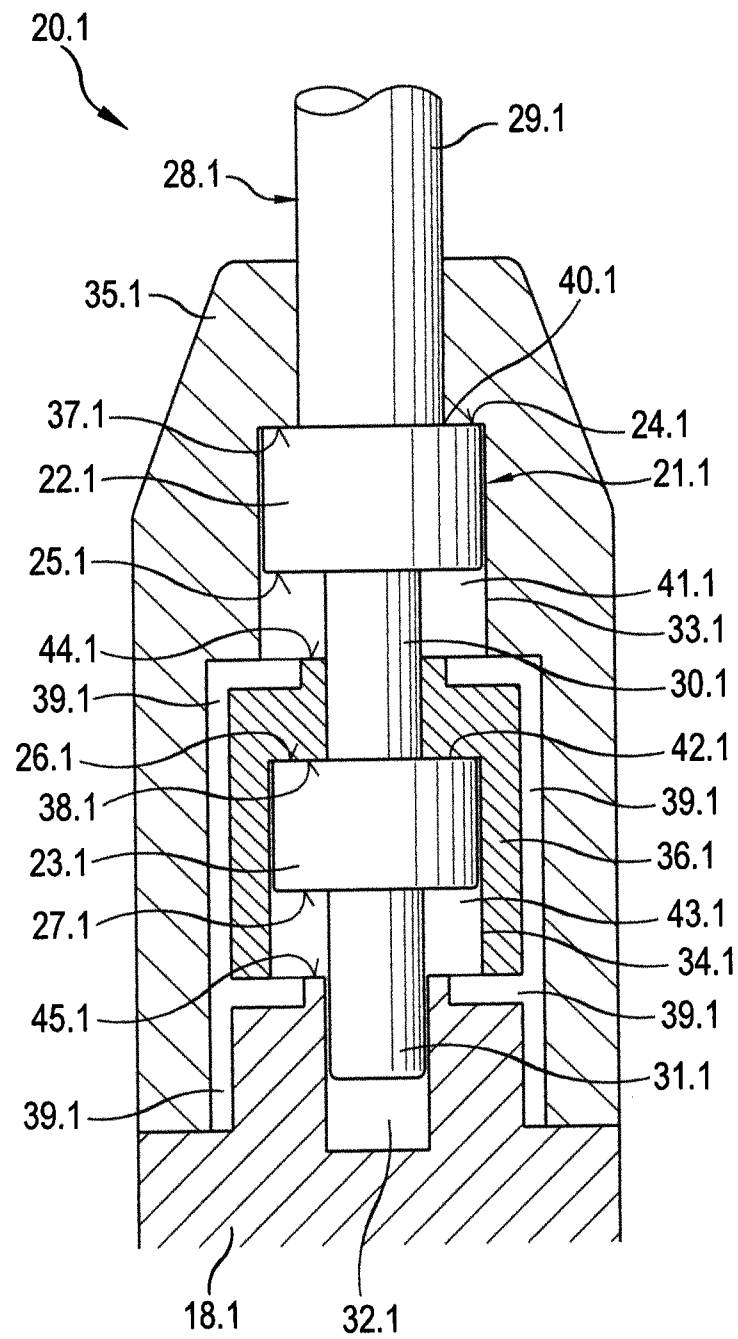
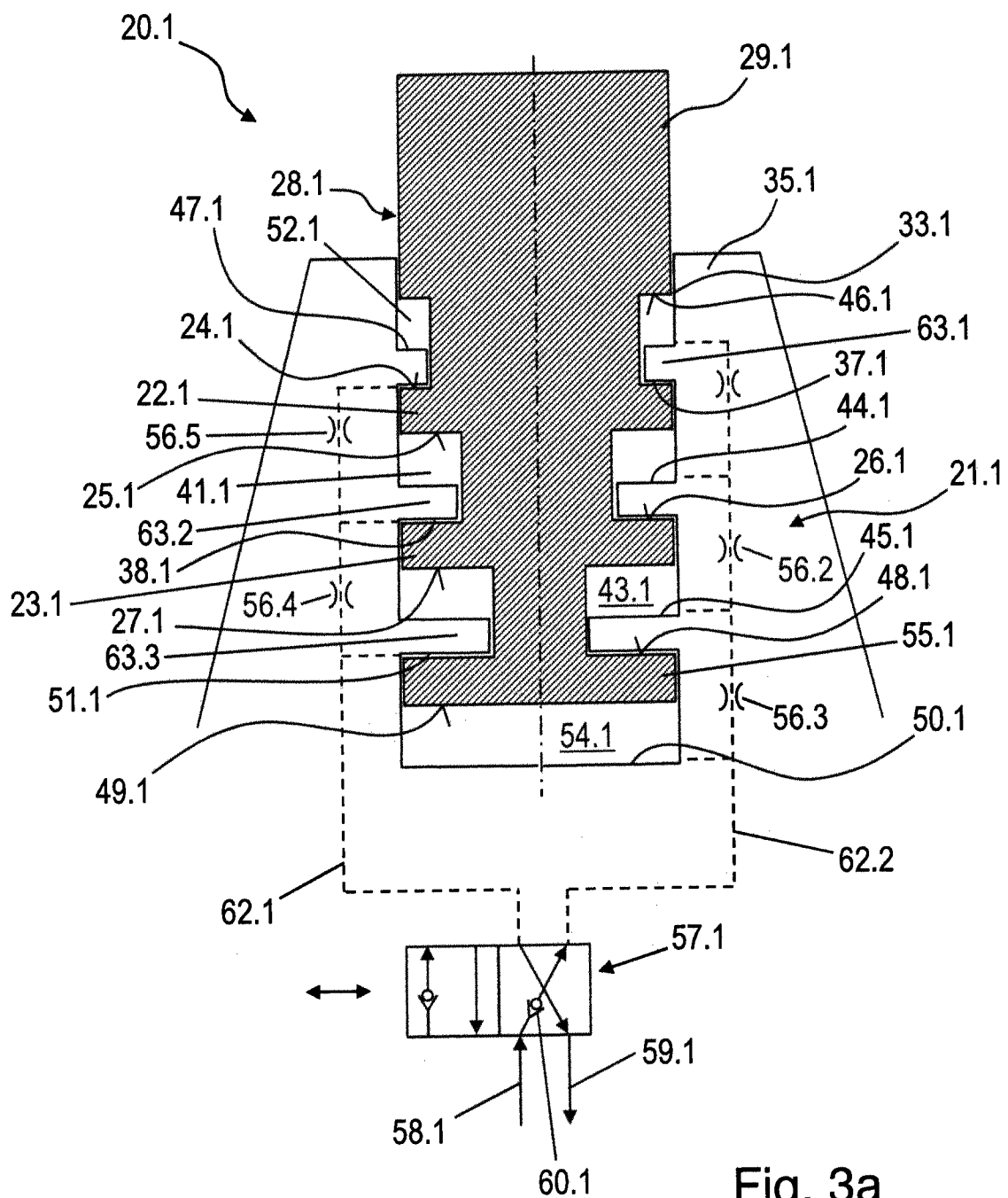


