

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50298/2018 (51) Int. Cl.: **F02B 75/04** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 10.04.2018 **F16C 7/06** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2018 **F02D 15/02** (2006.01)

(30) Priorität:
10.04.2017 DE 102017107706.5 beansprucht.

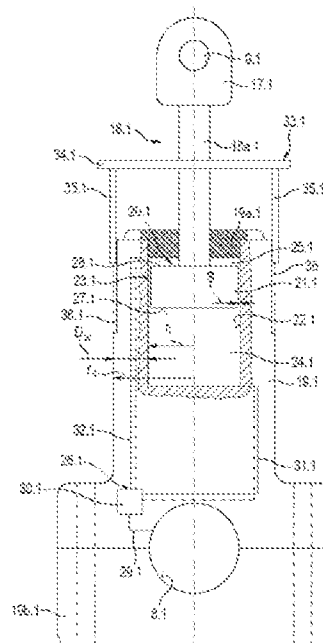
(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
iwis motorsysteme GmbH & Co. KG
81369 München (DE)

(72) Erfinder:
Bezner Stefanie
82269 Geltendorf (DE)
Arens Kai Dr.
81377 München (DE)
Heller Malte
81243 München (DE)
Riba Zóltan
82140 Olching (DE)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Längenverstellbare Pleuelstange mit einer Zylinder-Kolben-Einheit mit Verdrehsicherung**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) für einen Verbrennungsmotor, mit einem ersten Pleuelteil (18.1), einem zweiten Pleuelteil (19.1) und mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (20.1), um das erste Pleuelteil (18.1) relativ zum zweiten Pleuelteil (19.1) zu verstellen. Die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) umfasst ein Gehäuse mit einer 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 sowie eine Verdrehsicherung (33.1). Die Verdrehsicherung (33.1) zur Festlegung der Drehwinkellage des Kolbenbolzens (10.1) zum Kurbelwellenzapfen (7.1) ist am ersten Pleuelteil (18.1) angeordnet und erstreckt sich mit mindestens einem Sicherungsarm (35.1) in Längsrichtung entlang einer Führung am zweiten Pleuelteil (19.1). Weiter betrifft die Erfindung einen Verbrennungsmotor (1) mit einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange (6.1) sowie die Verwendung einer solchen Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) für eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) eines Verbrennungsmotors (1).



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) für einen Verbrennungsmotor, mit einem ersten Pleuelteil (18.1), einem zweiten Pleuelteil (19.1) und mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (20.1), um das erste Pleuelteil (18.1) relativ zum zweiten Pleuelteil (19.1) zu verstellen. Die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) umfasst ein Gehäuse mit einer 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 sowie eine Verdrehsicherung (33.1). Die Verdrehsicherung (33.1) zur Festlegung der Drehwinkellage des Kolbenbolzens (10.1) zum Kurbelwellenzapfen (7.1) ist am ersten Pleuelteil (18.1) angeordnet und erstreckt sich mit mindestens einem Sicherungsarm (35.1) in Längsrichtung entlang einer Führung am zweiten Pleuelteil (19.1). Weiter betrifft die Erfindung einen Verbrennungsmotor (1) mit einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange (6.1) sowie die Verwendung einer solchen Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) für eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) eines Verbrennungsmotors (1).

Fig. 2

Längenverstellbare Pleuelstange mit einer Zylinder-Kolben-Einheit mit Verdrehsicherung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor, mit einem ersten Pleuelteil, einem zweiten Pleuelteil und mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit, um das erste Pleuelteil relativ zum zweiten Pleuelteil zu verstellen, wobei die Zylinder-Kolben-Einheit ein Gehäuse mit einer Zylinderbohrung, einen in der Zylinderbohrung längs bewegbar angeordneten Verstellkolben, mindestens einen in der Zylinderbohrung vorgesehenen Druckraum sowie eine Verdrehsicherung umfasst. Weiter betrifft die Erfindung einen Verbrennungsmotor mit einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange sowie die Verwendung einer solchen Zylinder-Kolben-Einheit für eine längenverstellbare Pleuelstange eines Verbrennungsmotors.

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.

Für die Realisierung eines variablen Verdichtungsverhältnisses (VCR) existieren unterschiedliche Lösungen, mit denen die Lage des Hubzapfens der Kurbelwelle oder des Kolbenbolzens des Motorkolbens verändert oder die effektive Länge der Pleuelstange variiert wird. Hierbei gibt es jeweils Lösungen für eine kontinuierliche und diskontinuierliche Verstellung der Bauteile. Eine kontinuierliche Verstellung ermöglicht eine optimale Reduzierung des CO_2 -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.

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

Eine diskontinuierliche Verstellung des Verdichtungsverhältnisses für einen Verbrennungsmotor zeigt die EP 1 426 584 A1, bei der ein mit dem Kolbenbolzen verbundener Exzenter eine Einstellung des Verdichtungsverhältnisses ermöglicht. Dabei erfolgt eine Fixierung des Exzenter in der einen oder anderen Endstellung des Schwenkbereichs mittels einer mechanischen Arretierung. Aus der DE 10 2005 055 199 A1 geht ebenfalls die Funktionsweise eines längenvariablen Pleuels hervor, mit dem verschiedene Verdichtungsverhältnisse ermöglicht werden. Die Realisierung erfolgt auch hier über einen Exzenter im kleinen Pleuelauge, das in seiner Position durch zwei Hydraulikzylinder mit veränderbarem Widerstand fixiert wird.

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

Eine ähnliche längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor mit teleskopartig verschiebbaren Stangenteilen ist in der WO 2015/055582 A2 gezeigt. Die verstellbare Pleuellänge beeinflusst das Kompressionsvolumen im Verbrennungsraum, wobei das Hubvolumen durch die Position des Kurbelwellenzapfens und die Zylinderbohrung vorgegeben ist. Eine kurze Pleuelstange führt 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 hyd-

raulisch 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 Schmierölaufuhr des Pleuellagers erfolgt. Hierzu ist eine Öldurchführung vom Kurbelwellenzapfen über das Pleuellager zum Pleuel und dort über die Rückschlagventile des Verstellmechanismus in die Druckräume erforderlich.

Ist die Pleuelstange in der langen Position, befindet sich kein Motoröl in dem oberen Druckraum. Der untere Druckraum hingegen ist vollständig mit Motoröl gefüllt. Während des Betriebs wird die Pleuelstange aufgrund der Gas- und Massenkräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Position des Pleuels wird eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit einem oberen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen. Die Pleuellänge ändert sich dadurch nicht. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf den ölgefüllten unteren Druckraum übertragen. Da das Rückschlagventil dieser Kammer den Ölrücklauf unterbindet, steigt der Öldruck an, wobei in dem unteren Druckraum sehr hohe dynamische Drücke von deutlich über 1.000 bar entstehen können. Die Pleuellänge ändert sich nicht. Das Pleuel ist durch den Systemdruck in dieser Richtung hydraulisch gesperrt.

In der kurzen Stellung des Pleuels drehen sich die Verhältnisse um. Der untere Druckraum ist leer, der obere Druckraum ist mit Motoröl gefüllt. Eine Zugkraft bewirkt einen Druckanstieg in dem oberen Druckraum. Eine Druckkraft wird durch einen mechanischen Anschlag aufgenommen.

Die Pleuellänge kann zweistufig verstellt werden, indem einer der beiden Druckräume entleert wird. Hierfür wird von dem Verstellmechanismus jeweils eines der beiden Rückschlagventile im Zulauf überbrückt oder ein zugeordneter Rücklaufkanal geöffnet. Durch diese Rücklaufkanäle kann Motoröl unabhängig von der Druckdifferenz zwischen dem Druckraum und der Versorgungseinrichtung in das Kurbelgehäuse abfließen. Das jeweilige Rückschlagventil verliert entsprechend seine Wirkung. Die beiden Rücklaufkanäle werden durch ein Steuerventil geöffnet und

geschlossen, wobei immer genau ein Rücklaufkanal offen, der andere geschlossen ist. Der Aktuator zur Schaltung der beiden Rücklaufkanäle wird hier hydraulisch durch den Versorgungsdruck angesteuert.

