

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50866/2018 (51) Int. Cl.: **F02B 75/04** (2006.01)
 (22) Anmeldetag: 08.10.2018 **F16C 7/06** (2006.01)
 (43) Veröffentlicht am: 15.11.2019 **F02D 15/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: DE 102017106939 A1 AT 519932 A2 WO 2018007534 A1 (72) Erfinder: Heller Malte 81243 München (DE) Arens Kai Dr. 81377 München (DE) Riba Zóltan 82140 Olching (DE) Bodensteiner Martin 80336 München (DE) Latz Steffen 81669 München (DE)	(71) Patentanmelder: AVL List GmbH 8020 Graz (AT) iwis motorsysteme GmbH & Co. KG 81369 München (DE) (72) Erfinder: Kometter Bernhard Dipl.Ing. 8111 Judendorf (AT) St John Robert 8020 Graz (AT) Greylinger Wilhelm 8680 Mürrzusschlag (AT) Fürhapter Heinrich Dipl.Ing. 8052 Graz (AT) Lösch Siegfried Dr. 8051 Graz (AT) (74) Vertreter: Kopetz Heinrich Dipl.Ing. 8020 Graz (AT)
---	---

(54) **Längenverstellbares Pleuel mit massereduziertem Ablassventil**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel (1) für einen Verbrennungsmotor, wobei das Pleuel (1) mindestens ein schaltbares Ablassventil (24, 25) zum Öffnen und Verschließen einer Druckkammer (11, 12) aufweist, wobei das Ablassventil (24, 25) einen Ventilkörper (29) und einen mit dem Ventilkörper (29) wirkverbundenen Schließkörper (32) aufweist und auf den Schließkörper (32) ein Schließmechanismus zum direkten Bewegen des Schließkörpers (32) und indirekten Bewegen des Ventilkörpers (29) von einer Schließ- in eine Öffnungsstellung oder umgekehrt vorhanden ist. Ein solches Ablassventil (24, 25) soll funktionstauglich ausgestaltet sein. Hierzu weist der Schließkörper (32) eine Masse auf, die geringer ist als das von der Hüllkontur des Schließkörpers (32) vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl ($7,85 \text{ g/mm}^3$). Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung eines solchen Schließkörpers (32) in einem entsprechenden längenverstellbaren Pleuel (1).

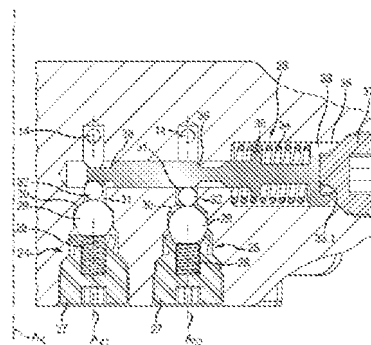


Fig. 3

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel (1) für einen Verbrennungsmotor, wobei das Pleuel (1) mindestens ein schaltbares Ablassventil (24, 25) zum Öffnen und Verschließen einer Druckkammer (11, 12) aufweist, wobei das Ablassventil (24, 25) einen Ventilkörper (29) und einen mit dem Ventilkörper (29) wirkverbundenen Schließkörper (32) aufweist und auf den Schließkörper (32) ein Schließmechanismus zum direkten Bewegen des Schließkörpers (32) und indirekten Bewegen des Ventilkörpers (29) von einer Schließ- in eine Öffnungsstellung oder umgekehrt vorhanden ist. Ein solches Ablassventil (24, 25) soll funktionstauglich ausgestaltet sein. Hierzu weist der Schließkörper (32) eine Masse auf, die geringer ist als das von der Hüllkontur des Schließkörpers (32) vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl ($7,85 \text{ g/mm}^3$). Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung eines solchen Schließkörpers (32) in einem entsprechenden längenverstellbaren Pleuel (1).

Fig. 3

Längenverstellbares Pleuel mit massereduziertem Ablassventil

Die vorliegende Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für einen Verbrennungsmotor, wobei das Pleuel mindestens ein schaltbares Ablassventil zum Öffnen und Verschließen eines Druckraums aufweist, wobei das Ablassventil einen Ventilkörper und einen mit dem Ventilkörper wirkverbundenen Schließkörper aufweist und ein auf den Schließkörper wirkender Schließmechanismus zum direkten Bewegen des Schließkörpers und indirekten Bewegen des Ventilkörpers von einer Schließ- in eine Öffnungsstellung oder umgekehrt vorhanden ist.

Der thermische Wirkungsgrad η von Ottomotoren ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis ϵ , d.h. dem Verhältnis vom Gesamtvolumen vor der Verdichtung zum Kompressionsvolumen ($\epsilon = (\text{Hubvolumen } V_h + \text{Kompressionsvolumen } V_c) / \text{Kompressionsvolumen } V_c$). Mit steigendem Verdichtungsverhältnis nimmt der thermische Wirkungsgrad zu. Die Zunahme des thermischen Wirkungsgrades über das Verdichtungsverhältnis ist degressiv, allerdings im Bereich heute üblicher Werte ($\epsilon=10\ldots14$) noch relativ stark ausgeprägt.

In der Praxis kann das Verdichtungsverhältnis nicht beliebig gesteigert werden. Beispielsweise führt ein zu hohes Verdichtungsverhältnis bei Ottomotoren zum Klopfen. Hierbei entzündet sich das Gemisch durch die Druck- und Temperaturerhöhung bei der Verdichtung und nicht durch den Zündfunken. Diese frühzeitige Verbrennung führt nicht nur zu unruhigem Lauf, sondern kann Bauteilschäden verursachen

Das Verdichtungsverhältnis, ab dem Klopfen eintritt, ist u.a. vom Betriebspunkt (n, T , Drosselklappenstellung) des Motors abhängig. Im Teillastbereich ist eine höhere Verdichtung möglich. Daher gibt es die Bestrebung, das Verdichtungsverhältnis dem jeweiligen Betriebspunkt anzupassen. Es gibt verschiedene Entwicklungsansätze. Vorliegend soll das Verdichtungsverhältnis durch die Pleuellänge verstellt werden. Die Pleuellänge beeinflusst das Kompressionsvolumen. Das Hubvolumen ist durch die Position des Kurbelwellenzapfens und die Zylinderbohrung vorgegeben. Ein kurzes Pleuel führt daher zu einem geringeren Verdichtungsverhältnis als ein langes Pleuel bei ansonsten gleichen geometrischen Abmessungen (Kurbelwelle, Zylinderkopf, Ventilsteuerung etc.).

