

(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
18. Oktober 2018 (18.10.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/188791 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02B 75/04 (2006.01) F16C 9/04 (2006.01)

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/000184

(72) Erfinder: HELLER, Malte; Paosostraße 55, 81243 Mün-
chen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. April 2018 (10.04.2018)

(74) Anwalt: GRÜNECKER PATENT- UND RECHTSAN-
WÄLTE PARTG MBB; Leopoldstraße 4, 80802 München
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 107 711.1
10. April 2017 (10.04.2017) 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, 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,

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

(54) Title: LONGITUDINALLY-ADJUSTABLE CONNECTING ROD HAVING TOLERANCE COMPENSATION

(54) Bezeichnung: LÄNGENVERSTELLBARE PLEUELSTANGE MIT TOLERANZAUSGLEICH

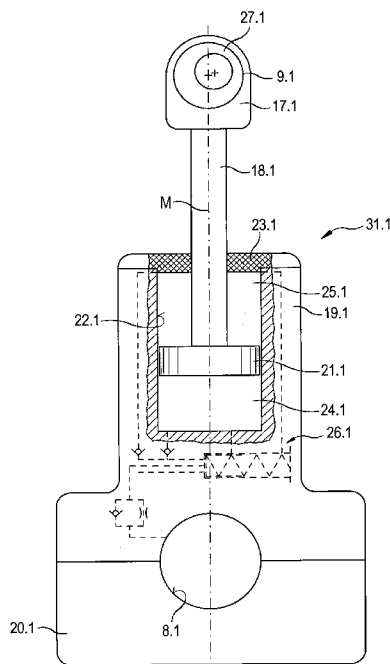


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a longitudinally-adjustable connecting rod (6.1) for an internal combustion engine comprising a first connecting rod part (18.1), in which a first connecting-rod eye (9.1) is formed, a second connecting rod part (19.1) in which a second connecting-rod eye (8.1) is formed, and at least one cylinder-piston unit (31.1) for adjusting the first connecting rod part (18.1) relative to the second connecting rod part (19.1), the cylinder-piston unit (31.1) comprising a cylinder bore (22.1), an adjusting piston (21.1) that can be moved longitudinally in the cylinder bore (22.1), and at least one pressure chamber (24.1, 25.1) provided in the cylinder bore (22.1). The aim of the present invention is to compensate length differences, occurring during production, of the entire length of the connecting rod (6.1) which can add up to the individual part tolerances. According to the invention, an eccentric insert is arranged in a rotationally fixed manner in one of the connecting rod eyes (9.1, 8.1) such that a defined length of the connecting rod (6.1) is adjusted. The invention also relates to a method for adjusting a defined length of a connecting rod (6.1).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) für einen Verbrennungsmotor mit einem ersten Pleuelteil (18.1), in dem ein erstes Pleuelauge (9.1) ausgebildet ist, einem zweiten Pleuelteil (19.1), in dem ein zweites Pleuelauge (8.1) ausgebildet ist, und mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (31.1), um das erste Pleuelteil (18.1) relativ zum zweiten Pleuelteil (19.1) zu verstellen, die Zylinder-Kolben-Einheit (31.1) umfasst eine Zylinderbohrung (22.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1) und mindestens einen in der Zylinderbohrung (22.1) vorgesehenen Druckraum (24.1, 25.1). Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei der Fertigung auftretende Längenunterschiede der Gesamtlänge der Pleuelstange (6.1), die sich durch eine Aufsummierung der Einzelteil-Toleranzen ergeben können, auszugleichen. Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass in einem der Pleuelaugen (9.1, 8.1) ein exzentrischer Einsatz verdrehsicher so angeordnet ist, dass eine definierte Länge der

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

Längenverstellbare Pleuelstange mit Toleranzausgleich

Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor mit einem ersten Pleuelteil, in dem ein erstes Pleuelauge ausgebildet ist, einem zweiten Pleuelteil, in dem ein zweites Pleuelauge ausgebildet ist, und mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit, um das erste Pleuelteil relativ zum zweiten Pleuelteil zu verstellen, die Zylinder-Kolben-Einheit umfasst eine Zylinderbohrung, einen in der Zylinderbohrung längs bewegbar angeordneten Verstellkolben und mindestens einen in der Zylinderbohrung vorgesehenen Druckraum.

Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zum Einstellen einer definierten Länge einer Pleuelstange.

Der thermische Wirkungsgrad eines Verbrennungsmotors, insbesondere von Ottomotoren, ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis ε , d.h. dem Verhältnis vom Gesamtvolumen vor der Verdichtung zum Kompressionsvolumen ($\varepsilon = (\text{Hubvolumen } V_h + \text{Kompressionsvolumens } V_c) / \text{Kompressionsvolumen } V_c$). 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 geringer, die neben dem Einfluss von Umgebungstemperatur und Druck, auch vom Betriebspunkt des Motors abhängig ist. 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 und somit ein variables Verdichtungsverhältnis zu realisieren.

Für die Umsetzung eines variablen Verdichtungsverhältnisses (VCR – variable compression ratio) existieren unterschiedliche Lösungen, mit denen die Lage des Hubzapfens 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 Verdichtungsverhältnisses. 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 dem CO₂-Ausstoß.

Die WO 2015/055582 A2 zeigt, dass das Verdichtungsverhältnis im Verbrennungsmotor durch die Pleuellänge verstellt wird. 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, z.B. Kolben, Zylinderkopf, Kurbelwelle, Ventilsteuerung etc.. Bei den bekannten längenverstellbaren Pleuelstangen wird die Pleuellänge hydraulisch zwischen zwei Stellungen variiert. Dabei ist die gesamte Pleuelstange mehrteilig ausgeführt, wobei die Längenänderung durch einen Teleskopmechanismus erfolgt, der mittels eines doppelwirkenden Hydraulikzylinders verstellbar ist. 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 einen hydraulischen Verstellmechanismus mit Motoröl versorgt, wobei dessen Versorgung mit Motoröl über die Schmierung des Pleuellagers erfolgt.

Neben den Teleskoplösungen gibt es auch andere Verstellmechanismen, die zur Anwendung gelangen können. Zum Beispiel ist aus der DE 10 2005 055199 A1 ein kolbenbetätigter Verstellmechanismus bekannt, der eine Exzentereinrichtung zur Verstellung des Kolbenhubs verwendet. Weitere Verstellmechanismen sind aus der DE 19835146 A1 und aus der GB 2161580 sowie der DE 4226361 A1 bekannt.

Dadurch, dass die Pleuelstange als Teleskopsystem mit mehreren zusammenwirkenden Bauteilen ausgelegt ist, kann es durch die Addition der Toleranzen der Einzelkomponenten zu einer erheblichen Streuung in der Gesamtlänge verschiedener Pleuelstangen kommen. Die unterschiedlichen Gesamtlängen der Pleuelstangen können bei Verwendung in einem Verbrennungsmotor zu unterschiedlichen Verdichtungsverhältnissen führen.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine längenverstellbare Pleuelstange mit exakten Abmessungen bereitzustellen. Insbesondere müssen starke Toleranzabweichungen korrigiert werden können.

Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass in einem der Pleuelaugen ein exzentrischer Einsatz verdrehsicher so angeordnet ist, dass eine definierte Länge der Pleuelstange eingestellt ist. Durch diese Ausgestaltung der Pleuelstange wird ein System zur Verfügung gestellt, durch welches am Ende der Produktionskette der Achsabstand der Pleuelaugen einer längenverstellbaren Pleuelstange genau angepasst werden kann. Dadurch werden exakte Abmessungen erreicht, sodass unterschiedliche Verdichtungsverhältnisse vermieden werden können. Das kann mit nur einem einzigen exzentrischen Einsatz erreicht werden, indem der exzentrische Einsatz in einer bestimmten Winkellage im jeweiligen Pleuelauge eingesetzt und befestigt wird, sodass die gewünschte Länge eingestellt ist. Einerseits können damit Toleranzen ausgeglichen werden, die sich beim Zusammenbau der erfindungsgemäßen Pleuelstange ergeben. Andererseits ist es möglich, mit einer einzigen, modular aufgebauten Pleuelstange verschiedene Pleuellängen, die von Anwendern derartiger Pleuelstangen benötigt werden, umzusetzen. Eine vorgefertigte Pleuelstange kann also durch Adaptieren des exzentrischen Einsatzes auf verschiedene motorische Bedürfnisse angepasst werden.