Der Bauraum für eine solche Pleuelstange ist sowohl axial als auch radial begrenzt. In Kurbelwellenrichtung wird der Bauraum durch die Lagerbreite und den Abstand der Gegengewichte begrenzt. In axialer Richtung ist ohnehin nur der Bauraum zwischen dem kleinen Pleuelauge zur Lagerung des Kolbenbolzens und dem großen Lagerauge zur Lagerung des Kurbelwellenzapfens und ein eventueller Verstellhub der Pleuelstange vorhanden.

Die in einem Verbrennungsmotor von einer Pleuelstange zu übertragenden Kräfte sind beträchtlich, weshalb auch die Drücke in den Druckräumen der Zylinder-Kolben-Einheit erheblich sein können. Angesichts der hohen Innendrucke bei einer solchen Zylinder-Kolben-Einheit und einem zugehörigen hydraulischen Verstellmechanismus ist die Dauerfestigkeit der verwendeten Werkstoffe problematisch, aber auch die Konstruktion und Belastbarkeit der Komponenten sowie die Einbindung der Motorölversorgung im Hinblick auf den geringen Bauraum.

Auch die Patentschrift AT 516 387 B1 betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor mit zwei teleskopartig ineinander verschiebbaren Stangenteilen. Die von der Zylinder-Kolben-Einheit ausgebildeten Druckräume werden hier zumindest teilweise durch zwei Faltenbalge ausgebildet, die jeweils mit einem der Stangenteile verbunden sind. Um eine einwandfreie Funktion der längenverstellbaren Pleuelstange sicherzustellen, ist hier weiter eine Verdrehsicherung vorgesehen, die die Drehwinkellage der Achse des im kleinen Pleuelauge angeordneten Kolbenbolzens zur Achse des im großen Pleuelauge angeordneten Kurbelwellenzapfens festlegt, wobei diese Achsen üblicherweise parallel zueinander liegen. Dabei ist die Verdrehsicherung als Schraube ausgebildet, die sich durch eine Bohrung in dem Gehäuse der Zylinder-Kolben-Einheit und der Befestigungshülse des oberen Faltenbalgs hindurch in ein Langloch des ersten teleskopierbaren Pleuelteils eingreift und dieses somit gegen eine Verdrehung sichert. Die Sicherungsschraube erstreckt sich damit durch das Gehäuse hindurch in die Zylinderbohrung und muss je nach Ausgestaltung der Druckräume im Bereich des Gehäuses abgedichtet werden, um den extrem hohen Drücken standzuhalten.

Obwohl in vielen Bereichen der Technik Kolbenhubmaschinen hinlänglich bekannt sind und im Bereich der Automobilindustrie Hubkolben-Motoren beständig optimiert, verbessert und weiterentwickelt werden, sind die hydraulischen Verstell- und Versorgungsmechanismen von Zylinder-

Kolben-Einheiten längenverstellbarer Pleuelstangen trotz umfangreicher Entwicklungs- und Forschungsarbeiten weiterhin entwicklungsbedürftig, insbesondere im Hinblick auf die notwendige Lebensdauer und Funktionssicherheit längenverstellbarer Pleuelstangen gegenüber der gesamten Laufzeit von Verbrennungsmotoren. Neben einfachen Verdrehsicherungen mit Hilfe von Sicherungsschrauben, die sich durch das Gehäuse einer Zylinder-Kolben-Einheit erstrecken, werden in herkömmlichen Zylinder-Kolben-Einheiten längenverstellbarer Pleuelstangen eine konstruktive Verdrehsicherung über unrunde Querschnittskonturen der Kolben und Zylinder realisiert. Dabei gibt es neben einfachen ovalen Querschnitten auch Querschnittskonturen mit einzelnen oder mehreren sternförmig angeordneten Führungen. Unabhängig der Querschnittskontur der Kolben und Zylinder haben derartige Verdrehsicherungen den Nachteil hoher Produktionskosten und aufwändiger Abdichtung der Zylinderbohrung.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine längenverstellbare Pleuelstange mit einer Zylinder-Kolben-Einheit bereitzustellen, die eine einfache und sichere Verdrehsicherung der Drehwinkellagen des Kolbenbolzens und Kurbelwellenzapfens ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Verdrehsicherung ein scheibenartiges Sicherungsprofil und mindestens einen am scheibenartigen Sicherungsprofil angeordneten Sicherungsarm aufweist, wobei das scheibenartige Sicherungsprofil drehfest am ersten Pleuelteil angeordnet ist und der Sicherungsarm sich in Längsrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange verschiebbar entlang einer Führung am zweiten Pleuelteil erstreckt. Eine derartige Verdrehsicherung vermeidet nicht nur eine Öffnung in dem Gehäuse der Zylinder-Kolben-Einheit und eine entsprechend notwendige Abdichtung der Gehäusebohrung, sondern vermeidet auch aufwändige spezielle Querschnittsprofile der Zylinderbohrung des Verstellkolbens. Der Verstellkolben und die Zylinderbohrung lassen sich so trotz einer vorgesehenen Verdrehsicherung kostengünstig zylinderförmig herstellen. Auch eine zusätzliche Abdichtung des Druckraums in der Zylinderbohrung kann mit der vorliegenden Verdrehsicherung vermieden werden. Das scheibenartige Sicherungsprofil kann separat von den anderen Bauteilen der Zylinder-Kolben-Einheit kostengünstig hergestellt und mit einer entsprechend einfachen Konstruktion, beispielsweise einer formschlüssigen Anordnung, am ersten Pleuelteil befestigt werden. Der am Sicherungsprofil angeordnete Sicherungsarm kann sich dabei entlang einer Führung am zweiten Pleuelteil in Längsrichtung, d.h. der Teleskopierichtung der zueinander bewegbaren ersten und zweiten Pleuelteile, bewegen, während er durch die Führung an einer relativen Verdrehung gehindert wird. Bevorzugt können mindestens zwei Sicherungsarme am scheibenartigen Sicherungsprofil vorgesehen sein, um das verbleibende Spiel der Drehwinkellage des Kolbenbolzens zum Kurbelwellenzapfen zu

minimieren. Dabei sind die Sicherungsarme möglichst gleichmäßig am Umfang des scheibenartigen Sicherungsprofils angeordnet.

Eine zweckmäßige Ausbildung sieht vor, dass der mindestens eine Sicherungsarm federnd mit dem scheibenförmigen Sicherungsprofil, bevorzugt einteilig mit dem scheibenförmigen Sicherungsprofil, verbunden ist. Ein federnder Sicherungsarm erleichtert insbesondere eine einfache und schnelle Montage der Verdrehsicherung, vermeidet aber auch Schäden an der Verdrehsicherung durch statische und dynamische Belastungen der längenverstellbaren Pleuelstange im Verbrennungsmotor. Dabei kann der mindestens eine Sicherungsarm selbst federnd ausgebildet sein und/oder federnd mit dem scheibenförmigen Sicherungsprofil verbunden sein.