Vorliegend soll die Pleuellänge hydraulisch zwischen zwei Stellungen variieren, das Pleuel ist also längenverstellbar ausgeführt. Die Funktionsweise einer Ausführungsform wird im Folgenden kurz erläutert. Das gesamte Pleuel ist dabei mehrteilig ausgeführt, wobei die Längenän-

derung durch einen Teleskopmechanismus erfolgt. Das Pleuel beinhaltet einen doppelwirkenden Hydraulikzylinder. Das kleine Pleuelauge (Kolbenbolzen) ist mit einer Kolbenstange verbunden, auf der ein Kolben angeordnet ist. Der Kolben ist axial verschiebbar in einem Zylinder geführt, der in dem Pleuelteil mit dem großen Pleuelauge (Kurbelwellenzapfen) angeordnet ist. Der Kolben trennt den Zylinder in zwei Kammern (obere- und untere Druckkammer). Die beiden Kammern werden über Rückschlagventile mit einem Hydraulikmittel, z.B. Motoröl versorgt. Ist das Pleuel in der langen Position, befindet sich kein Öl in der oberen Druckkammer. Die untere Druckkammer hingegen ist vollständig mit Öl gefüllt. Während des Betriebs wird das Pleuel aufgrund der Gas- und Massenkräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der Langstellung wird eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit einem oberen Anschlag des Kolbens aufgenommen. Die Pleuellänge ändert sich dadurch nicht. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf die ölgefüllte untere Kammer übertragen. Da das Rückschlagventil dieser Kammer den Ölrücklauf unterbindet, steigt der Öldruck an. Die Pleuellänge ändert sich nicht. Das Pleuel ist in dieser Richtung hydraulisch gesperrt.

In der Kurzstellung drehen sich die Verhältnisse um. Die untere Kammer ist leer, die obere ist mit Öl gefüllt. Eine Zugkraft bewirkt einen Druckanstieg in der oberen Kammer. Eine Druckkraft wird durch einen mechanischen Anschlag aufgenommen.

Die Pleuellänge kann zweistufig verstellt werden, indem eine der beiden Kammern entleert wird. Hierbei wird jeweils eines der beiden Zulauf-Rückschlagventile durch einen zugeordneten Rücklaufkanal überbrückt. Durch diesen Rücklaufkanal kann Öl fließen, unabhängig von der Druckdifferenz zwischen der Druckkammer und dem Versorgungsteil. Das jeweilige Rückschlagventil verliert also seine Wirkung.

Die beiden Rücklaufkanäle werden durch ein Steuerventil geöffnet oder geschlossen, wobei immer genau ein Rücklaufkanal offen ist, der andere geschlossen. Der Aktuator zur Schaltung der beiden Rücklaufkanäle wird hydraulisch durch den Versorgungsdruck angesteuert. Die Ölversorgung erfolgt durch die Schmierung des Pleuellagers. Hierzu ist eine Öldurchführung vom Kurbelwellenzapfen über das Pleuellager zum Pleuel erforderlich.

Die Schaltung erfolgt durch gezieltes Entleeren einer der beiden Druckkammern unter Ausnutzung der am Pleuel wirkenden Massen- und Gaskräfte, wobei die jeweils andere Druckkammer durch ein Zulauf-Rückschlagventil mit Öl versorgt und hydraulisch gesperrt wird.

Ein über Teleskopieren längenverstellbares Pleuel zum Verstellen des Verdichtungsverhältnisses im Verbrennungsmotor beschreibt z.B. die WO 2018/007534 A1. Bei einer Variante dieser bekannten Druckschrift ist ein Stellkolben vorgesehen, der die Ablassventile für die Druckräume ansteuert. Hierzu weisen die Ventilkörper (Kugelform) stößelartig angeformte Schließkörper auf, die mittels Steuerstößel am Stellkolben geöffnet und geschlossen werden können. Eine Veränderung des Verdichtungsverhältnisses kann aber auch mittels eines Exzenters am kleinen Pleuelauge bewirkt werden. Der Exzenter kann ebenfalls hydraulisch angesteuert sein.

Ein Pleuel ist naturgemäß sehr hohen Beschleunigungskräften ausgesetzt. Diese Beschleunigungskräfte müssen auch bei der hydraulischen Schaltung eines längenverstellbaren Pleuels berücksichtigt werden. Es besteht daher ein Bestreben, Teile der hydraulischen Schaltung, hier das Ablassventil, so zu konstruieren, dass eine während des Betriebs des Verbrennungsmotors funktionsfähige Einheit geschaffen wird.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein längenverstellbares Pleuel der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass selbst bei dem vorhandenen kleinen Bauraum ein voll funktionsfähiges Ablassventil geschaffen ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Schließkörper eine Masse aufweist, die geringer ist als das von einer Hüllkontur des Schließkörpers vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl ($7,85 \text{ g/mm}^3$). Unter Hüllkontur ist im Wesentlichen die kleinste Verpackungskontur gemeint, die nur der Außenkontur des Schließkörpers folgt und Aussparungen, Nuten, Bohrungen etc. unberücksichtigt lässt, sofern sie von einem benachbarten größeren Bereich des Schließkörpers flankiert ist. In aller Regel sind jedoch Schließkörper einfache geometrische Bauelemente. Neben der Anwendung von gezielt vorgenommenem Materialabtrag oder der Ausbildung eines Hohlkörpers kann eine Gewichtsreduktion auch durch ein Material mit einer geringeren Dichte als Stahl vorgenommen werden. Je nach Ausrichtung des Ablassventils kann beim umlaufenden Pleuel und in Abhängigkeit von der Drehzahl des Verbrennungsmotors durch die dabei entstehenden Kräfte eine Öffnungskraft auf den Ventilkörper von dem Schließkörper ausgeübt werden. Diese soll in der geschlossenen Stellung des Ventilkörpers nicht zu einem unbeabsichtigten Schalten des Ablassventils führen. Durch die erfindungsgemäße Lösung wird ein geringeres Gewicht des Schließkörpers erzielt,

so dass die Gegebenheiten umso vorteilhafter sind und sich eine eventuell vorhandene Ventiltfeder umso besser konstruieren lässt. Auch die auf den Schließmechanismus wirkende Kraft des Schließkörpers wird durch diese Maßnahme reduziert.

Als besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn gemäß einer Variante der Schließkörper aus einem Keramikmaterial hergestellt ist. Technische Keramikmaterialien sind sehr feste Materialien, die den hohen Anforderungen in dem vorliegenden Einsatzgebiet standhalten können. Darüber hinaus weisen sie eine geringere Dichte als Stahl auf, weshalb auch die Ausbildung als Vollmaterial möglich ist. Solche Schließkörper lassen sich z.B. auch durch Sintern und in vielen beliebigen Formen herstellen.

Günstigerweise besteht der Schließkörper aus einem Material mit einer Durchschnittsdichte von weniger als $4,5 \text{ g/mm}^3$, bevorzugt weniger als $2,7 \text{ g/mm}^3$. Insbesondere mit Keramikmaterialien lassen sich solche Grenzwerte einhalten, die hier im vorliegenden Fall durch das Material Titan und das Material Aluminium vorgegeben werden, die in aller Regel für den vorliegenden Einsatzzweck weniger geeignete Materialien sind. Aufgrund der Tatsache, dass die Masse des Schließkörpers in aller Regel kleiner ist als die Masse des Ventilkörpers, übt bei einer derartigen Massereduktion der Schließkörper nur wenig Einfluss bei entsprechenden Beschleunigungen auf den Ventilkörper aus. Auch der Einfluss auf den Schließmechanismus ist reduziert.