In einer besonders einfachen Ausgestaltung kann vorgesehen werden, dass der exzentrische Einsatz als eine in einem der Pleuelaugen angeordnete Exzenterbuchse ausgebildet ist.

Vorteilhafterweise ist eines der Pleuelaugen als kleines Pleuelauge zur Aufnahme eines Kolbenbolzens ausgebildet und die Exzenterbuchse in diesem kleinen Pleuelauge angeordnet. Im kleinen Pleuelauge kann die Exzenterbuchse besonders einfach angebracht werden.

Alternativ könnte auch vorgesehen werden, dass der exzentrische Einsatz durch in einem der Pleuelaugen angeordnete exzentrische Lagerschalen ausgebildet ist. Auch hierdurch wird eine einfache Ausgestaltung ermöglicht.

Vorteilhafterweise ist eines der Pleuelaugen als großes Pleuelauge zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens ausgebildet und die exzentrischen Lagerschalen sind in diesem großen Pleuelauge angeordnet. Üblicherweise ist das große Pleuelauge zur Aufnahme des Kurbelwellenzapfens mehrteilig ausgebildet, sodass die exzentrischen Lagerschalen bei der Montage leicht angebracht werden können.

In einer besonders einfachen Ausgestaltung können zwei exzentrische Lagerschalen vorgesehen sein. Es müssen dann nur zwei unterschiedliche Bauteile zur Korrektur der Längentoleranzen vorrätig gehalten werden.

Vorteilhafterweise weisen die beiden exzentrischen Lagerschalen eine unterschiedliche Dicke auf. Je nachdem welche Lagerschale oben bzw. unten eingesetzt wird, können somit unterschiedliche Längenabweichungen ausgeglichen werden.

In noch einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Stoßflächen der exzentrischen Lagerschalen nach dem Poka-Yoke-Prinzip ausgestaltet sind. Die Übergänge zwischen den exzentrischen Lagerschalen müssen sehr glatt gehalten werden. Es ist daher wichtig, dass immer paarweise zusammengehörige Lagerschalen verbaut werden. Sind die Stoßflächen der exzentrischen Lagerschalen nach dem Poka-Yoke Prinzip ausgestaltet, so wird sichergestellt, dass immer nur die richtigen Lagerschalen miteinander verbaut werden.

Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, dass die Stoßflächen der exzentrischen Lagerschalen formschlüssig ineinander greifen. Der Formschluss ist so ausgebildet, dass immer nur die richtigen Lagerschalen paarweise zueinander passen. Mit „richtig“ ist gemeint, dass die zueinander passenden Lagerschalen so ausgebildet sind, dass ein sehr glatter Übergang an den Stoßflächen dieser exzentrischen Lagerflächen erzielt wird. Andere Lagerschalen weisen eine andere Form auf, und können nicht formschlüssig verbaut werden. Beispielsweise kann an den Stoßflächen der zueinander passenden exzentrischen Lagerschalen eine Verzahnung vorgesehen sein.

Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass zueinander gehörige exzentrische Lagerschalen durch einen Farbcode gekennzeichnet sind. Der Monteur erkennt anhand des Farbcodes dass er die richtigen Lagerschalen miteinander verbaut. Auch hierdurch können Fehler vermieden werden.

In einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen werden, dass an der zum Pleuelauge weisenden Außenseite des exzentrischen Einsatzes sowie im Pleuelauge korrespondierende Verriegelungselemente vorgesehen sind. Dadurch lässt sich eine dauerhaft verdrehsichere Positionierung des exzentrischen Einsatzes im Pleuelauge erreichen. Als Verriegelungselemente können form- und/oder kraftschlüssig ineinandergreifende Einrichtungen, Presssitzanordnungen oder ähnliches vorgesehen werden. In einer Variante der Erfindung sind die Verriegelungselemente als ineinandergreifende Verzahnungen ausgeführt. Hierdurch wird eine

definierte Stellung erreicht, die nur diskrete Winkellagen zulässt. Zudem wird durch die ineinandergreifenden Verzahnungen eine Verdrehsicherung realisiert.

Um eine genaue Einstellung ohne einen zu großen Fertigungsaufwand zu ermöglichen, kann vorgesehen werden, dass die Verzahnung Winkelschritte von etwa 15° aufweist.

In noch einer weiteren Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die maximale Exzentrizität des exzentrischen Einsatzes etwa 1 mm beträgt. Hierdurch kann der gewünschte Toleranzausgleich ermöglicht werden, zu starke Längenänderungen werden vermieden.

Um eine einfache und sichere Befestigung des exzentrischen Einsatzes in der gewünschten Winkellage im Pleuelauge zu ermöglichen, kann vorgesehen werden, dass der exzentrische Einsatz im Pleuelauge verpresst wird.

In noch einer weiteren Ausgestaltung kann vorgesehen werden, dass die maximale und die minimale Exzentrizität des exzentrischen Einsatzes auf der Mittelachse der Pleuelstange zu liegen kommen. Dadurch wird erreicht, dass die Pleuelmittelachse nicht verschoben wird. Es müssen dann verschiedene Einsätze mit unterschiedlichen Exzentrizitäten bevorratet werden, welche je nach gewünschter bzw. erforderlicher Länge zum Toleranzausgleich ausgewählt werden. Die Einsätze werden dann mit der maximalen und der minimalen Exzentrizität auf der Pleuelmittelachse und nach oben oder unten neigend eingebaut.

Die Aufgabe der Erfindung wird außerdem durch ein eingangs genanntes Verfahren zum Einstellen einer definierten Länge einer Pleuelstange mit einem ersten Pleuelteil, in dem ein erstes Pleuelauge ausgebildet ist, einem zweiten Pleuelteil, in dem ein zweites Pleuelauge ausgebildet ist, und mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit, um das erste Pleuelteil relativ zum zweiten Pleuelteil zu verstellen, wobei die Zylinder-Kolben-Einheit eine Zylinderbohrung, einen in der Zylinderbohrung längs bewegbar angeordneten Verstellkolben und mindestens einen in der Zylinderbohrung vorgesehenen Druckraum umfasst, erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in zumindest einem der Pleuellaugen ein in den Pleuellaugen beweg- und in seiner Bewegung fixierbarer exzentrischer Einsatz vorgesehen ist und folgende Schritte ausgeführt werden:

- a. Ermitteln einer aktuellen Länge der Pleuelstange;
- b. Vergleich der aktuellen Länge der Pleuelstange mit einer definierten Länge;

- c. Bei Abweichung der aktuellen von der definierten Länge Verdrehen des exzentrischen Einsatzes in zumindest einem Pleuelauge, bis die aktuelle Länge der Pleuelstange mit der definierten Länge übereinstimmt;
- d. Verdrehsicheres Fixieren der in den Pleuelaugen angeordneten exzentrischen Einsätze.

Auf diese Weise können ein einfacher Toleranzausgleich bzw. eine rasche Anpassung der Länge der Pleuelstange an Entwicklerbedürfnisse erreicht werden, ohne dass die Fertigungsprozesse verändert bzw. großer Ausschuss aufgrund Toleranzabweichungen toleriert werden müssen.