Eine sinnvolle Ausführungsform sieht vor, dass das scheibenförmige Sicherungsprofil eine profilierte Öffnung aufweist, wobei die profilierte Öffnung in ein komplementäres Profil am ersten Pleuelteil eingreift. Eine solche profilierte Öffnung, beispielsweise mit einer unrunder, eckigen oder gezahnten Kontur, ermöglicht neben einer kostengünstigen Herstellung auch eine einfache Anordnung des scheibenförmigen Sicherungsprofils auf einem komplementären Profil am ersten Pleuelteil sowie die Aufnahme höherer Verdrehkräfte. In einer möglichen Weiterbildung kann die profilierte Öffnung am scheibenförmigen Sicherungsprofil einseitig offen ausgebildet sein. Dies ermöglicht eine sehr schnelle nachträgliche Montage des Sicherungsprofils am komplementären Profil des ersten Pleuelteils im Anschluss an die Endmontage der Pleuelstange. Alternativ kann die profilierte Öffnung geschlossen ausgebildet sein, um die verdrehsichere Anordnung zu verbessern, jedoch erfordert dies bei der Montage des scheibenförmigen Sicherungsprofils ein Hindurchführen des ersten Pleuelteils durch die profilierte Öffnung.

Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass das erste Pleuelteil eine Kolbenstange aufweist, wobei die Kolbenstange eine mindestens einseitige, bevorzugt zweiseitige, abgeflachte Nut aufweist, in der die profilierte Öffnung des scheibenförmigen Sicherungsprofils drehfest angeordnet ist. Die Kolbenstange, die an einer Stirnseite des Verstellkolbens angeordnet ist und sich durch einen Druckraum der Zylinder-Kolben-Einheit und durch eine Stangenbohrung im Gehäusedeckel hindurch in das Kurbelgehäuse des Verbrennungsmotors erstreckt, ermöglicht eine einfache Übertragung der Bewegung des Verstellkolbens in der Zylinderbohrung zur relativen Längenverstellung zwischen erstem und zweitem Pleuelteil. Die Kolbenstange ermöglicht die einfache Herstellung eines komplementären Profils zur Anordnung der profilierten Öffnung des scheibenförmigen Sicherungsprofils, aber auch ein Hindurchführen der Kolbenstange durch eine geschlossen ausgebildete Öffnung. Gleichzeitig ermöglicht eine solche Kolbenstange eine sichere Abdichtung des

Druckraums mittels einer Stangendichtung zwischen der Kolbenstange und der Stangenbohrung im Gehäusedeckel.

Für eine möglichst kostengünstige Herstellung der längenverstellbaren Pleuelstange kann das scheibenförmige Sicherungsprofil als Stanz-Biege-Teil ausgebildet sein. Ein solches Stanz-Biege-Teil ist eine sehr kostengünstige Herstellung von relativ dünnen, scheibenförmigen Profilen, wobei das Sicherungsprofil sowohl ringförmig oder flanschförmig ausgebildet sein kann und auch die entsprechenden Sicherungsarme beim Stanz-Biege-Verfahren gleichzeitig mit ausgebildet und angeformt werden können.

Eine sinnvolle Ausgestaltung sieht vor, dass die Führung am zweiten Pleuelteil als eine sich in Längsrichtung erstreckende Nut ausgebildet ist. Eine derartige außen am Gehäuse der Zylinder-Kolben-Einheit liegende Nut lässt sich sowohl einfach nachträglich einbringen als auch hinter-schneidungsfrei bei der Herstellung des Gehäuses vorsehen. Alternativ kann die Führung als Bohrung im Gehäuse oder lediglich als Abflachung am Gehäuse vorgesehen sein.

Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die Zylinder-Kolben-Einheit einen Deckel aufweist, der die Zylinderbohrung abdeckt, wobei der am scheibenartigen Sicherungsprofil angeordnete mindestens eine Sicherungsarm den Deckel seitlich in Längsrichtung umgreift und sich entlang der am Gehäuse vorgesehenen Führung erstreckt. Neben der Abdichtung der Zylinderbohrung begrenzt der Deckel auch den angrenzenden Druckraum in der Zylinderbohrung. Da der mindestens eine Sicherungsarm der Verdrehsicherung den Gehäusedeckel seitlich umgreift, kann man auf eine entsprechende Aussparung zur Anordnung des Sicherungsarms verzichten, so dass der Deckel lediglich auf seine Funktion zur Abdichtung der Zylinderbohrung und Aufnahme einer Kolbenstange konstruiert und hergestellt werden muss.

Eine bevorzugte Ausführungsform der längenverstellbaren Pleuelstange sieht vor, dass zwischen der Außenwandung des Verstellkolbens und der Innenwandung der Zylinderbohrung eine Dichtungseinrichtung vorgesehen ist. Diese Dichtungseinrichtung verhindert auch bei hohen Systemdrücken ein Einrücken des Verstellkolbens in den jeweiligen mit Motoröl gefüllten ersten oder zweiten Druckraum und ermöglicht damit die Funktion einer erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange sicher und dauerhaft umzusetzen. Dabei verhindert die Dichtungseinrichtung zwischen der Außenwandung des Verstellkolbens und der Innenwandung der Zylinderbohrung auch bei einer großen Krafteinwirkung auf den Verstellkolben, insbesondere beim Verdichtungs- und Verbrennungsvorgang im jeweiligen Zylinder des Verbrennungsmotors, ein Einrücken des Verstellkolbens in den jeweiligen Druckraum, wodurch ein variables Verdichtungsverhältnis in

den Zylindern ermöglicht und die erreichte Wirkungsgradverbesserung des Verbrennungsmotors nicht durch ein Einrücken des Verstellkolbens in den jeweiligen Druckraum wieder reduziert wird. Als Dichtungseinrichtung können sowohl Spaltdichtungen, die konstruktiv eine gewisse Leckage aufweisen, aber auch berührende Kolbendichtungen eingesetzt werden, die eine Leckage nahezu vermeiden, aber konstruktiv aufwändiger und funktional anfälliger sind. Im Hinblick auf die hohen Systemdrücke in den Druckräumen der Zylinder-Kolben-Einheit von deutlich über 1.000 bar, sollte das Spaltmaß einer Spaltdichtung höchstens 20 µm, insbesondere höchstens 10 µm, betragen, bevorzugt sogar geringer sein. Im Hinblick auf ein derart geringes Spaltmaß sollte zusätzlich zu der Dichtungseinrichtung ein ÖlfILTER und/oder ein Ölabstreifer vorgesehen sein, die den Eintrag von großen Rußpartikeln und Spänen aus dem Motoröl in die Druckräume und von dort in den Spalt der Spaltdichtung bzw. zwischen die Dichtungsflächen von Kolbendichtungen verhindern. Dadurch kann verhindert werden, dass die im Motoröl vorhandenen Partikel durch die hohen Systemdrücke und die Bewegung des Verstellkolbens in der Zylinderbohrung in die Dichtungseinrichtung eingetragen werden. So kann ein Verschleiß an der Innenwandung der Zylinderbohrung und der Außenwandung des Verstellkolbens bzw. an den Dichtungsflächen von einer oder mehreren Kolbendichtungen verhindert oder deutlich reduziert werden, um letztlich eine Beschädigung und ein Ausfall der Zylinder-Kolben-Einheit zu verhindern.

Bevorzugt kann der Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit als zweiseitig wirkender Verstellkolben ausgebildet sein, wobei der in der Zylinderbohrung längsbewegbar angeordnete Verstellkolben an der ersten Stirnseite den ersten Druckraum und an einer zweiten Stirnseite des zweiten Druckraum begrenzt. Ein zweiseitig wirkender Verstellkolben ermöglicht die Fixierung der Kolbenstange sowohl in Richtung eines größeren Verdichtungsverhältnisses als auch in Richtung eines geringeren Verdichtungsverhältnisses mit einer einzelnen Zylinder-Kolben-Einheit. Es wird also derselbe Verstellkolben, anders als bei der DE 10 2005 055 199 A1, zur bidirektionalen Einstellung des Kolbenhubs, bzw. des Verdichtungsverhältnisses verwendet. Günstigerweise kann hier ein Stufenkolben eingesetzt werden, mittels dessen größerer Stirnseite bei einer entsprechenden Druckbeaufschlagung die Pleuelstange in ihrer ausgefahrenen Stellung gehalten wird. Aufgrund der vorherrschenden Kraftverhältnisse in einem Verbrennungsmotor reicht die kleinere Stirnfläche für die Fixierung in die entgegengesetzte Richtung üblicherweise aus.