Für die Konstruktion als besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn der Ventilkörper und der Schließkörper zwei separate Körper sind. Hier können geometrisch einfache Körper, wie z.B. zwei Kugeln zum Einsatz kommen. Vorzugsweise weisen der Ventilkörper und/oder der Schließkörper eine Kugelform auf.

Die Kugelform weist bei größtmöglicher Oberfläche das geringste Volumen auf, wodurch dieser Körper eine günstige Form aufweist und bevorzugt eingesetzt wird. Das Aufeinanderwirken zweier Kugeln gilt als beherrschbar und für die Abströmung des Hydraulikfluids als vorteilhaft.

Kugelförmige Ventilkörper sind bestens bekannt und gut beherrschbar. Ein kugelförmiger Schließkörper wird vom abfließenden Hydraulikfluid sehr gut umströmt und weist daher neben seinem geringen Volumen auch gute hydraulische Eigenschaften auf. Der Schließkörper ist in aller Regel auf der Niederdruckseite angeordnet und somit der Abflussströmung des Ablassventils ausgesetzt.

In einer anderen Variante ist der Schließkörper mit dem Schließabschnitt des Ventilkörpers auf der Niederdruckseite verbunden und steht dort mit dem Schließmechanismus in Eingriff und/oder ist dort mit dem Schließmechanismus in Eingriff bringbar. Der Schließkörper kann dann einteilig mit dem Ventilkörper ausgeführt sein. Die Bestimmung der Hüllkontur des Schließkörpers ist in aller Regel sehr einfach, weil der Schließkörper meist als Fortsatz am Ventilkörper angebracht ist und sich durch die Ventilöffnung erstrecken muss. Zum Ventilkörper gehört auf jeden Fall der Schließbereich, der auf dem Ventilsitz aufsitzt. Der körperlich sich dann davon absetzende und durch die Ventilöffnung erstreckende Teil ist dann dem Schließkörper zuzurechnen. Die Verbindung von Ventilkörper und Schließkörper bietet andere Möglichkeiten der Ausgestaltung des Schließmechanismus, weil eine Sicherung des Schließkörpers bei geschlossenem Ablassventil nicht notwendig ist.

Damit sich die Masse des Schließkörpers wenig auf den Ventilkörper auswirkt, ist das Hüllvolumen des Ventilkörpers bevorzugt größer als das Hüllvolumen des Schließkörpers.

Des Weiteren hat sich herausgestellt, dass die auf das Ablassventil einwirkende Beschleunigung dann am günstigsten handhabbar ist, wenn die Schließachse des Ventilkörpers des Ablassventils gemäß einer Variante in einem Winkel von $\pm 45^\circ$ zur Achse der das Pleuel antreibenden Kurbelwelle ausgerichtet ist. Mit anderen Worten ist die Schließachse des Ventilkörpers des Ablassventils geneigt zur Achse der das Pleuel antreibenden Kurbelwelle ausgerichtet, wobei der Neigungswinkel in einem Winkelbereich zwischen -45° und $+45^\circ$ liegt. Ein Ausrichten der Schließachse genau 90° zur Kurbelwellenachse kann im Betrieb zu Nachteilen führen. Diese gilt es zu vermeiden und eine entsprechende Verwendung des angegebenen Bereichs sorgt für geringere Massekräfte.

Deshalb ist es gemäß einer weiteren Variante bevorzugt, wenn die Schließachse des Ventilkörpers des Ablassventils im Wesentlichen parallel zur Achse der das Pleuel antreibenden Kurbelwelle ausgerichtet ist. Berücksichtigung muss hierbei sicherlich auch die Ausrichtung des Ventilsitzes und die Ausgestaltung des Ventilkörpers haben. In aller Regel werden jedoch die Einflüsse aufgrund der im Betrieb auftretenden Beschleunigungen am Pleuel bei dieser Ausrichtung minimiert.

Gemäß einer vorteilhaften Konstruktionsvorgabe (insbesondere gemäß einer Vorgabe nach Anspruch 8) kann das Ablassventil eine den Ventilkörper gegen einen Ventilsitz pressende Ventulfeder aufweisen, wobei die Federvorspannkraft der Ventulfeder so bei stillstehendem

Pleuel gewählt ist, dass die errechnete Kraft aus dem Normalbetrieb maximal und am Ventilkörper auftretende Beschleunigung multipliziert mit der Masse von dem Ventilkörper und dividiert durch den Tangens α kleiner ist als die Federvorspannkraft, wobei α der Winkel zwischen der Berührtangente des Ventilsitzes am Ventilkörper und einer Senkrechten zur Schließachse des Ablassventils. Zur Ermittlung des Winkels α müssen selbstverständlich die Berührtangente und die Schließachse in einer Ebene liegen. Bei dieser Vorgabe ist sichergestellt, dass die Federkraft im Betrieb ausreichend ist, das geschlossene Ablassventil auch geschlossen zu halten.

Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung eines Schließkörpers für ein längenverstellbares Pleuel in einer der oben beschriebenen Ausführungen. Der Schließkörper weist eine Masse auf, die geringer ist als das von der Hüllkontur des Schließkörpers vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl ($7,85 \text{ g/mm}^3$). Solche vorteilhaften Schließkörper machen die Ausgestaltung eines Ablassventils und des zugehörigen Schließmechanismus für ein teleskopierbares Pleuel einfacher.

Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels, das in den Zeichnungen dargestellt ist, näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Funktionsdarstellung eines längenverstellbaren, insbesondere teleskopierbaren Pleuels,

Fig. 2 eine Vorderansicht einer Ausführungsform eines teleskopierbaren Pleuels,

Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt des teleskopierbaren Pleuels aus Fig. 2 entlang der Linie III-III geschnitten und

Fig. 4 eine schematische Kräfteverhältnisdarstellung am Ventilkörper eines Ablassventils.

In Fig. 1 ist schematisch und beispielhaft ein längenverstellbares, teleskopierbares Pleuel 1 dargestellt, mit dem sich ein variables Verdichtungsverhältnis bei einem Verbrennungsmotor realisieren lässt. Das Pleuel 1 weist einen verschiebbar angeordneten Stangenteil 2 auf, an dessen oberem Ende ein kleines Pleuelauge 3 angeordnet ist. Das zweite Stangenteil 4 weist eine untere Lagerschale 5 auf, die zusammen mit dem unteren Bereich des zweiten Stangenteils 4 das große Pleuelauge 6 umgibt. Die untere Lagerschale 5 und der obere Bereich des zweiten Stangenteils 4 werden in üblicher Weise mittels Befestigungsmitteln 7 (siehe Fig. 2)

miteinander verbunden. Das untere Ende des ersten Stangenteils 2 ist mit einem Verstellkolben 8 versehen, der in einer Kolbenbohrung 9 verschiebbar geführt ist. Am oberen Ende weist das zweite Stangenteil 4 einen Deckel 10 auf, durch den das erste Stangenteil 2 hindurchgeführt und abgedichtet ist. Somit dichtet der Deckel 10 insgesamt die Kolbenbohrung 9 ab. Unterhalb des Verstellkolbens 8 ist eine erste Druckkammer 11 von kreisförmigem Querschnitt gebildet und oberhalb des Verstellkolbens 8 ist eine kreisringförmige zweite Druckkammer 12 gebildet. Selbstverständlich können neben der Kreisform gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel auch andere Querschnittsformen, z.B. Ellipsen, Vielecke bzw. Polygone umgesetzt werden.