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

- Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch einen Verbrennungsmotor,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 in teilweise geschnittener Darstellung mit einem in einem Pleuelauge eingesetzten exzentrischen Einsatz,
- Fig. 3 eine Vergrößerung des Pleuelauges mit dem darin eingesetzten exzentrischen Einsatz aus Fig. 2,
- Fig. 4 eine Seitenansicht des exzentrischen Einsatzes aus Fig. 2 und 3 im Schnitt,
- Fig. 5a – 5c eine Seitenansicht des exzentrischen Einsatzes aus Fig. 2, 3 und 4 im Schnitt in unterschiedlichen Einbaupositionen.
- Fig. 6 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 in teilweise geschnittener Darstellung mit einem in einem Pleuelauge eingesetzten exzentrischen Einsatz,
- Fig. 7 eine Ausführungsform eines exzentrischen Einsatzes in Form von exzentrischen Lagerschalen, und
- Fig. 8 die exzentrischen Lagerschalen aus Fig. 7 in einer anderen Einbauposition.

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 Kurbelwellenlager 5.1, 5.2, 5.3 und 5.4 drehbar gelagert ist. Die Kurbelwelle 4 ist mittels der Pleuelstangen 6.1, 6.2 und 6.3 jeweils mit dem 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 Pleuellauge 8.1, 8.2, und 8.3 ist jeweils auf dem zugehörigen Kurbelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 gelagert. Das kleine Pleuellauge 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. Dabei ist den Begriffen kleines Pleuellauge 9.1, 9.2 und 9.3 und großes Pleuellauge 8.1, 8.2 und 8.3 weder eine absolute noch relative Größenzuordnung zu entnehmen, sondern sie dienen lediglich zur Unterscheidung der Bauteile und Zuordnung zu dem in Fig. 1 dargestellten Verbrennungsmotor. Entsprechend können die Abmessungen der Durchmesser der kleinen Pleuellaugen 9.1, 9.2 und 9.3 kleiner, gleich groß oder größer als die Abmessungen der Durchmesser der großen Pleuellaugen 8.1, 8.2 und 8.3 sein.

Die Kurbelwelle 4 ist mit einem Kurbelwellenkettensrad 11 versehen und mittels einer Steuerkette 12 mit einem Nockenwellenkettensrad 13 gekoppelt. Das Nockenwellenkettensrad 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 angedrückt wird. Das Zugtrum der Steuerkette 12 kann entlang einer Führungsschiene gleiten. Die wesentliche Funktionsweise dieses Verbrennungsmotors 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. Der Hubkolben 3.1 ist in Fig. 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 Ge-

staltung des Zylinderdeckels ab. Aus diesen Volumen V_h und V_c ergibt sich das Verdichtungsverhältnis ϵ . Im Detail errechnet sich das Verdichtungsverhältnis ϵ 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 (Drehzahl n , Temperatur T , Drosselklappenstellung) des Verbrennungsmotors 1 das Verdichtungsverhältnis ϵ angepasst werden kann, sind erfindungsgemäß die Pleuelstangen 6.1, 6.2 und 6.3 in ihrer Länge verstellbar ausgestaltet. Hierdurch kann im Teillastbereich mit einem höheren Verdichtungsverhältnis gefahren werden als im Vollastbereich.

In Fig. 2 ist beispielhaft die längenverstellbare Pleuelstange 6.1 dargestellt, die identisch zu den Pleuelstangen 6.2 und 6.3 ausgestaltet ist. Die Beschreibung gilt daher entsprechend für alle Pleuelstangen. Die Pleuelstange 6.1 weist ein erstes Pleuelteil 18.1 mit einem Pleuelstangenkopf 17.1 und ein zweites Pleuelteil 19.1 auf. In dem Pleuelstangenkopf 17.1 ist das kleine Pleuelauge 9.1 ausgebildet. Das erste Pleuelteil 18.1 ist teleskopierbar in dem zweiten Pleuelteil 19.1 geführt. Die relative Bewegung des ersten Pleuelteils 18.1 in Längsrichtung zum zweiten Pleuelteil 19.1 erfolgt mittels einer Zylinder-Kolben-Einheit 31.1 mit einem Verstellkolben 21.1. und einer Zylinderbohrung 22.1. Am zweiten Pleuelteil 19.1 ist eine untere Lagerschale 20.1 angeordnet, die zusammen mit dem unteren Bereich des zweiten Pleuelteils 19.1 das große Pleuelauge 8.1 umgibt. Die untere Lagerschale 20.1 und das zweite Pleuelteil 19.1 werden in üblicher Weise mittels Befestigungsmitteln miteinander verbunden. Das untere Ende des ersten Pleuelteils 18.1 ist mit dem Verstellkolben 21.1 verbunden, der in der Zylinderbohrung 22.1 des zweiten Pleuelteils 19.1 verschiebbar geführt ist. Am oberen Ende weist das zweite Pleuelteil 19.1 einen Deckel 23.1 auf, durch den das erste Pleuelteil 18.1 hindurchgeführt und abgedichtet ist. Somit dichtet der Deckel 23.1 insgesamt die Zylinderbohrung 22.1 ab. Unterhalb des Verstellkolbens 21.1 ist eine erste Druckkammer 24.1 von kreisförmigem Querschnitt gebildet und oberhalb des Verstellkolbens 21.1 ist eine kreisringförmige zweite Druckkammer 25.1 gebildet. Der Verstellkolben 21.1 und die Kolbenbohrung 22.1 sind Bestandteil des Verstellmechanismus zur Veränderung der Länge der Pleuelstange. Zu dem Verstellmechanismus gehört auch eine hydraulische Schaltung 26.1, die entsprechend für einen Zu- bzw. Ablauf des Hydraulikfluids in bzw. aus den Druckkammern 24.1 und 25.1 und somit eine Bewegung des Verstellkolbens 21.1 sorgt oder diesen arretiert.

Wie oben beschrieben ist die Pleuelstange als Teleskopsystem mit mehreren Bauteilen aufgebaut. Jedes dieser einzelnen Bauteile, d.h. das erste Pleuelteil 18.1 mit dem kleinen Pleuelauge 9.1 und dem Verstellkolben 21.1 sowie das zweite Pleuelteil 19.1 mit dem großen Pleuelauge 8.1 und der Zylinderbohrung 22.1 weist Einzeltoleranzen auf, wobei durch die Addition der Einzeltoleranzen eine erhebliche Streuung der Gesamtlänge der Pleuelstange 6.1 auftreten kann. Der Einsatz von mehreren Pleuelstangen mit unterschiedlichen Gesamtlängen hätte unterschiedliche Verdichtungsverhältnisse zur Folge. Dies ist verständlicherweise nicht erwünscht. Daher ist in dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel im kleinen Pleuelauge 9.1 ein exzentrischer Einsatz in Form einer Exzenterbuchse 27.1 verdrehsicher eingesetzt. Die Exzenterbuchse 27.1 ist so in dem kleinen Pleuelauge 9.1 eingesetzt, dass ihre Exzentrizität die auftretenden Längenunterschiede ausgleicht. Dadurch kann der Achsabstand der Pleuelaugen exakt angepasst werden. Dies wird im Folgenden noch genauer erläutert.

Fig. 3 zeigt eine Vergrößerung des oberen Bereichs des ersten Pleuelteils 18.1. Wie bereits beschrieben, ist im kleinen Pleuelauge 9.1 eine Exzenterbuchse 27.1 eingesetzt. Die Exzenterbuchse 27.1 weist einen kreisförmigen Querschnitt auf, dessen Durchmesser etwa dem Durchmesser des kleinen Pleuelauges 9.1 entspricht. In der Exzenterbuchse 27.1 ist exzentrisch zum Mittelpunkt des Umfangskreises eine kreisförmige bzw. zylindrische Öffnung 28.1 zur Aufnahme des Kolbenbolzens 10.1 ausgebildet. Je nachdem in welcher Winkellage die Exzenterbuchse 27.1 in dem kleinen Pleuelauge 9.1 angeordnet ist, hat die entlang der Pleuelmittelachse verlaufende Exzentrizität E_1 , E_2 einen anderen Wert. Dadurch wird die Gesamtlänge der Pleuelstange 6.1 verändert und die auftretenden Toleranzen werden ausgeglichen. Am Umfang des Pleuelauges 9.1 kann eine Verzahnung 29.1 ausgebildet sein. Die Exzenterbuchse 27.1 weist an ihrem äußeren Umfang ebenfalls eine Verzahnung 30.1 auf, die mit der Verzahnung 29.1 im Pleuelauge 9.1 zusammenwirkt und so eine definierte Stellung der Exzenterbuchse 27.1 im Pleuelauge 9.1 ermöglicht. Durch die Verzahnung werden nur diskrete Winkellagen zugelassen. Zudem wird eine Verdrehsicherung der Exzenterbuchse 27.1 im kleinen Pleuelauge 9.1 ermöglicht. Die Verzahnung weist vorzugsweise Winkelschritte von etwa 15° auf.