Für einen einfachen Aufbau der längenverstellbaren Pleuelstange kann das erste Pleuelteil mit dem Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit verbunden sein und das zweite Pleuelteil die Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit aufweisen.

Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung einer Zylinder-Kolben-Einheit mit Verdrehsicherung für eine längenverstellbare Pleuelstange eines Verbrennungsmotors mit einem ersten Pleuelteil und einem zweiten Pleuelteil, die mittels der Zylinder-Kolben-Einheit verstellbar sind, die Zylinder-Kolben-Einheit umfasst ein Gehäuse mit einer Zylinderbohrung, einen in der Zylinderbohrung längsbewegbar angeordneten Verstellkolben sowie mindestens einen ersten Druckraum und einen zweiten Druckraum in der Zylinderbohrung zur Aufnahme von Motoröl, die einseitig von dem längsbewegbaren Verstellkolben begrenzt sind, und einen Deckel zum Abdichten der Zylinderbohrung. Der Einsatz einer solchen Zylinder-Kolben-Einheit für eine längenverstellbare Pleuelstange eines Verbrennungsmotors ermöglicht trotz der sehr kleinen Abmessung der Zylinder-Kolben-Einheit und des extrem hohen Systemdrucks die Nutzung von Motoröl im hydraulischen Verstellmechanismus. Dabei erfolgt die Aktuierung der Zylinder-Kolben-Einheit mittels der an den Pleuelteilen angreifenden Gas- und Massenkräfte des Verbrennungsmotors, während die Position der Pleuelteile durch das in den jeweiligen Druckräumen vorhandene Motoröl arretiert wird. Weiter ermöglicht ein scheibenartiges Sicherungsprofil und sich seitlich erstreckende Sicherungsarme die Verwendung von rotationssymmetrischen Bauteilen für die Zylinder-Kolben-Einheit und die gesamte längenverstellbare Pleuelstange mit entsprechenden Vorteilen im Hinblick auf den geringen zur Verfügung stehenden Bauraum sowie die Material- und Produktionskosten.

In einem weiteren Aspekt bezieht sich die Erfindung auf einen Verbrennungsmotor mit mindestens einem Hubkolben und mit zumindest einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in einem Zylinder und einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange entsprechend der vorbeschriebenen Ausführungsformen. Bevorzugt sind sämtliche Hubkolben eines Verbrennungsmotors mit einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange ausgestattet, erforderlich ist dies jedoch nicht. Die Kraftstoffeinsparung eines solchen Verbrennungsmotors kann beträchtlich sein, wenn in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand das Verdichtungsverhältnis entsprechend eingestellt wird. Zweckmäßigerweise kann die Zylinder-Kolben-Einheit der längenverstellbaren Pleuelstange an die Motorölhydraulik des Verbrennungsmotors angeschlossen sein. Dadurch können die im Motorölkreislauf vorhandenen Drücke zur Steuerung eines hydraulischen Verstellmechanismus zur Anwendung kommen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Motoröl Rußpartikel und Späne vorhanden sind, die eine Unempfindlichkeit des hydraulischen Verstellmechanismus und einer zugehörigen Dichtungseinrichtung erfordern. Je geringer der Eintrag von Schmutzpartikeln aus dem Motoröl ist, desto eher kann ein sicherer Betrieb der Zylinder-Kolben-Einheit gewährleistet werden. Dabei ermöglicht der Einsatz einer Verdrehsiche-

rung mit einem scheibenartigen Sicherungsprofil und mindestens einem Sicherungsarm die einwandfreie Funktion der längenverstellbaren Pleuelstange durch die sichere parallele Anordnung der Achsen des Kolbenbolzens und des Kurbelwellenzapfens.

Eine weitere Modifikation sieht vor, dass der Systemdruck des Motoröls im ersten oder zweiten Druckraum der Zylinder-Kolben-Einheit zwischen 1.000 bar und 3.000 bar, bevorzugt zwischen 2.000 bar und 2.500 bar, beträgt. Die Begrenzung des Systemdrucks ermöglicht die sichere konstruktive Auslegung des Innendurchmessers der Zylinderbohrung und der Wandstärke des Zylinders, und ermöglicht damit eine sichere konstruktive Auslegung der erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange.

Gemäß einer Weiterbildung können ein Steuertrieb mit mindestens einer Steuerkette, einer Spann- und/oder Führungsschiene, und/oder einem Kettenspanner vorgesehen sein, der die Kurbelwelle mit der mindestens einen Nockenwelle des Verbrennungsmotors verbindet. Der Steuertrieb ist insofern wichtig, weil dieser maßgeblichen Einfluss auf die dynamische Belastung des Verbrennungsmotors und somit auch auf die längenverstellbare Pleuelstange haben kann. Bevorzugt wird dieser so ausgestaltet, dass keine zu hohen dynamischen Kräfte über den Steuertrieb eingeleitet werden. Alternativ kann ein solcher Steuertrieb auch mit einer Stirnradverzahnung oder einem Antriebsriemen, beispielsweise einem Zahnriemen, ausgebildet sein, der mittels einer Spannvorrichtung mit Spannrolle vorgespannt ist.

Im Folgenden wird eine Ausführungsform anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch einen Verbrennungsmotor, und
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 in teilweiser geschnittener Darstellung,
- Fig. 3a eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 2 mit Verdrehsicherung,
- Fig.3b eine perspektivische Ansicht des scheibenartigen Sicherungsprofils der Verdrehsicherung aus Fig. 3a,
- Fig. 4a eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 2 mit einer anderen Ausführungsform der Verdrehsicherung aus Fig. 3a,

- Fig. 4b eine perspektivische Ansicht des scheibenartigen Sicherungsprofils der Verdrehsicherung aus Fig. 4a,
- Fig. 5a eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 2 mit einer weiteren Verdrehsicherung,
- Fig. 5b eine perspektivische Ansicht des scheibenartigen Sicherungsprofils der Verdrehsicherung aus Fig. 5a,
- Fig. 6a eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 2 mit einer anderen Ausführungsform der Verdrehsicherung aus Fig. 5a und
- Fig. 6b eine perspektivische Ansicht des scheibenartigen Sicherungsprofils der Verdrehsicherung aus Fig. 6a.

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 Pleuelstange 4, die mittels Pleuelwellenlager 5.1, 5.2, 5.3 und 5.4 drehbar gelagert ist. Die Pleuelstange 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 Pleuelstange 4 einen exzentrisch angeordneten Pleuelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 auf. Das große Pleuelauge 8.1, 8.2, und 8.3 ist jeweils auf dem zugehörigen Pleuelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 gelagert. Das kleine Pleuelauge 9.1, 9.2 und 9.3 ist jeweils auf einem Pleuelbolzen 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 Pleuelauge 9.1, 9.2 und 9.3 und großes Pleuelauge 8.1, 8.2 und 8.3 weder eine absolute noch relative Größenordnung 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 Pleuelaugen 9.1, 9.2 und 9.3 kleiner, gleich groß oder größer als die Abmessungen der Durchmesser der großen Pleuelaugen 8.1, 8.2 und 8.3 sein.