Der Verstellkolben 8 und die Kolbenbohrung 9 sind Bestandteil eines Verstellmechanismus zur Veränderung der Pleuellänge. Zu dem Verstellmechanismus gehört auch eine noch näher zu beschreibende hydraulische Ansteuerschaltung 13, die entsprechend für einen Zu- bzw. Ablauf eines Hydraulikfluids in bzw. aus den Druckkammern 11 und 12 und somit eine Bewegung des Verstellkolbens 8 sorgt oder den Verstellkolben 8 arretiert. Die hydraulische Ansteuerschaltung 13 wird im dargestellten Ausführungsbeispiel mit Motoröl betrieben. Hierzu steht ein Ölversorgungskanal 14 mit dem großen Pleuelauge 6 in Verbindung, wodurch Motoröl der hydraulischen Ansteuerschaltung 13 zugeführt werden kann oder gegebenenfalls aus dieser abfließt. Der Ölversorgungskanal 14 verzweigt sich in verschiedene Stränge (Teilkänäle). Ein erster Strang 15 steht mit der ersten Druckkammer 11 in Verbindung, um einen Zufluss von Motoröl in die erste Druckkammer 11 zu gewährleisten. Zusätzlich befindet sich im ersten Strang 15 ein erstes Rückschlagventil 16, das einen unmittelbaren Abfluss des Öls aus der ersten Druckkammer 11 verhindern soll, aber einen Zufluss in die erste Druckkammer 11 jederzeit ermöglicht. Ein zweiter Strang 17 steht mit der zweiten Druckkammer 12 in Verbindung, um einen Zulauf von Öl in die zweite Druckkammer 12 zu ermöglichen. Im zweiten Strang 17 befindet sich ein zweites Rückschlagventil 18, welches ein direktes Abfließen von Öl aus der zweiten Druckkammer 12 verhindert, aber einen Zufluss jederzeit ermöglicht.

Des Weiteren ist ein Steuerventil 19 vorgesehen, das zwei Schaltstellungen aufweist. Das Steuerventil 19 steht mit einem dritten Strang 20 des Ölversorgungskanals 14 unmittelbar in Verbindung. Das Steuerventil 19 wirkt in jeweils einer seiner beiden Schaltstellungen als Ablaufventil zum Abströmen von Hydraulikfluid aus der zweiten Druckkammer 12 oder in seiner zweiten Schaltstellung als Ablaufventil zum Abströmen von Hydraulikfluid aus der ersten Druckkammer 11. Die jeweils andere Druckkammer 11 und 12 ist in der jeweils zugehörigen

Schaltstellung hydraulisch gesperrt, weshalb das erste Stangenteil 2 entweder die eingefahrene oder die ausgefahrene Stellung einnimmt. Die Schaltung des Steuerventils 19 erfolgt mittels einer Steuerleitung 21, die mit dem zweiten Strang 17 nachfolgend des zweiten Rückschlagventils 18 in Verbindung steht und einer Rückstellfeder 22, die das Steuerventil 19 in die in Fig. 1 dargestellte erste Schaltstellung drückt. Die zweite Schaltstellung wird erreicht, indem ein erhöhtes Druckniveau in dem Ölversorgungs kanal 14 erzeugt wird, so dass das Steuerventil 19 gegen die Kraft der Rückstellfeder 22 in die zweite Schaltstellung gedrückt wird. Entsprechende erste und zweite Rücklaufkanäle 23.1, 23.2 stehen mit dem Steuerventil 19 in den zugehörigen Strangabschnitten des ersten und des zweiten Stranges 15, 17 in Verbindung, um einen entsprechenden Ablauf aus der ersten Druckkammer 11 und der zweiten Druckkammer 12 zu ermöglichen.

Es sei angemerkt, dass die hydraulische Ansteuerschaltung 13 auch zusätzliche Elemente, Kanäle, Ventile, etc. oder weniger aufweisen oder andersartig konfiguriert sein kann, um die gewünschte Verstellfunktion bereitzustellen. Das hydraulische Schaltbild der hydraulischen Ansteuerschaltung 13 ist somit nur repräsentativ für die Funktionsweise zu verstehen und nicht für die konkrete Ausgestaltung.

Im Folgenden wird anhand der Fig. 2 und 3 eine erfindungsgemäße Ausführungsform des Steuerventils 19 näher erläutert.

Die Fig. 2 zeigt zunächst ein detaillierter ausgearbeitetes teleskopierbares Pleuel 1 mit erstem Stangenteil 2 und zweitem Stangenteil 4. Nachdem in der Folge nur auf die wesentlichen Unterschiede zum vorangegangenen schematisch dargestellten Pleuel 1 eingegangen werden soll, wird unter Verwendung der gleichen Bezugsziffern auf die obige Beschreibung ergänzend Bezug genommen. Die Schnittlinie III gibt die Schnittebene wieder, wie sie in Fig. 3 dargestellt ist. Hierdurch wird hauptsächlich der Aufbau des Steuerventils 19 näher gezeigt und beschrieben. Das Steuerventil 19 weist ein erstes Ablaufventil 24 und ein zweites Ablaufventil 25 auf. Des Weiteren ist ein Steuerschieber 26 Bestandteil des Steuerventils 19.

Beide Ablassventile 24 und 25 sind gleich aufgebaut, weshalb die zugehörigen Elemente nur anhand des ersten Ablassventils 24 beschrieben werden. Das Ablassventil 24 umfasst eine Verschlusschraube 27, die in eine entsprechende, mit Gewinde versehene Aufnahmeöffnung im zweiten Stangenteil 4 eingeschraubt ist. In der Verschlusschraube 27 ist eine Ventillfeder (Schraubendruckfeder) 28 angeordnet, die auf den kugelförmigen Ventilkörper 29 wirkt. Der

kugelförmige Ventilkörper 29 interagiert mit einem konischen Ventilsitz 30, der in eine Ventilöffnung 31 mündet. In der Ventilöffnung 31 ist ein ebenfalls kugelförmiger Schließkörper 32 angeordnet. Das erste Ablassventil 24 ist in Fig. 3 in der geschlossenen Stellung dargestellt und das zweite Ablassventil 25 ist in der geöffneten Stellung dargestellt. Das entspricht der Schaltstellung des Steuerventils 19 in Fig. 1.