Die Verzahnung dient damit als Verriegelung mit korrespondierenden Verriegelungselementen am inneren Umfang des Pleuelauges 9.1 und am äußeren Umfang der Exzenterbuchse 27.1. Neben dieser Ausführung der Verriegelungselemente sind auch andere Ausführungsformen möglich, die eine dauerhafte Verdrehsicherung des als Exzenterbuchse 27.1 ausgeführten exzentrischen Einsatzes im Pleuelauge 9.1 erlauben.

Zum Ausgleich von verschiedenen auftretenden Toleranzen ist somit nur eine Ausführungsform der Exzenterbuchse nötig, die nur bezüglich der richtigen Winkellage im Pleuelauge eingesetzt werden muss. Es kann auch vorgesehen werden, dass die Exzenterbuchse im Pleuelauge verpresst wird, um eine Verdrehsicherung zu erreichen. In Figur 3 sind zwei mögliche unterschiedliche Stellungen der Exzenterbuchse 27.1 gezeigt. In der ersten dargestellten Winkellage ist die Aufnahme 28.1 für den Kolbenbolzen 10.1 in durchgezogenen Linien gezeichnet. In dieser Winkellage ist die zum großen Pleuelauge weisende Exzentrizität E_1 der Exzenterbuchse 27.1 relativ groß, wodurch eine zu kurze Länge der Pleuelstange ausgeglichen werden kann. In der zweiten dargestellten Winkellage ist die Aufnahme 28.1 für den Kolbenbolzen 10.1 in gestrichelten Linien gezeichnet. In dieser zweiten Winkellage ist die zum großen Pleuelauge weisende Exzentrizität E_2 der Exzenterbuchse 27.1 klein, wodurch eine zu lange Länge der Pleuelstange ausgeglichen werden kann. Je nach Ausgestaltung der Exzenterbuchse, beispielsweise ob eine Außenverzahnung vorgesehen ist oder nicht, sind noch viele andere Winkellagen der Exzenterbuchse 27.1 einstellbar. Es kann auch vorgesehen werden, dass eine Vielzahl von unterschiedlichen Exzenterbuchsen bereitgestellt werden, die unterschiedliche maximale und minimale Exzentrizitäten aufweisen. Es wird dann eine Exzenterbuchse ausgewählt, deren maximale bzw. minimale Exzentrizität der auszugleichenden Länge der Pleuelstange 6.1 entspricht. Diese Exzenterbuchse wird dann so in dem kleinen Pleuelauge 9.1 befestigt, beispielsweise durch Einpressen oder durch die am Umfang vorgesehene Verzahnung, dass der Mittelpunkt der kreisförmigen Aufnahme 28.1 der Exzenterbuchse 27.1 auf der Mittelachse M der Pleuelstange zu liegen kommt. Die minimale und die maximale Exzentrizität der Exzenterbuchse 27.1 liegen dann ebenfalls auf der Mittelachse M der Pleuelstange. Dadurch wird vermieden, dass sich die Pleuelmittelachse verschiebt.

Während vorgehend nur das Anordnen eines exzentrischen Einsatzes im kleinen Pleuelauge 9.1 beschrieben wurde können erfindungsgemäß auch exzentrische Einsätze sowohl im kleinen 9.1 als auch im großen Pleuelauge 8.1 vorgesehen sein, die entsprechend einstellbar sind. Dadurch ist ein noch größerer Verstellbereich der definierten Länge der Pleuelstange 6.1 gegeben.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die Verzahnung im Pleuelauge 9.1 und am Umfang der Exzenterbuchse 27.1 derart ausgebildet ist, dass ein falscher Einbau der Exzenterbuchse 27.1 in dem Pleuelauge 9.1 unmöglich ist (Fail-Safe-Prinzip bzw. Poka Yoke).

In Fig. 4 ist die Exzenterbuchse 27.1 teilweise im Schnitt dargestellt. Die Exzenterbuchse 27.1 weist im Inneren die zylindrische Öffnung 28.1 zur Aufnahme des Kolbenbolzens 10.1 auf. Wie

bereits beschrieben, hat die Exzenterbuchse 27.1 quer zu ihrer Längsrichtung L einen kreisförmigen Querschnitt. Die kreisförmige Öffnung 28.1 ist exzentrisch zum Mittelpunkt des kreisförmigen Querschnitts der Exzenterbuchse 27.1 angeordnet. Je nachdem in welcher Winkellage die Exzenterbuchse 27.1 im kleinen Pleuelauge 9.1 angeordnet ist, vergrößert oder verkleinert sich der Abstand von dem Mittelpunkt der kreisförmigen Öffnung 28.1 und damit der Mittelachse des Kolbenbolzens 10.1 zum Mittelpunkt des großen Pleuelauge 8.1 und damit die Gesamtlänge der Pleuelstange 6.1. Auftretende Toleranzen der einzelnen Bauteile der Pleuelstange 6.1, die sich addieren können, werden so ausgeglichen.

In den Fig. 5a bis 5c ist eine Exzenterbuchse 27.1 in drei unterschiedlichen Winkellagen gezeigt. In Figur 5a ist die Exzenterbuchse 27.1 in einer neutralen Lage gezeigt. Damit ist gemeint, dass die obere Exzentrizität E_O , d.h. die Dicke der Exzenterbuchse 27.1 im oberen Bereich, d.h. entlang der Mittelachse der Pleuelstange zum Hubkolben hinweisend, genauso groß ist wie die untere Exzentrizität E_U . Die untere Exzentrizität E_U ist die Dicke der Exzenterbuchse 27.1 im unteren, zum großen Pleuelauge 8.1 hinweisenden Bereich der Exzenterbuchse 27.1.

Fig. 5b zeigt die Exzenterbuchse 27.1 in einer Winkellage, in der eine zu kurze Gesamtlänge der Pleuelstange 6.1 ausgeglichen werden muss. In diesem Fall ist die obere Exzentrizität E_O kleiner als die untere Exzentrizität E_U .

Fig. 5c zeigt die Exzenterbuchse 27.1 in einer Winkellage, in der eine zu lange Gesamtlänge der Pleuelstange 6.1 ausgeglichen werden muss. In diesem Fall ist die obere Exzentrizität E_O größer als die untere Exzentrizität E_U .

Fig. 6 zeigt den unteren Bereich der Pleuelstange 6.1, in dem das große Pleuelauge 8.1 zur Aufnahme des Kurbelwellenzapfens ausgebildet ist. Dazu ist das zweite Pleuelteil 19.1 mit einer unteren Lagerschale 20.1 verbunden. Dies kann zum Beispiel mittels üblicher Befestigungsmittel wie Schrauben erfolgen. Das zweite Pleuelteil 19.1 bildet zusammen mit der unteren Lagerschale 20.1 das große Pleuelauge 8.1 aus. In dem großen Pleuelauge 8.1 sind zwei zusammengehörige exzentrische Lagerschalen 32.1, 33.1 angeordnet. Die beiden exzentrischen Lagerschalen 32.1, 33.1 bilden zusammen eine kreiszylindrische Aufnahme 36.1 für einen Kurbelwellenzapfen aus. Die beiden Lagerschalen 32.1, 33.1 stoßen an einer ersten Stoßfläche 34.1 und einer zweiten Stoßfläche 35.1 aneinander. Um einen reibungslosen Betrieb der Pleuelstange 6.1 zu ermöglichen, muss der Übergang an diesen Stoßflächen 34.1, 35.1 sehr glatt gehalten sein. Es ist daher wichtig, dass immer zwei zueinander passende exzentrische Lagerschalen 32.1, 33.1 miteinander verwendet werden. Dazu kann vorgesehen

sein, dass die zueinander passenden Lagerschalen 32.1, 33.1 an ihren Stoßflächen 34.1, 35.1 so ausgeformt sind, dass sie einen Formschluss bilden. Hier wäre beispielsweise eine Verzahnung denkbar. Alternativ kann vorgesehen sein, dass zueinander passende Lagerschalen 32.1, 33.1 einen Farbcode aufweisen, anhand dessen klar wird, dass nur dieser Lagerschalen miteinander verbaut werden dürfen.