Die Pleuelstange 4 ist mit einem Pleuelwellenkettensatz 11 versehen und mittels einer Steuerkette 12 mit einem Pleuelwellenkettensatz 13 gekoppelt. Das Pleuelwellenkettensatz 13 treibt eine Pleuelstange 14 mit ihren zugehörigen Pleueln 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 Steuertriebs einschließlich der Kraftstoffeinspritzung und Zündung mittels Zündkerze wird nicht näher erläutert und als bekannt vorausgesetzt. Die Exzentrizität der Kurbelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 gibt maßgeblich den Hubweg H_K vor, insbesondere wenn, wie im vorliegenden Fall, die Kurbelwelle 4 exakt zentrisch unter den Zylindern 2.1, 2.2 und 2.3 angeordnet ist. 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 Gestaltung 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. Die Pleuelstange 6.1 weist einen Pleuelstangenkopf 17.1 mit dem besagten kleinen Pleuelauge 9.1, einem ersten Pleuelteil 18.1, das teleskopierbar in einem zweiten Pleuelteil 19.1 geführt ist, auf. Die relative Bewegung des ersten Pleuelteils 18.1 in Längsrichtung zum zweiten Pleuelteil 19.1 erfolgt mittels einer Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 mit einem Verstellkolben 21.1. und einer Zylinderbohrung 22.1 sowie einer Dichtungseinrichtung 23.1 zwischen dem Verstellkolben 21.1 und der Zylinderbohrung 22.1. Am zweiten Pleuelteil 19.1 ist eine untere Lagerschale 19b.1 angeordnet, die zusammen mit dem unteren Bereich des zweiten Pleuelteils 19.1 das große Pleuelauge 8.1 umgibt. Die untere Lagerschale 19b.1 und das zweite Pleuelteil 19.1 werden in üblicher Weise mittels Befestigungsmitteln miteinander verbunden. Die Kolbenstange 18a.1 am unteren 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 19a.1 auf, durch den die Kolbenstange 18a.1 des ersten Pleuelteils 18.1 hindurchgeführt und abgedichtet ist. Somit dichtet der Deckel 19a.1 insgesamt die Zylinderbohrung 22.1 ab. Der Verstellkolben 21.1 ist als Stufenkolben ausgestaltet. Unterhalb des Verstellkolbens 21.1 ist ein erster Druckraum 24.1 mit kreisförmigem Querschnitt ausgebildet und oberhalb des Verstellkolbens 21.1 ist ein kreisringförmiger zweiter Druckraum 25.1 ausgebildet. Zur Veränderung der Pleuelstangenlänge mittels der Bewegung des Verstellkolbens 21.1 in der Zylinderbohrung 22.1 ist ein hydraulischer Verstellmechanismus 26.1 vorgesehen. Zu dem Verstellmechanismus 26.1 gehört eine unten näher beschriebene hydraulische Schaltung, die entsprechend für einen Zu- bzw. Ablauf des Motoröls in bzw. aus den Druckräumen 24.1 und 25.1 und somit für eine Fixierung des mittels der an der Pleuelstange 6.1 wirkenden Kräfte aktuierten Verstellkolbens 21.1 sorgt.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Abschnitt des zweiten Pleuelteils 19.1 im Bereich der Druckräume 24.1 und 25.1 sowie des Verstellkolbens 21.1 im Querschnitt kreisringförmig (mit Ausnahme eventuell vorhandener Hydraulikleitungen) ausgestaltet. Andere geometrische Abmessungen sind denkbar. Entsprechend ergibt sich hier die Wandstärke D_w des Gehäuses im Bereich der Zylinderbohrung 22.1 aus dem zugehörigen Außenradius r_a des oberen Abschnitts des zweiten Pleuelteils 19.1 abzüglich des Innenradius r_i der Zylinderbohrung 22.1. Bei einer solchen symmetrischen Ausgestaltung ist die Wandstärke D_w über den Umfang des zweiten Pleuelteils 19.1 gleichmäßig dick und die Spannungen im Werkstoff des zweiten Pleuelteils 19.1 gleichmäßig gering, so dass aufgrund eines relativ großen Kolbendurchmessers für den Verstellkolben 21.1 der in der Pleuelstange 6.1 auftretende maximale Systemdruck in beherrschbaren Grenzen bleibt.

Im Folgenden wird anhand der Fig. 2 die Funktion der Pleuelstange 6.1 näher erläutert. Der Verstellkolben 21.1 der Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 ist als zweiseitig wirkender Kolben ausgebildet. Unter einem zweiseitig wirkenden Kolben wird im Allgemeinen ein Kolben mit verschiedenen orientierten Wirkflächen verstanden. Eine erste Stirnseite 27.1 ist kreisringförmig ausgestaltet und dem ersten Druckraum 24.1 zugeordnet. Eine zweite Stirnseite 28.1 ist ebenfalls kreisringförmig ausgestaltet und dem zweiten Druckraum 25.1 zugeordnet, wobei die erste Stirnseite 27.1 und die zweite Stirnseite 28.1 gleiche oder unterschiedliche Flächen aufweisen können. Die Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 wird mit Motoröl betrieben. Hierzu steht ein Ölversorgungskanal 29.1 mit dem großen Pleuelauge 8.1 in Verbindung, wodurch Motoröl dem hydraulischen Verstellmechanismus 26.1 zugeführt werden kann oder in einer alternativen Schaltung gegebenenfalls auch aus diesem

abfließen kann. An den Ölversorgungskanal 29.1 anschließend ist ein Steuerventil 30.1 vorgesehen. Von dem Steuerventil 30.1 aus gelangt das mittels der an den Pleuelteilen 18.1, 19.1 angreifenden Gas- und Massenkräfte des Verbrennungsmotors 1 geförderte Motoröl über einen ersten Ölkanal 31.1 in den ersten Druckraum 24.1 und über einen zweiten Ölkanal 32.1 in den zweiten Druckraum 25.1. In Strömungsrichtung des einströmenden Motoröls ist im ersten Ölkanals 31.1 ein Rückschlagventil und optional ein Ölfilter vorgesehen, bevor der erste Ölkanal 31.1 in den ersten Druckraum 24.1 mündet. Zwischen dem Rückschlagventil und der Einmündung des ersten Ölkanals 31.1 in den ersten Druckraum 24.1 ist die Abzweigung eines Auslasskanals (nicht gezeigt) vorgesehen, der an der Außenseite des zweiten Pleuelteils 19.1 in das Kurbelgehäuse des Verbrennungsmotors 1 mündet. Der Auslasskanal ist mit einem Ablassventil ausgestattet, das beim Einströmen des Motoröls über den ersten Ölkanal 31.1 in den ersten Druckraum 24.1 geschlossen ist. Der zweite Ölkanals 32.1 ist entsprechend des ersten Ölkanals 31.1 aufgebaut und weist in Einströmrichtung des Motoröls in den zweiten Druckraum 25.1 nach dem Steuerventil 30.1 ein Rückschlagventil, den Abzweig eines Auslasskanals mit Ablassventil (nicht gezeigt) und danach optional einen Ölfilter auf, bevor der zweite Ölkanal 32.1 in den zweiten Druckraum 25.1 mündet.

Beim gas- und massenkräftegesteuerten Einströmen des Motoröls aus dem Steuerventils 30.1 über den ersten Ölkanal 31.1 in den ersten Druckraum 24.1 oder über den zweiten Ölkanal 32.1 in den zweiten Druckraum 25.1 kann das gesamte einströmende Motoröl über einen Ölfilter geleitet werden, in denen größere Rußpartikel und Späne aus dem Motoröl ausgefiltert und festgehalten werden. Dadurch ist das in die Druckräume 24.1 und 25.1 der Zylinderbohrung 22.1 einströmende Motoröl nur gering mit Verschmutzungen belastet, so dass die Dichtungseinrichtung 23.1 zwischen der Außenwandung des Verstellkolbens 21.1 und der Innenwandung der Zylinderbohrung 22.1 entsprechend nur geringfügig einem Verschleiß ausgesetzt ist. Dadurch lässt sich sowohl das Risiko stärkerer Beschädigungen an der Oberfläche der Dichtungseinrichtung 23.1 verhindern, als auch die notwendige Lebensdauer der längenverstellbaren Pleuelstangen 6.1 verbessern.