Die Betätigung der Ablassventile 24 und 25 erfolgt mittels des Steuerschiebers 26. Der Steuerschieber 26 ist hydraulisch ansteuerbar und steht mit der Motorölhydraulik in Verbindung. Mittels Druckerhöhung durch die Ölpumpe wirkt einseitig Druck auf eine Kolbenfläche 33.1 des Kolbens 33 des Steuerschiebers 26. Hierdurch wird der Steuerkolben 26 gegen die Wirkung der Steuerkolbenfeder 34 nach links (gemäß Anordnung in Fig. 3) bewegt. Hierzu weist der Steuerschieber 26 einen Anschlagflansch 35 auf, der die zweite Stellung vorgibt. Zum Abschießen des dem Kolben 33 zugeordneten Druckraums 36 ist eine Verschlusschraube 37 vorgesehen. Der Steuerschieber 26 weist einen ersten Schaltnocken 38 und einen zweiten Schaltnocken 39 auf. Unter Schaltnocken sind dabei Rampen bzw. Erhebungen zu verstehen, die durch eine Bewegung des Steuerschiebers 26 bei angrenzenden Elementen eine Bewegung normal zur Bewegung des Steuerschiebers 26 auslösen. Die Schaltnocken 38 und 39 wirken jeweils auf den zugehörigen Schließkörper 32, der dann in der Folge den Ventilkörper 29 bewegt. In der in Fig. 3 dargestellten Stellung des Steuerschiebers 26 ist so viel Spiel zwischen Steuerschieber 26 und dem Schließkörper 32 vorhanden, dass der Ventilkörper 29 sicher auf dem Ventilsitz 30 aufsitzt und nicht von dem Schließkörper 32 beeinträchtigt wird. Der dem zweiten Ablassventil 25 zugeordnete Schließkörper 32 weist in der in Fig. 3 dargestellten Stellung des Steuerschiebers 26 eine angehobene Stellung auf. Der Schließkörper 32 wirkt somit auf den Ventilkörper 29 und drückt in der Folge die Ventildfeder 28 zusammen und somit den Ventilkörper 29 vom Ventilsitz 30 weg. Das zweite Ablassventil 25 ist hierdurch geöffnet. Das Öl kann aus der zweiten Druckkammer 12 abfließen, während die erste Druckkammer 11 gesperrt ist.

Bewegt sich nunmehr der Steuerschieber 26 nach links, gleitet der Schließkörper 32 des zweiten Ablassventils 25 an dem Steuernocken 39 nach unten in eine andere Position und gibt den Ventilkörper 29 frei, so dass die Ventildfeder 28 in der Folge den Ventilkörper 29 auf den Ventilsitz 30 drückt und das zweite Ablassventil 25 verschließt. Anschließend gleitet der Schließkörper 32 des ersten Ablassventils 24 an der Steuernocke 38 nach oben, wodurch auch hier der zugehörige Ventilkörper 29 von der Achse des Steuerschiebers 26 weggedrückt wird. Gleichzeitig drückt sich die zugehörige Ventildfeder 28 zusammen und der Ventilkörper 29 hebt

vom Ventilsitz 30 ab. Hierdurch ist dann die zweite Ventilstellung des Steuerventils 19 eingenommen. Dies resultiert in der kurzen Stellung des teleskopierbaren Pleuels.

Das Pleuel 1 und damit dessen Bestandteile sind im Betrieb hohen Beschleunigungskräften ausgesetzt. Alleine durch die Drehbewegung um die Achse A_K der Kurbelwelle, die in Fig. 3 symbolisch eingezeichnet ist, treten entsprechende Fliehkräfte auf. Aus diesem Grunde ist es von Vorteil, wenn die Schließkörper 32 ein möglichst geringes Eigengewicht aufweisen. Im vorliegenden Fall bestehen die Schließkörper 32 aus einem keramischen Werkstoff mit einer Dichte von ca. $2,5 \text{ g/mm}^3$. Nachdem es sich bei dem Schließkörper 32 im vorliegenden Fall um einen Vollkörper handelt, ist die Hüllkontur, genau wie der tatsächliche Schließkörper 32, eine Kugel. Die Masse des Schließkörpers ist deshalb geringer als das von der Hüllkontur des Schließkörpers vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl. Diese wird für die beschriebene Erfindung mit $7,85 \text{ g/mm}^3$ angenommen.

Alternativ kann der Schließkörper 32 auch als Fortsatz des Ventilkörpers 29 ausgestaltet werden, z.B. mit diesem einteilig ausgebildet sein.

Wichtig hierbei ist auch die Ausrichtung der Schließachsen A_{V1} und A_{V2} der Ablassventile 24, 25. Diese sind parallel zur Achse A_K der Kurbelwelle ausgerichtet (und liegen somit im Bereich von $\pm 45^\circ$ zur Achse A_K). Der Einfluss der Masse des Schließkörpers 32 auf die Ventildfeder 28 ist somit minimiert.

In der Folge werden anhand der Fig. 4 die am Ventilkörper 29 auftretenden Kräfte näher erläutert. Wichtigen Einfluss hierauf hat die Ausgestaltung des Ventilkörpers 29 und die Ausrichtung des Ventilsitzes 30. Der Ventilsitz 30 ist mit einem Winkel α ausgeformt. Aufgrund der Konusform verläuft die Berührtangente zwischen Ventilsitz 30 und Ventilkörper 29 genau in der Fläche des Ventilsitzes 30 mit einem Winkel α (hier 45°) zur Schließachse A_{V1} und A_{V2} . Dieser Winkel α wird zu einer Senkrechten zur Schließachse A_{V1} bzw. A_{V2} gemessen. Bei der gewählten Einbaulage wirkt aufgrund der Kurbelwellenbewegung auf den Ventilkörper 29 eine Kraftkomponente F_X . Diese hat den Betrag von dem Produkt der Masse des kugelförmigen Ventilkörpers 29 mal der maximal auftretenden Beschleunigung. Die maximale Beschleunigung ergibt sich aus der maximalen Drehzahl des Verbrennungsmotors. Hieraus ergibt sich die der Schließkraft der Ventildfeder 28 entgegenwirkende Kraftkomponente F_Y . Diese beträgt F_X geteilt durch Tangens α . Die Masse des Schließkörpers 32 spielt bei dieser Betrachtung eigentlich keine Rolle aufgrund der gewählten Einbaulage. Allerdings hat die Masse des Schließkörpers 32 Einfluss auf die zur Verfügung zu stellende Aktuierungskraft mittels des

Steuerschiebers 26 und die Vorspannkraft der Steuerschieberfeder 34. Auch auf den Schließkörper 32 wirken Beschleunigungskräfte, die sich an den Steuernocken 38 und 39 des Steuerschiebers 26 in ähnlicher Weise bemerkbar machen und Einfluss auf die Steuerschieberfeder 34 und dem zur Verfügung zu stellenden Steuerdruck im Druckraum 36 haben. Aus diesem Grunde soll die Masse möglichst gering sein.