Fig. 7a und 7b zeigen ein Beispiel für ein Paar von zusammengehörigen exzentrischen Lagerschalen 32.1, 33.1, die derart in das große Pleuellaug 8.1 eingesetzt werden, dass sie eine zu lange Länge der Pleuelstange 6.1 ausgleichen. Die exzentrische Lagerschale 32.1 mit der maximalen Exzentrizität $E_{\max}$ ist im unteren Bereich des großen Pleuellauges 8.1 angeordnet, d.h. an der unteren Lagerschale 20.1 und somit wegweisend vom oberen bzw. kleinen Pleuellaug 9.1. Die andere exzentrische Lagerschale 33.1 mit der minimalen Exzentrizität $E_{\min}$ ist entsprechend im oberen Bereich des großen Pleuellauges 8.1 am Fuß des zweiten Pleuelteils 19.1 angeordnet. Der Mittelpunkt M_{EL} der durch die exzentrischen Lagerschalen 32.1, 33.1 ausgebildeten Aufnahme 36.1 für den Kurbelwellenzapfen wird daher in Bezug auf den Mittelpunkt M_{PL} des großen Pleuellauges 8.1 nach oben verschoben und damit die effektive Länge der Pleuelstange 6.1 verkürzt.

Fig. 7b zeigt die beiden exzentrischen Lagerschalen 32.1, 33.1 im auseinandergezogenen Zustand. Hier sind die Stoßflächen 34.1, 35.1 deutlich sichtbar.

Fig. 8a und 8b zeigen ein Beispiel für ein Paar von zusammengehörigen exzentrischen Lagerschalen 32.1, 33.1, die derart in das große Pleuellaug 8.1 eingesetzt werden, dass sie eine zu kurze Länge der Pleuelstange 6.1 ausgleichen. Hier ist die exzentrische Lagerschale 32.1 mit der maximalen Exzentrizität $E_{\max}$ im oberen Bereich des großen Pleuellauges 8.1, d.h. anliegend am zweiten Pleuelteil 19.1 eingesetzt. Die zweite exzentrische Lagerschale 33.1 mit der minimalen Exzentrizität $E_{\min}$ ist im unteren Bereich des großen Pleuellauges 9.1, d. h. anliegend an der unteren Lagerschale 20.1, angeordnet. Dadurch wird der Mittelpunkt M_{EL} der durch die exzentrischen Lagerschalen 32.1, 33.1 ausgebildeten Aufnahme 36.1 für den Kurbelwellenzapfen in Bezug auf den Mittelpunkt M_{PL} des großen Pleuellauges 8.1 nach unten verschoben und damit die effektive Länge der Pleuelstange 6.1 verlängert. Fig. 8b zeigt die beiden exzentrischen Lagerschalen 32.1, 33.1 im auseinandergezogenen Zustand. Hier sind wieder die Stoßflächen 34.1, 35.1 an der die beiden exzentrischen Lagerschalen 32.1, 33.1 aneinanderstoßen sichtbar. Wie bereits beschrieben, muss der Übergang an diesen Stoßstellen 34.1, 35.1 sehr glatt sein. Dies ist nur möglich, wenn nur zueinander passende Lagerschalen miteinander verbaut werden. Vorzugsweise sind die Stoßflächen 34.1, 35.1 daher nach

dem Poka-Yoke Prinzip ausgebildet, sodass nur zueinander passende Lagerschalen miteinander verbaut werden können. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass an den Stoßflächen 34.1, 35.1 zueinander passende Verzahnungen ausgebildet sind oder ein anderer ineinandergreifender Formschluss. Alternativ könnte auch ein Farbcode eingesetzt werden.

Erfindungsgemäß beinhaltet ein Verfahren zum Einstellen einer definierten Länge einer Pleuelstange 6.1 folgende Schritte:

- a. Ermitteln einer aktuellen Länge der Pleuelstange 6.1;
- b. Vergleich der aktuellen Länge der Pleuelstange 6.1 mit einer definierten Länge;
- c. Bei Abweichung der aktuellen von der definierten Länge Verdrehen des exzentrischen Einsatzes in zumindest einem Pleuelauge 9.1, 8.1, bis die aktuelle Länge der Pleuelstange 6.1 mit der definierten Länge übereinstimmt;
- d. Verdrehsicheres Fixieren der in den Pleuelaugen 9.1, 8.1 angeordneten exzentrischen Einsätze.

Die aktuelle Länge der Pleuelstange 6.1 bezeichnet die Länge nach erfolgter Assemblierung bzw. vor Einbau in einen Verbrennungsmotor. Die Ermittlung erfolgt auf übliche Weise.

Die definierte Länge ist diejenige Länge der Pleuelstange 6.1, die für die bestimmungsgemäße Verwendung benötigt wird.

Das verdrehsichere Fixieren der Pleuelstange 6.1 erfolgt auf die oben beschriebenen Arten, insbesondere durch Vorsehen und Betätigen der Verriegelungselemente. Zusätzlich kann das dauerhafte Verdrehsichern auch erreicht werden durch Kleben, Schweißen oder sonstige bekannte Maßnahmen.

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	Kurbelwellenketterad
12	Steuerkette
13	Nockenwellenkettenrad
14	Nockenwelle
15	Spannschiene
16	Kettenspanner
17.1	Pleuelstangenkopf
18.1	erstes Pleuelteil
19.1	zweites Pleuelteil
20.1	untere Lagerschale
21.1	Verstellkolben

22.1	Kolbenbohrung
23.1	Deckel
24.1	erste Druckkammer
25.1	zweite Druckkammer
26.1	hydraulische Schaltung
27.1	Exzenterbuchse
28.1	kreisförmige Öffnung Exzenterbuchse
29.1	Verzahnung kleines Pleuelauge
30.1	Verzahnung Exzenterbuchse
31.1	Zylinder-Kolben-Einheit
32.1	erste exzentrische Lagerschale
33.1	zweite exzentrische Lagerschale
34.1	erste Stoßfläche
35.1	zweite Stoßfläche
36.1	Aufnahme Kurbelwellenzapfen

V_h	Hubvolumen
V_c	Kompressionsvolumen
H_c	Kompressionshöhe
H_K	Hubweg
E_1, E_2	Exzentrizitäten
E_o	obere Exzentrizität

E_U	untere Exzentrizität
$E_{\max}$	maximale Exzentrizität
$E_{\min}$	minimale Exzentrizität
ε	Verdichtungsverhältnis
n	Drehzahl
T	Temperatur
M	Mittelachse Pleuelstange
M_{PA}	Mittelpunkt Pleuelauge
M_{EL}	Mittelpunkt exzentrische Lagerschalen