Das Steuerventil 30.1 des hydraulischen Verstellmechanismus 26.1 der längenverstellbaren Pleuelstange 6.1 steuert aktiv die dem ersten Ölkanal 31.1 und dem zweiten Ölkanal 32.1 zugeordneten Ablassventile in den abzweigenden Auslasskanälen, um die Position der längenverstellbaren Pleuelstange 6.1 festzulegen, während der gas- und massenkräftegetriebene Zulauf von Motoröl in den ersten Ölkanal 31.1 und den zweiten Ölkanal 32.1 lediglich passiv über das Steuerventil 30.1 erfolgt. Beim Öffnen des ersten Ölkanals 31.1 bzw. des zweiten Ölkanals 32.1 und der Einströmung von Motoröl in den ersten Druckraum 24.1 bzw. dem zweiten Druckraum 25.1

muss gleichzeitig auch das Ablassventil im anderen Zweig des hydraulischen Verstellmechanismus 26.1, d.h. in dem zweiten Ölkanal 32.1 bzw. dem ersten Ölkanal 31.1, geöffnet werden, um ein gesteuertes Ausströmen des Motoröls aus dem jeweils anderen Druckraum, d.h. dem zweiten Druckraum 25.1 bzw. dem ersten Druckraum 24.1, und das Einfahren des Verstellkolbens 21.1 in den zweiten Druckraum 25.1, bzw. den ersten Druckraum 24.1, zu ermöglichen. Bevorzugt erfolgt die Ansteuerung des Steuerventils 30.1 mit dem am Ölversorgungskanal 29.1 anliegenden Druck des Motoröls, wodurch sich andere, alternativ jedoch auch mögliche, elektrische, elektronische, magnetische oder mechanische Ansteuerungen des Steuerventils 30.1 bzw. der Ablassventile vermeiden lassen.

In der in Fig. 2 gezeigten Pleuelstange 6.1 ist weiter eine Verdrehsicherung 33.1 vorgesehen, die verdrehsicher mit der Pleuelstange 18a.1 des ersten Pleuelteils 18.1 verbunden ist. Die Verdrehsicherung 33.1 umfasst ein scheibenartiges Sicherungsprofil 34.1, mit dem die Verdrehsicherung 33.1 auf der Pleuelstange 18a.1 sitzt, sowie zwei Sicherungsarme 35.1, die sich von dem scheibenartigen Sicherungsprofil 34.1 in Längsrichtung der Pleuelstange 6.1, d.h. achsparallel zur Längsachse der Pleuelstange 6.1, in Richtung des zweiten Pleuelteils 19.1 erstrecken. Am Außenumfang des zweiten Pleuelteils 19.1 liegen die beiden Sicherungsarme 35.1 an geeigneten Führungen 36.1 an, oder greifen in diese ein, die sich entsprechend den Sicherungsarmen 35.1 in Längsrichtung der Pleuelstange 6.1 erstrecken, um über die Verdrehsicherung 33.1 eine Verdrehung des großen Pleuellauges 8.1 zum kleinen Pleuellauge 9.1, entsprechend der Drehwinkel-lage des Pleuelbolzens 10.1 zum Pleuelwellenzapfen 7.1, bei einer Längsbewegung des ersten Pleuelteils 18.1 gegenüber dem zweiten Pleuelteil 19.1 zu verhindern. Dabei werden die im scheibenartigen Sicherungsprofil 34.1 angeordneten Sicherungsarme 35.1 in Längsrichtung seitlich an dem Deckel 19a.1 der Pleuel-Kolben-Einheit 20.1 vorbeigeführt, ohne die maximale radiale Kontur des Deckels 19a.1 zu schneiden.

Die perspektivische Teilansicht der längenverstellbaren Pleuelstange 6.1 in Fig. 3a zeigt eine Ausführungsform einer Verdrehsicherung 33.1 in einer eingefahrenen Stellung der Pleuelstange 6.1. Dabei ist dieses Sicherungsprofil 34.1 flanschartig ausgebildet und mit zwei Bohrungen 37.1 zur Anbringung der beiden bolzenförmigen Sicherungsarme 35.1 versehen. Die beiden an den äußeren Spitzen des flanschförmigen Sicherungsprofils 34.1 angeordneten Sicherungsarme 35.1 sind in einer nutförmigen Führung 36.1 am Außenumfang des zweiten Pleuelteils 19.1 aufgenommen und übergreifen in Längsrichtung den Deckel 19a.1. In der perspektivischen Ansicht des scheibenartigen Sicherungsprofils 34.1 in Fig. 3b ist neben der flanschförmigen Kontur und den an den beiden Spitzen angeordneten Bohrungen 37.1 gut auch die Öffnung 38.1 zur Anordnung

der Verdrehsicherung 33.1 auf der Kolbenstange 18a.1 zu erkennen. Diese Öffnung 38.1 ist geschlossen ausgebildet und wird entsprechend vor der Endmontage der Pleuelstange 6.1 auf die Kolbenstange 18a.1 aufgefädelt und fixiert. Dabei brauchen die bolzenförmigen Sicherungsarme 35.1 erst bei der Endmontage der Pleuelstange 6.1 in den Bohrungen 37.1 des Sicherungsprofils 34.1 fixiert werden, beispielsweise mittels Kleben, Schweißen oder Pressen. Die Öffnung 38.1 ist in dieser Ausführungsform mit zwei abgeflachten Seiten ausgebildet, jedoch können auch polygonale oder hexagonale Formen der Öffnung 38.1 Anwendung finden. Durch die Profilierung der Öffnung 38.1 wird die Verdrehsicherung 33.1 drehsicher mit der Kolbenstange 18a.1 verbunden.

Die Verdrehsicherung 33.1 in der perspektivischen Ansicht eines Teils der Pleuelstange 6.1 in Fig. 4a zeigt eine Variante des flanschförmigen Sicherungsprofils 34.1 aus den Fig. 3a und 3b. Wie in Fig. 4b gut zu erkennen, ist das scheibenartige Sicherungsprofil 34.1 mit einer zu einer Seite hin offenen Profilöffnung 38.1 versehen. Dabei ist diese Öffnung 38.1 wieder mit zwei abgeflachten Seiten versehen. Wie in Fig. 4a gezeigt, kann diese zu einer Seite hin offene Profilöffnung 38.1 nach einer Endmontage des ersten Pleuelteils 18.1 und des zweiten Pleuelteils 19.1 in einem abschließenden Montageschritt angebracht werden. Dazu wird das scheibenartige Sicherungsprofil 34.1 mit der zu einer Seite hin offenen Öffnung 38.1 seitlich auf eine Profilnut 39.1 der Kolbenstange 18a.1 aufgeschoben und entsprechend verdrehsicher angeordnet. Anschließend werden die bolzenförmigen Sicherungsarme 35.1 in den Bohrungen 37.1 des Sicherungsprofils 34.1 fixiert, wodurch mittels der Führung der Sicherungsarme 35.1 in den nutartigen Führungen 36.1 am zweiten Pleuelteil 19.1 auch das Sicherungsprofil 34.1 verliersicher an der Kolbenstange 18a.1 angeordnet wird.

Die perspektivische Ansicht eines Teils der Pleuelstange 6.1 in Fig. 5a zeigt eine andere Ausführungsform der Verdrehsicherung 33.1 für eine erfindungsgemäße längenverstellbare Pleuelstange 6.1. Dabei sind das Sicherungsprofil 34.1 und die beiden seitlichen Sicherungsarme 35.1 einteilig als Stanz-Biege-Teil ausgebildet. Wie in Fig. 5b gut zu erkennen, ist dabei das scheibenartige Sicherungsprofil 34.1 im Wesentlichen ringförmig ausgebildet mit zwei seitlich angeordneten gebogenen Sicherungsarmen 35.1, die in eine entsprechende Führung 36.1 am Außenumfang des zweiten Pleuelteils 19.1 eingreifen oder an der Führung 36.1 anliegen. Hierbei können die Sicherungsarme 35.1 federnd ausgebildet sein, um bei einer Montage des ersten Pleuelteils 18.1 mit dem zweiten Pleuelteil 19.1 leicht seitlich über den Deckel 19a.1 übergreifen zu können und sicher von der Führung 36.1 geführt zu werden. Auch die profilierte Öffnung 38.1 dieses in Fig. 5b im Detail gezeigten Sicherungsprofils 34.1 ist wieder geschlossen und mit zwei abgeflachten Seiten ausgebildet. Entsprechend wird auch dieses Sicherungsprofil 34.1 vor der Endmontage auf der Kolbenstange 18a.1 angeordnet und mit dieser verdrehsicher verbunden.