Bezugszeichenliste

1	teleskopierbares Pleuel
2	erstes Stangenteil
3	kleine Pleuelauge
4	zweites Stangenteil
5	untere Lagerschale
6	großes Pleuelauge
7	Befestigungsmittel
8	Verstellkolben
9	Kolbenbohrung
10	Deckel
11	erste Druckkammer
12	zweite Druckkammer
13	Ansteuerschaltung
14	Ölversorgungskanal
15	erster Strang
16	erstes Rückschlagventil
17	zweiter Strang
18	zweites Rückschlagventil
19	Steuerventil
20	dritter Strang
21	Steuerleitung
22	Rückstellfeder
23.1	erster Rücklaufkanal
23.2	zweiter Rücklaufkanal
24	erstes Ablassventil
25	zweite Ablassventil
26	Steuerschieber
27	Verschlussschraube
28	Ventilfeder
29	Ventilkörper
30	Ventilsitz
31	Ventilöffnung

32	Schließkörper
33	Kolben
33.1	Kolbenfläche
34	Steuerschieberfeder
35	Anschlagflansch
36	Druckraum
37	Verschlusschraube
38	Steuernocke
39	Steuernocke
A _K	Kurbelwellenachse
A _{V1}	Schließachse erstes Ablassventil
A _{V2}	Schließachse zweites Ablassventil

Ansprüche

1. Längenverstellbares Pleuel (1) für einen Verbrennungsmotor, wobei das Pleuel (1) mindestens ein schaltbares Ablassventil (24, 25) zum Öffnen und Verschließen zumindest einer Druckkammer (11, 12) aufweist, wobei das Ablassventil (24, 25) einen Ventilkörper (29) und einen mit dem Ventilkörper (29) wirkverbundenen Schließkörper (32) aufweist und ein auf den Schließkörper (32) wirkender Schließmechanismus zum direkten Bewegen des Schließkörpers (32) und indirekten Bewegen des Ventilkörpers (29) von einer Schließ- in eine Öffnungsstellung oder umgekehrt vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) eine Masse aufweist, die geringer ist als das von einer Hüllkontur des Schließkörpers (32) vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl ($7,85 \text{ g/mm}^3$).
2. Längenverstellbares Pleuel (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) aus einem Keramikmaterial hergestellt ist.
3. Längenverstellbares Pleuel (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) aus einem Material mit einer Durchschnittsdichte von weniger als $4,5 \text{ g/mm}^3$, bevorzugt weniger als $2,7 \text{ g/mm}^3$, besteht.
4. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ventilkörper (29) und der Schließkörper (32) als zwei separate Körper ausgeführt sind, wobei insbesondere der Ventilkörper (29) und/oder der Schließkörper (32) eine Kugelform aufweisen.
5. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) mit einem Schließabschnitt des Ventilkörpers (29) auf einer Niederdruckseite verbunden ist und dort mit dem Schließmechanismus in Eingriff steht und/oder in Eingriff bringbar ist.
6. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Hüllvolumen des Ventilkörpers (29) größer ist als das Hüllvolumen des Schließkörpers (32).
7. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schließachse (A_{V1}, A_{V2}) des Ventilkörpers (29) des Ablassventils (24, 25) in einem Winkel von $\pm 45^\circ$ zur Achse (A_K) einer das Pleuel (1) antreibenden Kurbelwelle ausgerichtet ist.

8. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schließachse (A_{V1} , A_{V2}) des Ventilkörpers (29) des Ablassventils (24, 25) im Wesentlichen parallel zur Achse (A_K) einer das Pleuel (1) antreibenden Kurbelwelle ausgerichtet ist.

9. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ablassventil (24, 25) eine den Ventilkörper (29) gegen einen Ventilsitz (30) pressende Ventilsfeder (28) aufweist und die Federvorspannungskraft der Ventilsfeder (28) so bei stillstehendem Pleuel (1) gewählt ist, dass die errechnete Kraft aus im Normalbetrieb maximal am Ventilkörper (29) auftretender Beschleunigung multipliziert mit der Masse von dem Ventilkörper (29) und dividiert durch den Tangens α kleiner ist als die Federvorspannkraft, wobei α der Winkel zwischen der Berührtangenten des Ventilsitzes (30) am Ventilkörper (29) und einer Senkrechten zur Schließachse (A_{V1} , A_{V2}) ist.

10. Verwendung eines Schließkörpers (32) in einem längenverstellbaren Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) eine Masse aufweist, die geringer ist als das von einer Hüllkontur des Schließkörpers (32) vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl ($7,85 \text{ g/m}^3$).