Ansprüche

1. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) für einen Verbrennungsmotor mit einem ersten Pleuelteil (18.1), in dem ein erstes Pleuelauge (9.1) ausgebildet ist, einem zweiten Pleuelteil (19.1), in dem ein zweites Pleuelauge (8.1) ausgebildet ist, und mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (31.1), um das erste Pleuelteil (18.1) relativ zum zweiten Pleuelteil (19.1) zu verstellen, die Zylinder-Kolben-Einheit (31.1) umfasst eine Zylinderbohrung (22.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1) und mindestens einen in der Zylinderbohrung (22.1) vorgesehenen Druckraum (24.1, 25.1), **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem der Pleuelaugen (9.1, 8.1) ein exzentrischer Einsatz verdrehsicher so angeordnet ist, dass eine definierte Länge der Pleuelstange (6.1) eingestellt ist.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der exzentrische Einsatz als eine in einem der Pleuelaugen (9.1) angeordnete Exzenterbuchse (27.1) ausgebildet ist.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eines der Pleuelaugen als kleines Pleuelauge (9.1) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens ausgebildet ist und die Exzenterbuchse (27.1) im kleinen Pleuelauge (9.1) angeordnet ist.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der exzentrische Einsatz in einem der Pleuelaugen (9.1, 8.1) angeordnete exzentrische Lagerschalen (32.1, 33.1) umfasst.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eines der Pleuelaugen als großes Pleuelauge (8.1) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens ausgebildet ist und die exzentrischen Lagerschalen (32.1, 33.1) im großen Pleuelauge (8.1) angeordnet sind.
6. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei exzentrische Lagerschalen (32.1, 33.1) vorgesehen sind.
7. Längenverstellbare Pleuelstange nach einem der Ansprüche 4-6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Lagerschalen (32.1, 33.1) eine unterschiedliche Dicke aufweisen.

8. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 4-7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stoßflächen (34.1, 35.1) der exzentrischen Lagerschalen (32.1, 33.1) nach dem Poka-Yoke-Prinzip ausgestaltet sind.
9. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stoßflächen (34.1, 35.1) der exzentrischen Lagerschalen (32.1, 33.1) formschlüssig ineinander greifen.
10. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusammengehörige exzentrische Lagerschalen (32.1, 33.1) durch einen Farbcode gekennzeichnet sind.
11. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1-10, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der zum Pleuelauge (8.1, 9.1) weisenden Außenseite des exzentrischen Einsatzes sowie im Pleuelauge (9.1) korrespondierende Verriegelungselemente vorgesehen sind.
12. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verriegelungselemente als ineinandergreifende Verzahnungen (30.1, 29.1) ausgeführt sind, wobei vorzugsweise die Verzahnung (30.1, 29.1) Winkelschritte von etwa 15° aufweist.
13. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1-12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale Exzentrizität des exzentrischen Einsatzes etwa 1 mm beträgt.
14. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1-13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der exzentrische Einsatz im Pleuelauge (8.1, 9.1) verpresst wird.
15. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1-14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der exzentrische Einsatz derart im Pleuelauge (8.1, 9.1) angeordnet ist, dass die maximale und die minimale Exzentrizität des exzentrischen Einsatzes auf der Mittelachse (M) der Pleuelstange (6.1) zu liegen kommen.
16. Verfahren zum Einstellen einer definierten Länge einer Pleuelstange (6.1) mit einem ersten Pleuelteil (18.1), in dem ein erstes Pleuelauge (9.1) ausgebildet ist, einem zweiten Pleuelteil (19.1), in dem ein zweites Pleuelauge (8.1) ausgebildet ist, und mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (31.1), um das erste Pleuelteil (18.1) relativ zum

zweiten Pleuelteil (19.1) zu verstellen, wobei die Zylinder-Kolben-Einheit (31.1) eine Zylinderbohrung (22.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1) und mindestens einen in der Zylinderbohrung (22.1) vorgesehenen Druckraum (24.1, 25.1) umfasst, wobei in zumindest einem der Pleuelaugen (9.1, 8.1) ein in den Pleuelaugen (9.1, 8.1) beweg- und in seiner Bewegung fixierbarer exzentrischer Einsatz vorgesehen ist, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- a. Ermitteln einer aktuellen Länge der Pleuelstange (6.1);
- b. Vergleich der aktuellen Länge der Pleuelstange (6.1) mit einer definierten Länge;
- c. Bei Abweichung der aktuellen von der definierten Länge Verdrehen des exzentrischen Einsatzes in zumindest einem Pleuelauge (9.1, 8.1), bis die aktuelle Länge der Pleuelstange (6.1) mit der definierten Länge übereinstimmt;
- d. Verdrehsicheres Fixieren der in den Pleuelaugen (9.1, 8.1) angeordneten exzentrischen Einsätze.