Alternativ kann die Profilöffnung 38.1 des Sicherungsprofils 34.1 aus Fig. 5b zu einer Seite hin offen ausgebildet sein, siehe Fig. 6b. Dieses Sicherungsprofil 34.1 kann wiederum nach der Endmontage der Pleuelstange 6.1 auf eine entsprechende Profilnut 39.1 an der Kolbenstange 18a.1 aufgeschoben werden, siehe auch Fig. 6a. Dabei müssen die einteilig mit dem Sicherungsprofils 34.1 ausgebildeten Sicherungsarme 35.1 zur Anordnung auf den Führungen 36.1 am Außenumfang des zweiten Pleuelteils 19.1 leicht aufgebogen und entsprechend positioniert werden. In einer alternativen Ausführung kann die Verdrehsicherung 33.1 auch ein zweites Sicherungsprofil 34.1 aufweisen, das gegenläufig zu einem ersten Sicherungsprofil 34.1 auf der Profilnut 39.1 der Kolbenstange 18a.1 angeordnet und bevorzugt mit dem ersten scheibenartigen Sicherungsprofil 34.1 verbunden wird.

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
18a.1	Kolbenstange
19.1	zweites Pleuelteil
19a.1	Deckel
19b.1	Lagerschale
20.1	Zylinder-Kolben-Einheit
21.1	Verstellkolben
22.1	Zylinderbohrung
23.1	Dichtungseinrichtung
24.1	erster Druckraum
25.1	zweiter Druckraum
26.1	hydraulischer Verstellmechanismus
27.1	erste Stirnseite
28.1	zweite Stirnseite
29.1	Ölversorgungskanal
30.1	Steuerventil
31.1	erster Ölkanal
32.1	zweiter Ölkanal
33.1	Verdrehsicherung

34.1	Sicherungsprofil
35.1	Sicherungsarm
36.1	Führung
37.1	Bohrung
38.1	Öffnung
39.1	Profilnut

D_w	Wandstärke
V_h	Hubvolumen
V_c	Kompressionsvolumen
H_C	Kompressionshöhe
H_K	Hubweg
r_i	Innendurchmesser
r_a	Außendurchmesser
S	Spaltmaß
ε	Verdichtungsverhältnis
n	Drehzahl
T	Temperatur

Ansprüche

1. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) für einen Verbrennungsmotor (1), insbesondere einen Ottomotor, mit einem ersten Pleuelteil (18.1) und einem zweiten Pleuelteil (19.1), das erste Pleuelteil (18.1) ist zur Aufnahme eines Kolbenbolzens (10.1) und das zweite Pleuelteil (19.1) ist zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens (7.1) ausgebildet, wobei das erste Pleuelteil (18.1) gegenüber dem zweiten Pleuelteil (19.1) in Längsrichtung bewegbar ist, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen (10.1) und dem Kurbelwellenzapfen (7.1) zu verstellen, und mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (20.1), um das erste Pleuelteil (18.1) relativ zum zweiten Pleuelteil (19.1) zu verstellen, die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) umfasst ein Gehäuse mit einer Zylinderbohrung (22.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1), wobei die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) eine Verdrehsicherung (33.1) aufweist, um die Drehwinkellage des Kolbenbolzens (10.1) zum Kurbelwellenzapfen (7.1) festzulegen;
dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrehsicherung (33.1) ein scheibenartiges Sicherungsprofil (34.1) und mindestens einen am scheibenartigen Sicherungsprofil (34.1) angeordneten Sicherungsarm (35.1) aufweist, wobei das scheibenartige Sicherungsprofil (34.1) drehfest am ersten Pleuelteil (18.1) angeordnet ist und der Sicherungsarm (35.1) sich in Längsrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange (6.1) verschiebbar entlang einer Führung (36.1) am zweiten Pleuelteil (19.1) erstreckt.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Sicherungsarme (35.1) am scheibenartigen Sicherungsprofil (34.1) vorgesehen sind.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Sicherungsarm (35.1) federnd mit dem scheibenförmigen Sicherungsprofil (34.1), bevorzugt einteilig mit dem scheibenförmigen Sicherungsprofil (34.1), verbunden ist.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass das scheibenförmige Sicherungsprofil (34.1) eine profilierte Öffnung (38.1) aufweist, wobei die profilierte Öffnung (38.1) in ein komplementäres Profil am ersten Pleuelteil (18.1) eingreift.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass die profilierte Öffnung (38.1) am scheibenförmigen Sicherungsprofil (34.1) einseitig offen ausgebildet ist.

6. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste Pleuelteil (18.1) eine Pleuelstange (18a.1) aufweist, wobei die Pleuelstange (18a.1) eine einseitig, bevorzugt zweiseitig abgeflachte Nut (39.1) aufweist in der die profilierte Öffnung (38.1) des scheibenförmigen Sicherungsprofil (34.1) drehfest angeordnet ist.
7. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass das scheibenförmige Sicherungsprofil (34.1) als Stanz-Biege-Teil ausgebildet ist.
8. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Führung (36.1) am zweiten Pleuelteil (19.1) als eine sich in Längsrichtung erstreckende Nut (39.1) ausgebildet ist.
9. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) einen Pleuelteil (19a.1) aufweist der die Zylinderbohrung (22.1) abdichtet, wobei der am scheibenartigen Sicherungsprofil (34.1) angeordnete Pleuelteil (35.1) den Pleuelteil (19a.1) seitlich umgreift und sich entlang einer am Gehäuse vorgesehenen Führung (36.1) erstreckt.
10. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste Pleuelteil (18.1) mit dem Pleuelkolben (21.1) der Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) verbunden ist und das zweite Pleuelteil (19.1) die Zylinderbohrung (22.1) der Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) aufweist.
11. Verwendung einer Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) mit einer Pleuelstange (33.1) für eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) eines Verbrennungsmotors (1) mit einem ersten Pleuelteil (18.1) und einem zweiten Pleuelteil (19.1), die mittels der Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) verstellbar sind, um das erste Pleuelteil (18.1) relativ zum zweiten Pleuelteil (19.1) in Längsrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange (6.1) zu bewegen, die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) umfasst ein Gehäuse mit einer Zylinderbohrung (22.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordneten Pleuelkolben (21.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) vorgesehenen ersten Pleuelraum (24.1) und zweiten Pleuelraum (24.1), die einseitig

von dem bewegbaren Verstellkolben (21.1) begrenzt sind, und einem Deckel (19a.1) zum Abdichten der Zylinderbohrung (22.1),

dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrehsicherung (33.1) ein scheibenartiges Sicherungsprofil (34.1) und mindestens einen sich seitlich vom scheibenartigen Sicherungsprofil (34.1) in Längsrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange (6.1) erstreckenden Sicherungsarm (35.1) aufweist, wobei das scheibenartige Sicherungsprofil (34.1) drehfest am ersten Pleuelteil (18.1) angeordnet ist, und wobei der Sicherungsarm (35.1) den Deckel (19a.1) seitlich umgreift und sich entlang einer am Gehäuse vorgesehenen Führung (36.1) erstreckt.