Fig. 2



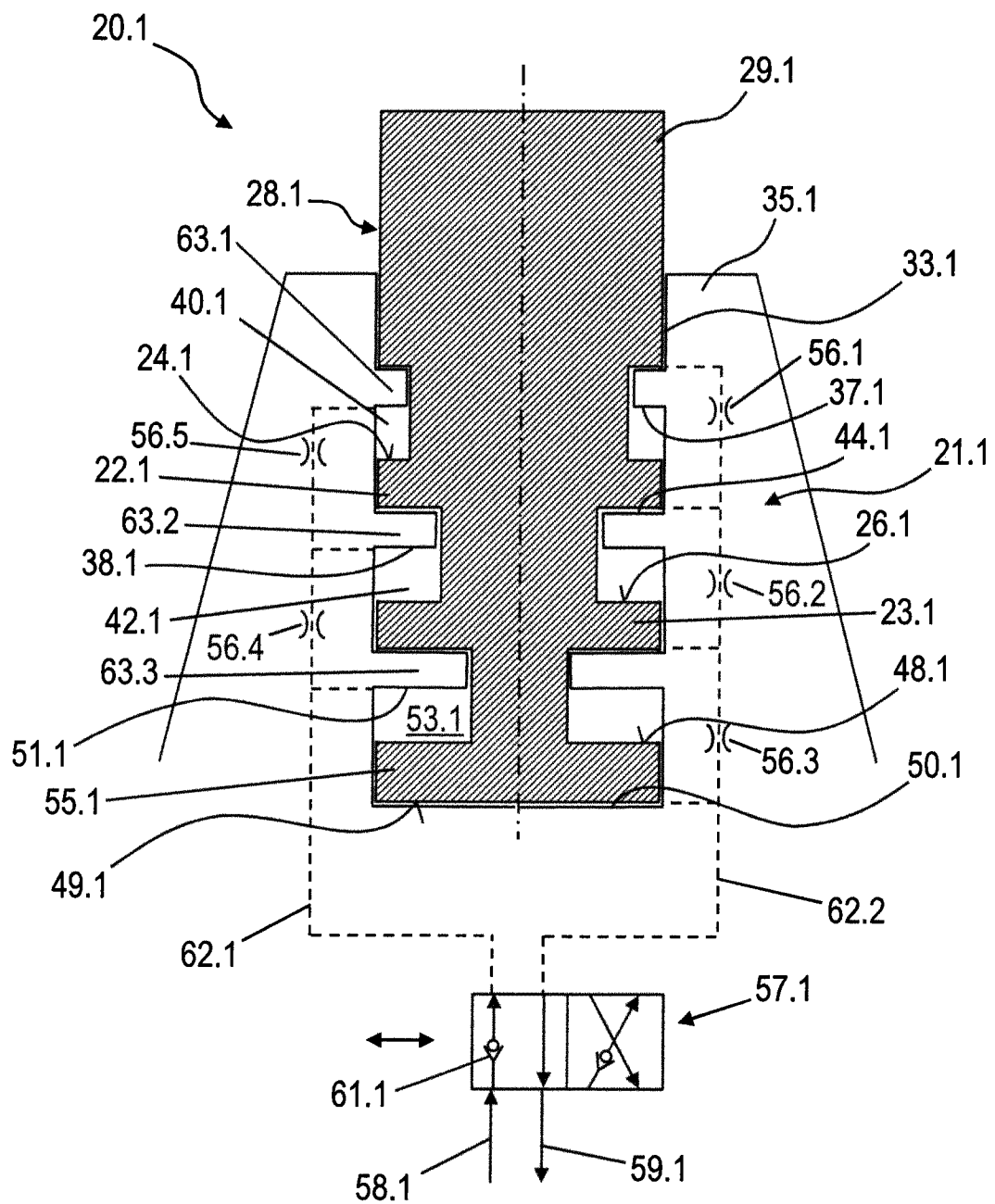


Fig. 3b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/078225

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02B75/04 F16C7/06
ADD.

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 F16C

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 2015/055582 A2 (AVL LIST GMBH [AT]) 23 April 2015 (2015-04-23) cited in the application page 6; figures 8,9 -----	1-14
X	DE 198 35 146 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 10 June 1999 (1999-06-10) column 2, line 41 - column 3, line 18; figures 1,2 -----	1-6,8, 10-14
X	US 1 747 091 A (NIKOLA TRBOJEVICH) 11 February 1930 (1930-02-11) page 2, line 10 - line 64; figures 1-4 -----	1-6,8, 12-14
A	DE 10 2015 203387 A1 (FEV GMBH [DE]) 25 August 2016 (2016-08-25) paragraph [0044] - paragraph [0052]; figures 4-6 ----- -/-	1-14



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

9 January 2018

Date of mailing of the international search report

19/01/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tietje, Kai

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/078225

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2015 001066 B3 (BRUNNER ARMIN [DE]) 22 October 2015 (2015-10-22) paragraph [0004] - paragraph [0005]; figures 1-3 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/078225

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2015055582 A2	23-04-2015	AT 514071 A4 CN 105814327 A EP 3058239 A2 JP 2016535838 A KR 20160073979 A US 2016237889 A1 WO 2015055582 A2	15-10-2014 27-07-2016 24-08-2016 17-11-2016 27-06-2016 18-08-2016 23-04-2015
DE 19835146 A1	10-06-1999	NONE	
US 1747091 A	11-02-1930	NONE	
DE 102015203387 A1	25-08-2016	CN 105909380 A DE 102015203387 A1	31-08-2016 25-08-2016