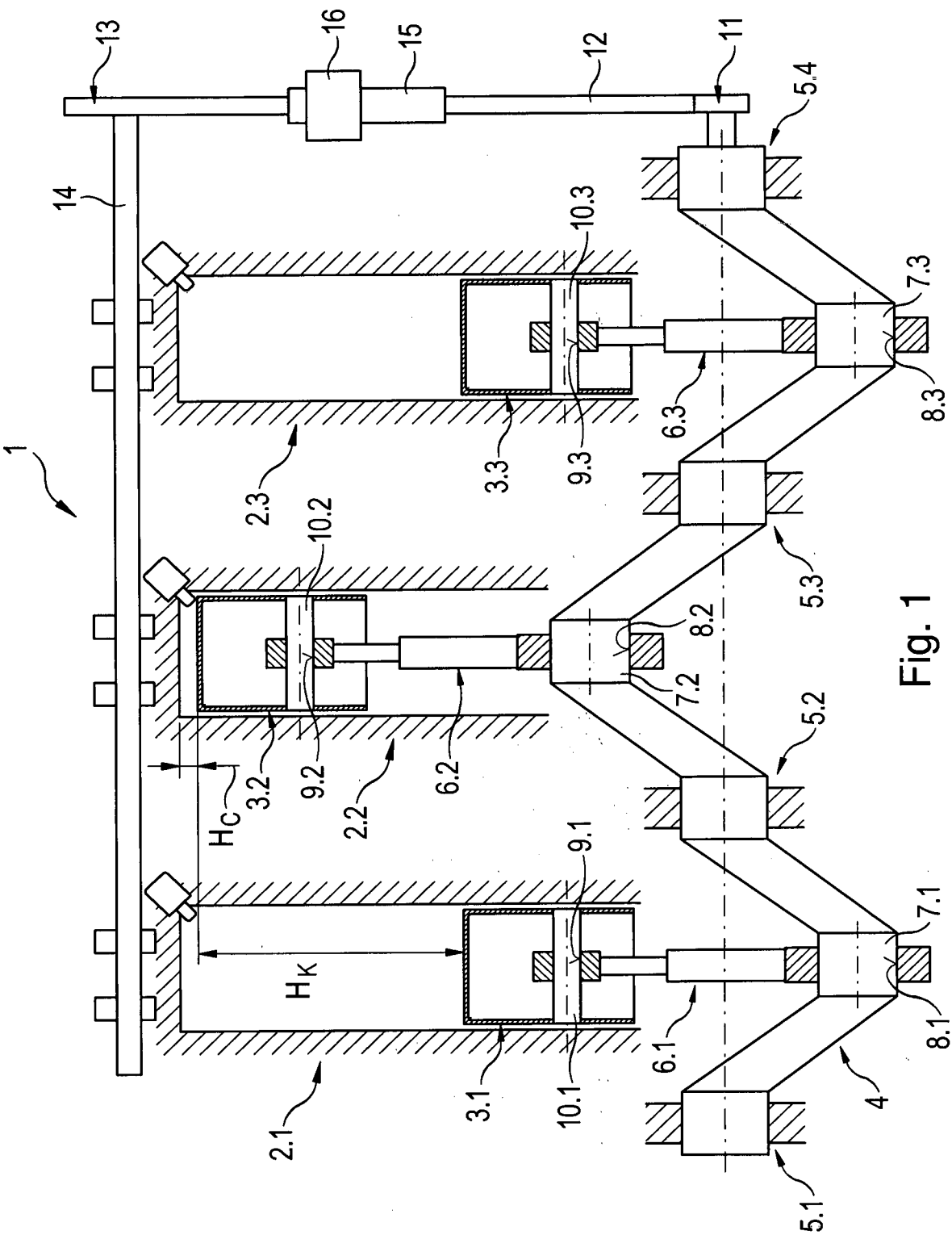


Fig. 1

2/5

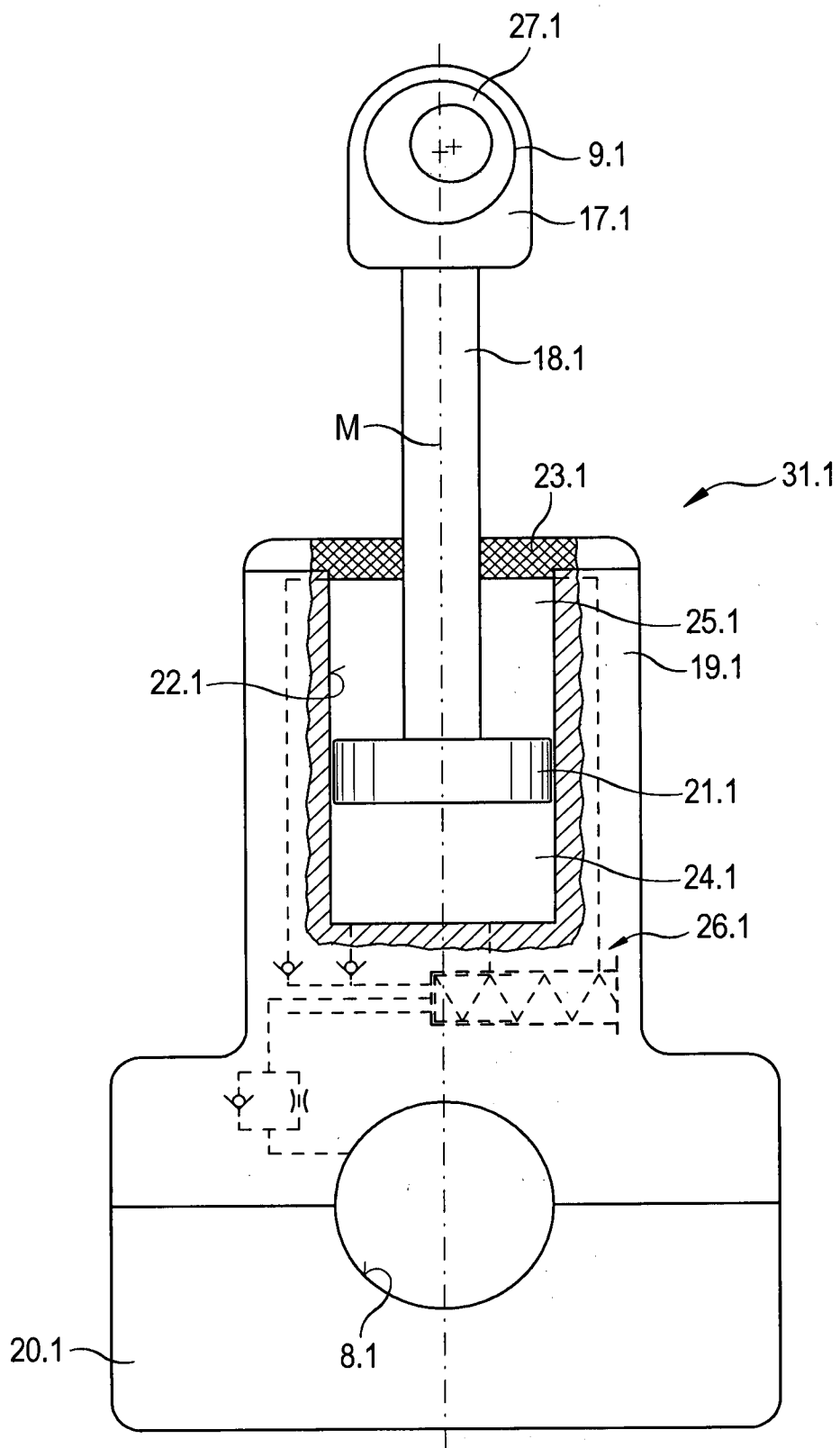


Fig. 2

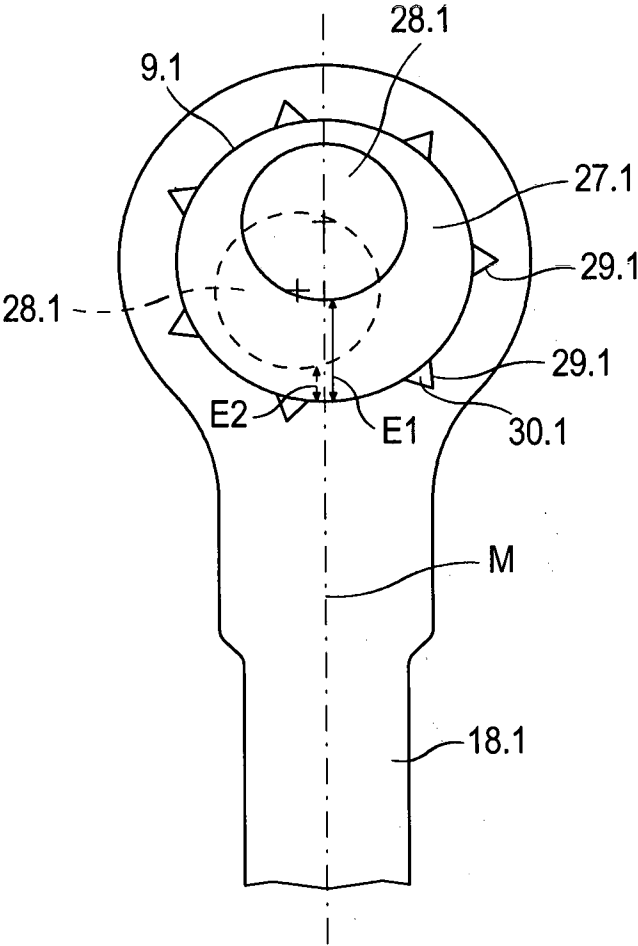


Fig. 3

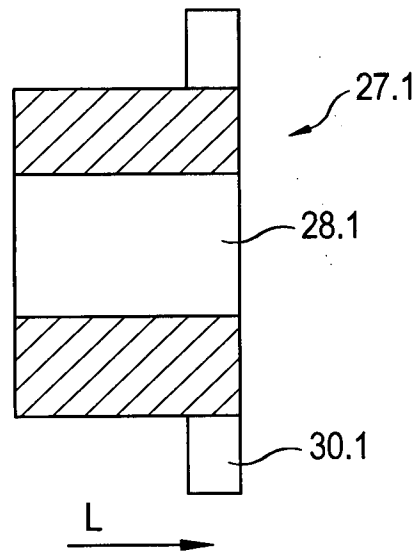


Fig. 4

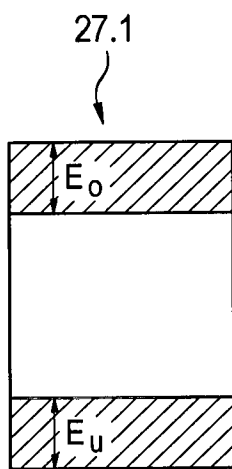


Fig. 5a

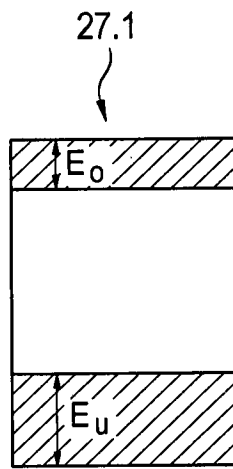


Fig. 5b

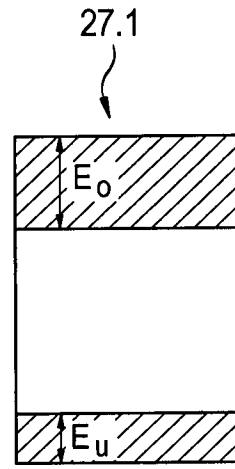


Fig. 5c

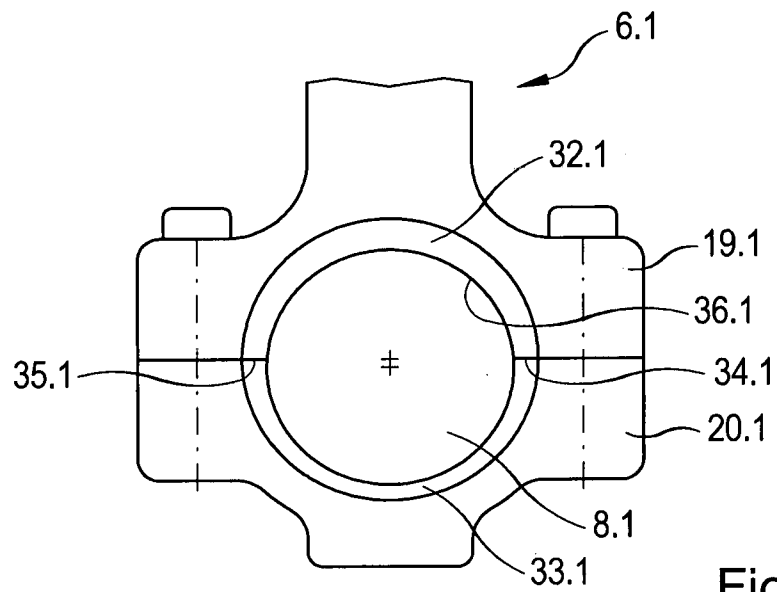


Fig. 6

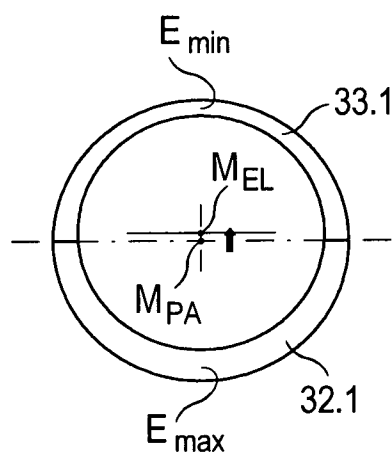


Fig. 7a

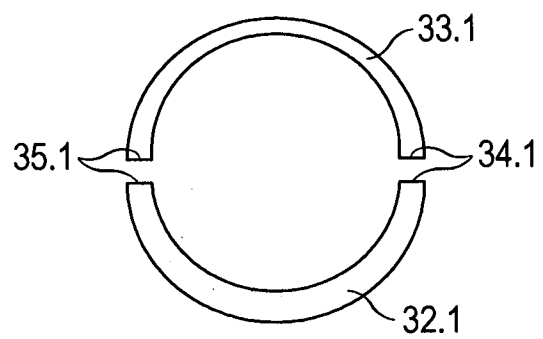


Fig. 7b

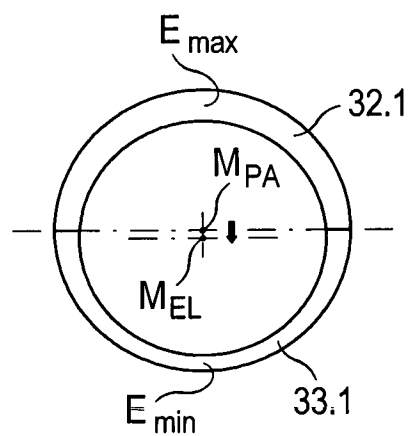


Fig. 8a

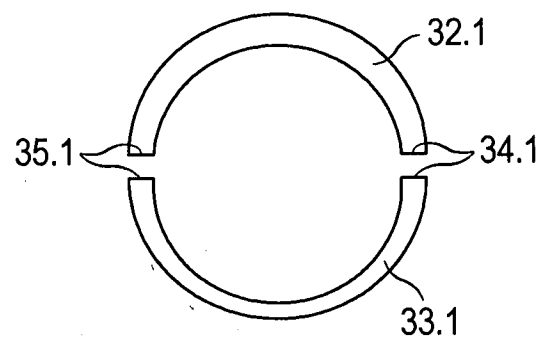


Fig. 8b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/000184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F02B 75/04**(2006.01)i; **F16C 9/04**(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; 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.
Y A	DE 102015001066 B3 (BRUNNER ARMIN [DE]) 22 October 2015 (2015-10-22) the whole document	1-6,13,15,16 7-12,14
Y A	DE 3101462 A1 (STEYR DAIMLER PUCH AG [AT]) 26 November 1981 (1981-11-26) abstract; figures	1-6,13,15,16 7-12,14
A	GB 2251456 A (FORD MOTOR CO [GB]) 08 July 1992 (1992-07-08) the whole document	1-16
A	WO 2014162043 A1 (WÄRTSILÄ FINLAND OY [FI]) 09 October 2014 (2014-10-09) the whole document	1-16
A	WO 2016103018 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 30 June 2016 (2016-06-30) the whole document	1-16



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 August 2018

Date of mailing of the international search report

29 August 2018

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/EP2018/000184

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102015001066	B3	22 October 2015	DE	102015001066	B3	22 October 2015
				EP	3059412	A1	24 August 2016
				ES	2637835	T3	17 October 2017
DE	3101462	A1	26 November 1981	AT	376485	B	26 November 1984
				DE	3101462	A1	26 November 1981
				JP	S5828447	B2	16 June 1983
				JP	S56120812	A	22 September 1981
				US	4450797	A	29 May 1984
GB	2251456	A	08 July 1992	NONE			
WO	2014162043	A1	09 October 2014	NONE			