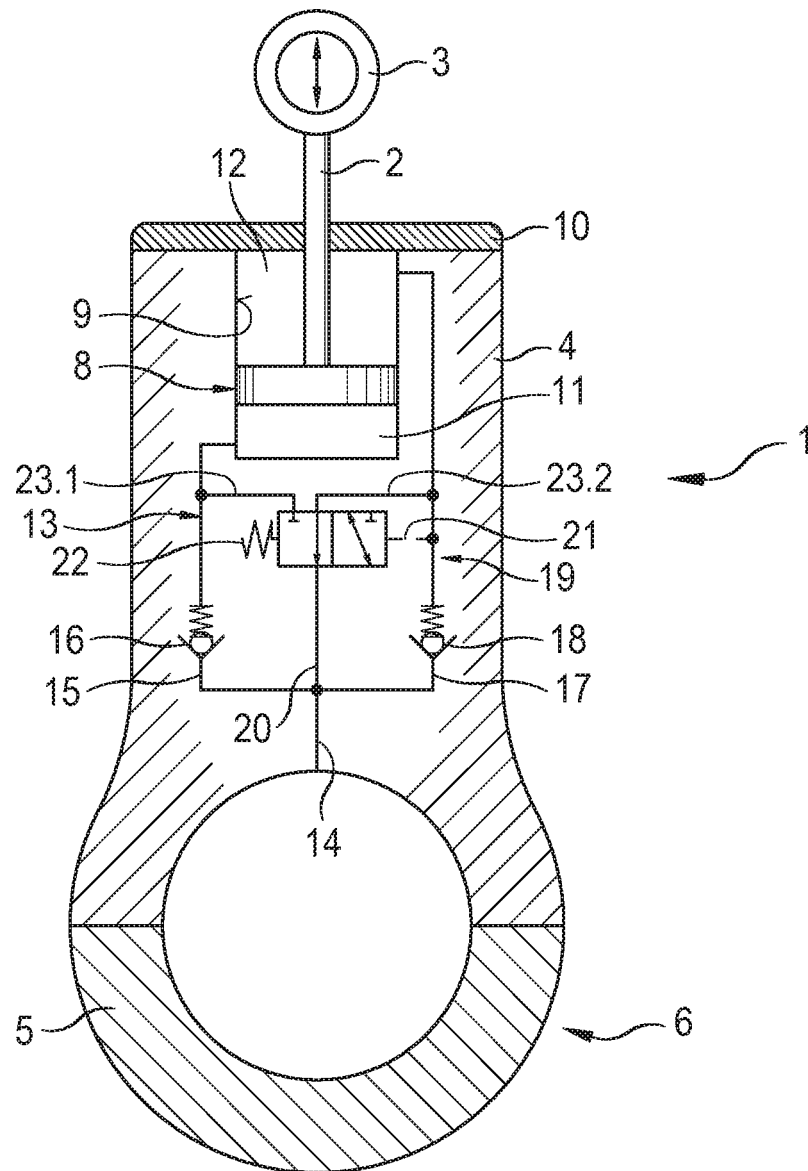


Fig. 1

2/4

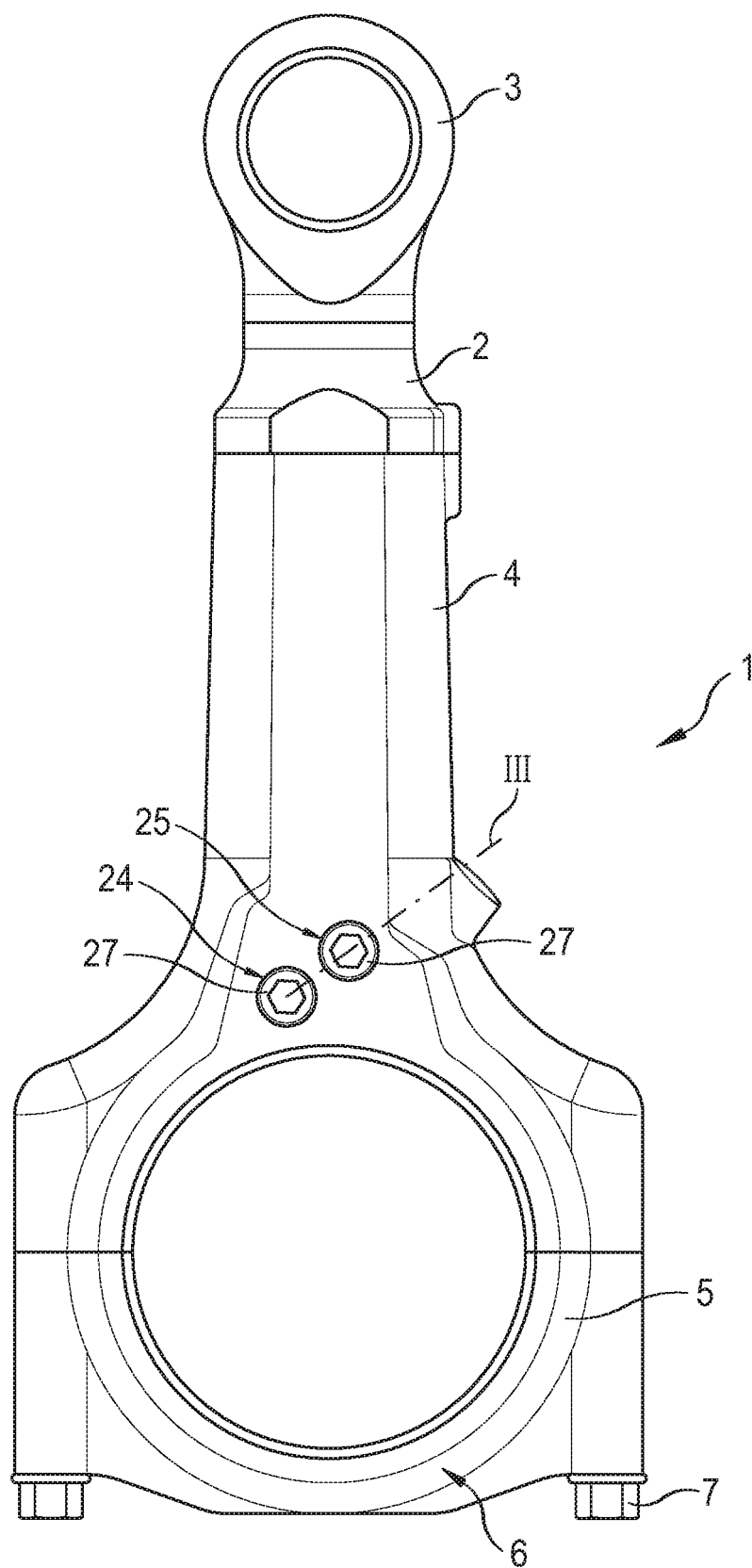


Fig. 2

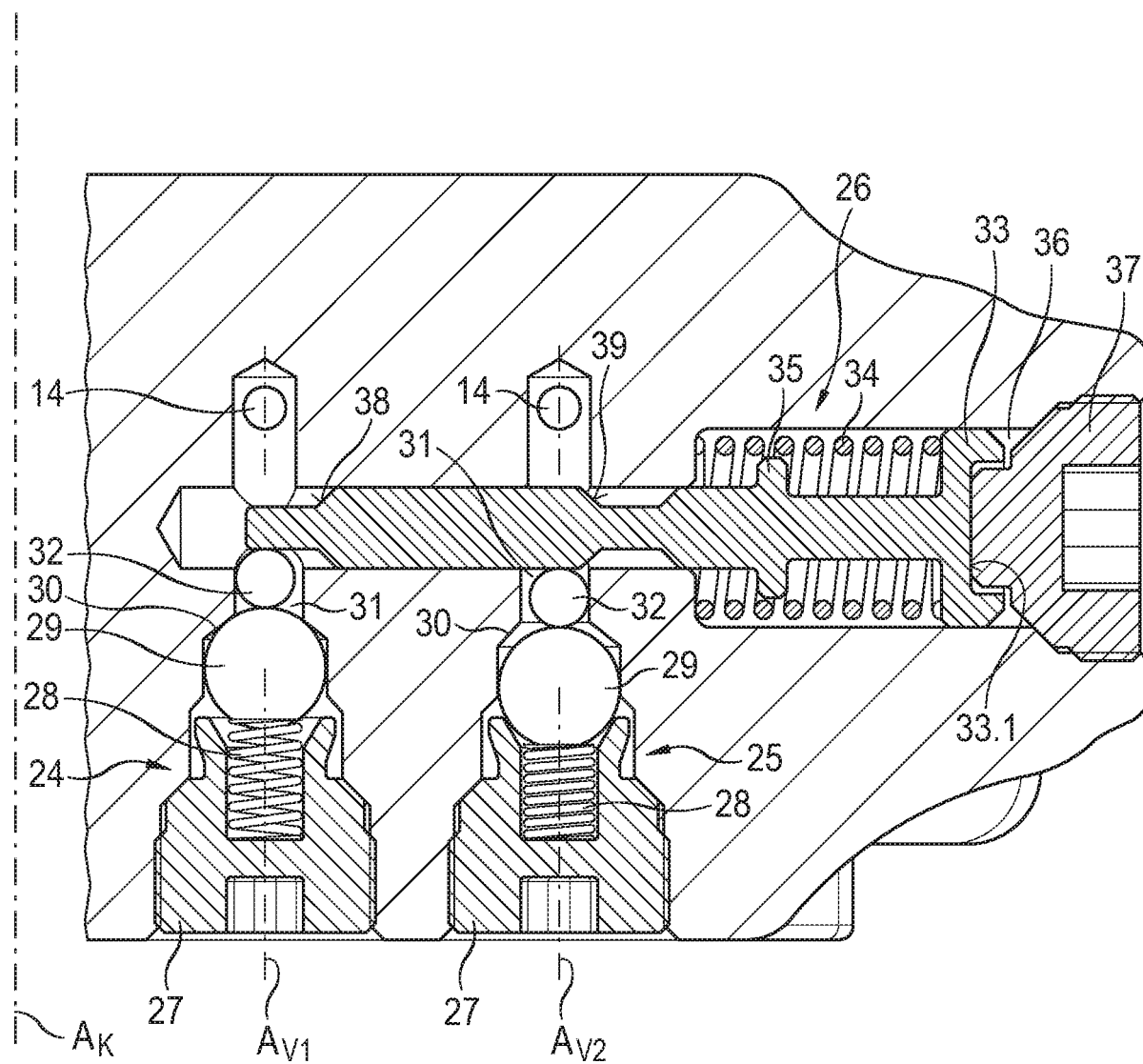


Fig. 3

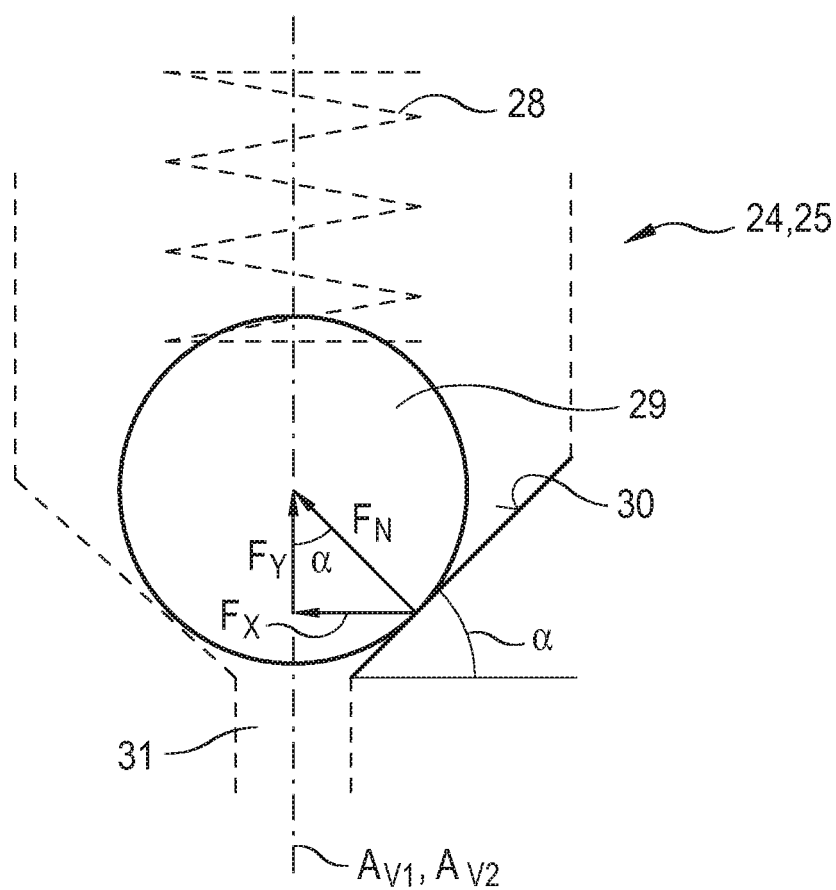


Fig. 4

Ansprüche

1. Längenverstellbares Pleuel (1) für einen Verbrennungsmotor, wobei das Pleuel (1) mindestens ein schaltbares Ablassventil (24, 25) zum Öffnen und Verschließen zumindest einer Druckkammer (11, 12) aufweist, wobei das Ablassventil (24, 25) einen Ventilkörper (29) und einen mit dem Ventilkörper (29) wirkverbundenen Schließkörper (32) aufweist und ein auf den Schließkörper (32) wirkender Schließmechanismus zum direkten Bewegen des Schließkörpers (32) und indirekten Bewegen des Ventilkörpers (29) von einer Schließ- in eine Öffnungsstellung oder umgekehrt vorhanden ist, wobei der Schließkörper (32) eine Masse aufweist, die geringer ist als das von einer Hüllkontur des Schließkörpers (32) vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl ($7,85 \text{ g/mm}^3$), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventilkörper (29) und der Schließkörper (32) als zwei separate Körper ausgeführt sind.
2. Längenverstellbares Pleuel (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) aus einem Keramikmaterial hergestellt ist.
3. Längenverstellbares Pleuel (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) aus einem Material mit einer Durchschnittdichte von weniger als $4,5 \text{ g/mm}^3$, bevorzugt weniger als $2,7 \text{ g/mm}^3$, besteht.
4. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ventilkörper (29) und/oder der Schließkörper (32) eine Kugelform aufweisen.
5. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) mit einem Schließabschnitt des Ventilkörpers (29) auf einer Niederdruckseite verbunden ist und dort mit dem Schließmechanismus in Eingriff steht und/oder in Eingriff bringbar ist.
6. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Hüllvolumen des Ventilkörpers (29) größer ist als das Hüllvolumen des Schließkörpers (32).
7. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schließachse (A_{V1}, A_{V2}) des Ventilkörpers (29) des Ablassventils (24, 25) in einem Winkel von $\pm 45^\circ$ zur Achse (A_K) einer das Pleuel (1) antreibenden Kurbelwelle ausgerichtet ist.

8. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schließachse (A_{V1} , A_{V2}) des Ventilkörpers (29) des Ablassventils (24, 25) im Wesentlichen parallel zur Achse (A_K) einer das Pleuel (1) antreibenden Kurbelwelle ausgerichtet ist.
9. Längenverstellbares Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ablassventil (24, 25) eine den Ventilkörper (29) gegen einen Ventilsitz (30) pressende Ventilsfeder (28) aufweist und die Federvorspannungskraft der Ventilsfeder (28) so bei stillstehendem Pleuel (1) gewählt ist, dass die errechnete Kraft aus im Normalbetrieb maximal am Ventilkörper (29) auftretender Beschleunigung multipliziert mit der Masse von dem Ventilkörper (29) und dividiert durch den Tangens α kleiner ist als die Federvorspannkraft, wobei α der Winkel zwischen der Berührtangenten des Ventilsitzes (30) am Ventilkörper (29) und einer Senkrechten zur Schließachse (A_{V1} , A_{V2}) ist.
10. Verwendung eines Schließkörpers (32) in einem längenverstellbaren Pleuel (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schließkörper (32) eine Masse aufweist, die geringer ist als das von einer Hüllkontur des Schließkörpers (32) vorgegebene Volumen multipliziert mit der Dichte von Stahl ($7,85 \text{ g/m}^3$).