DE 102015001066 B3	22-10-2015	DE 102015001066 B3 EP 3059412 A1 ES 2637835 T3	22-10-2015 24-08-2016 17-10-2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02B75/04 F16C7/06
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02B F16C

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]) 23. April 2015 (2015-04-23) in der Anmeldung erwähnt Seite 6; Abbildungen 8,9 -----	1-14
X	DE 198 35 146 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 10. Juni 1999 (1999-06-10) Spalte 2, Zeile 41 - Spalte 3, Zeile 18; Abbildungen 1,2 -----	1-6,8, 10-14
X	US 1 747 091 A (NIKOLA TRBOJEVICH) 11. Februar 1930 (1930-02-11) Seite 2, Zeile 10 - Zeile 64; Abbildungen 1-4 -----	1-6,8, 12-14
	-/-	

☒ 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

9. Januar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/01/2018

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

Tietje, Kai

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2015 203387 A1 (FEV GMBH [DE]) 25. August 2016 (2016-08-25) Absatz [0044] - Absatz [0052]; Abbildungen 4-6 -----	1-14
A	DE 10 2015 001066 B3 (BRUNNER ARMIN [DE]) 22. Oktober 2015 (2015-10-22) Absatz [0004] - Absatz [0005]; Abbildungen 1-3 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/078225

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der 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 2016535838 A	17-11-2016
		KR 20160073979 A	27-06-2016
		US 2016237889 A1	18-08-2016
		WO 2015055582 A2	23-04-2015

DE 19835146 A1	10-06-1999	KEINE	

US 1747091 A	11-02-1930	KEINE	

DE 102015203387 A1	25-08-2016	CN 105909380 A	31-08-2016
		DE 102015203387 A1	25-08-2016

DE 102015001066 B3	22-10-2015	DE 102015001066 B3	22-10-2015
		EP 3059412 A1	24-08-2016
		ES 2637835 T3	17-10-2017