WO	2016103018	A1	30 June 2016	AU	2015370633	A1	13 July 2017
				BR	112017013609	A2	06 March 2018
				CA	2971680	A1	30 June 2016
				CN	107110018	A	29 August 2017
				EP	3237735	A1	01 November 2017
				JP	6350755	B2	04 July 2018
				JP	2017535722	A	30 November 2017
				PH	12017501162	A1	18 December 2017
				TW	201636501	A	16 October 2016
				US	2017342896	A1	30 November 2017
				WO	2016103018	A1	30 June 2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02B75/04 F16C9/04
 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.
Y A	DE 10 2015 001066 B3 (BRUNNER ARMIN [DE]) 22. Oktober 2015 (2015-10-22) das ganze Dokument	1-6,13, 15,16 7-12,14
Y A	DE 31 01 462 A1 (STEYR DAIMLER PUCH AG [AT]) 26. November 1981 (1981-11-26) Zusammenfassung; Abbildungen	1-6,13, 15,16 7-12,14
A	GB 2 251 456 A (FORD MOTOR CO [GB]) 8. Juli 1992 (1992-07-08) das ganze Dokument	1-16
A	WO 2014/162043 A1 (WÄRTSILÄ FINLAND OY [FI]) 9. Oktober 2014 (2014-10-09) das ganze Dokument	1-16
A	WO 2016/103018 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 30. Juni 2016 (2016-06-30) das ganze Dokument	1-16



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. August 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/08/2018

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

Paulson, Bo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/000184

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102015001066 B3	22-10-2015	DE 102015001066 B3	22-10-2015
		EP 3059412 A1	24-08-2016
		ES 2637835 T3	17-10-2017

DE 3101462 A1	26-11-1981	AT 376485 B	26-11-1984
		DE 3101462 A1	26-11-1981
		JP S5828447 B2	16-06-1983
		JP S56120812 A	22-09-1981
		US 4450797 A	29-05-1984

GB 2251456 A	08-07-1992	KEINE	

WO 2014162043 A1	09-10-2014	KEINE	

WO 2016103018 A1	30-06-2016	AU 2015370633 A1	13-07-2017
		BR 112017013609 A2	06-03-2018
		CA 2971680 A1	30-06-2016
		CN 107110018 A	29-08-2017
		EP 3237735 A1	01-11-2017
		JP 6350755 B2	04-07-2018
		JP 2017535722 A	30-11-2017
		PH 12017501162 A1	18-12-2017
		TW 201636501 A	16-10-2016
		US 2017342896 A1	30-11-2017
		WO 2016103018 A1	30-06-2016