12. Verbrennungsmotor (1) mit mindestens einem Hubkolben (3.1,3.2,3.3) und mit mindestens einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in einem Zylinder (2.1,2.2,2.3) und einer mit dem Hubkolben (3.1,3.2,3.3) verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange (6.1) (6.1,6.2,6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

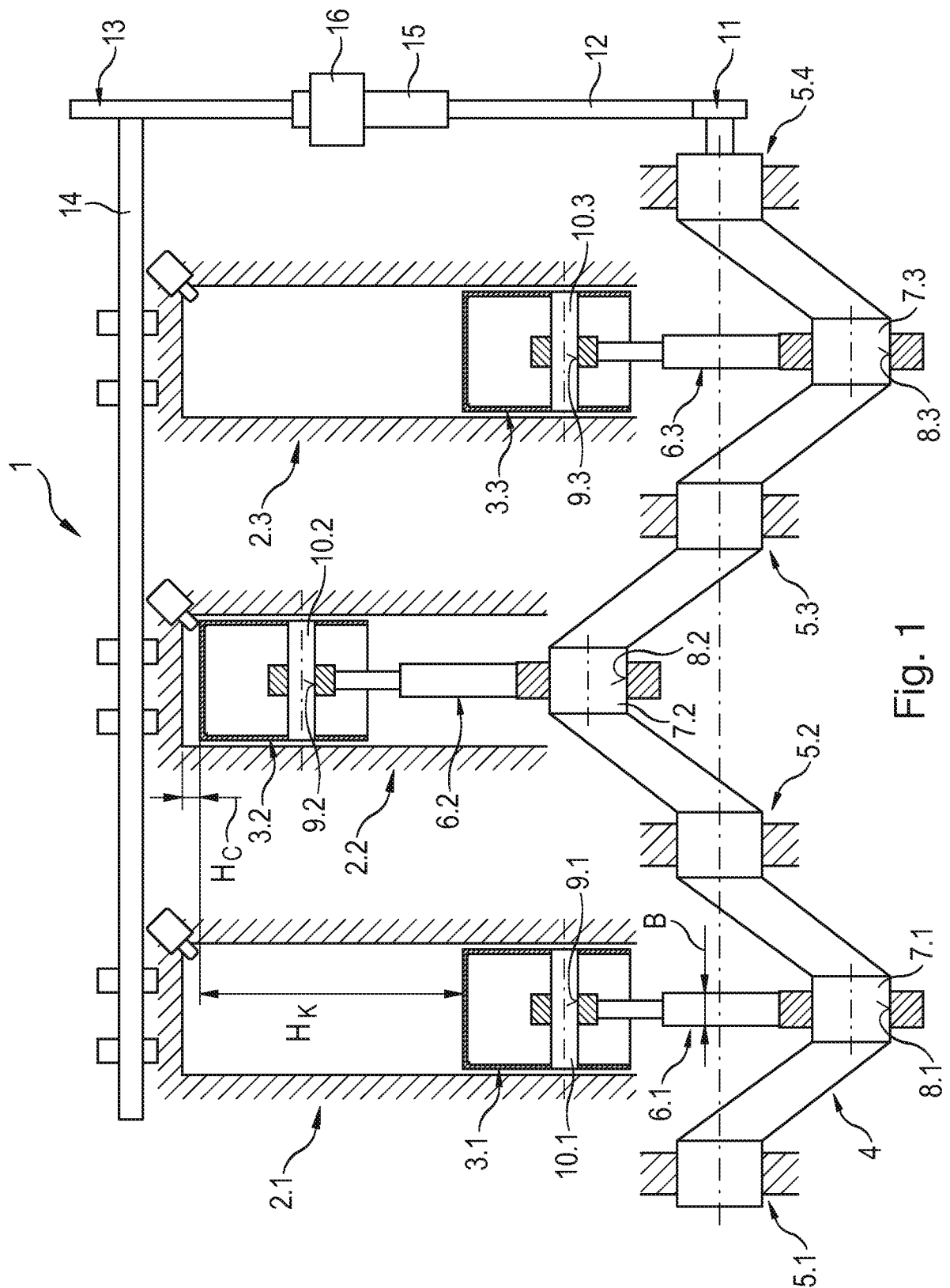


Fig. 1

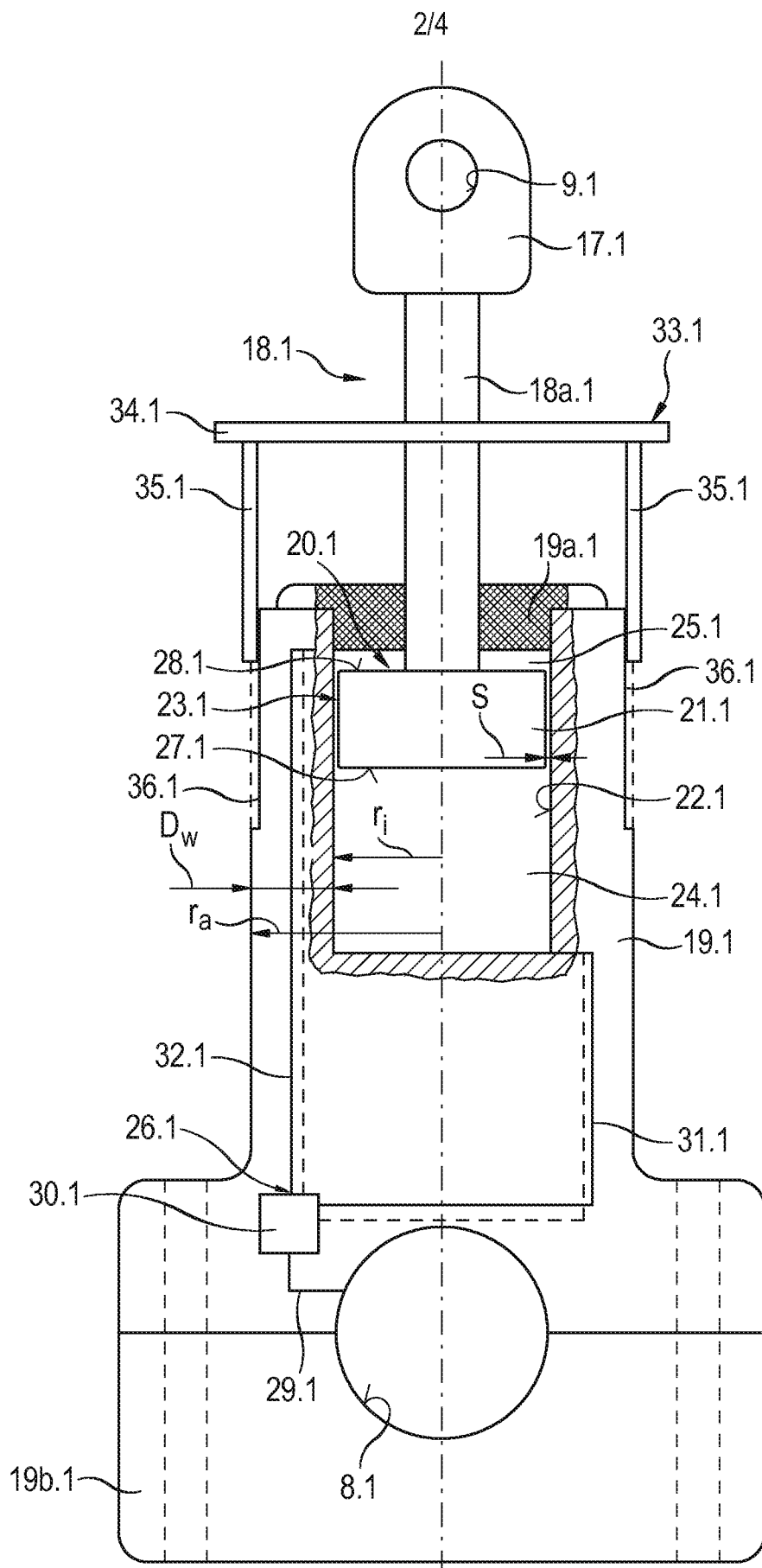


Fig. 2

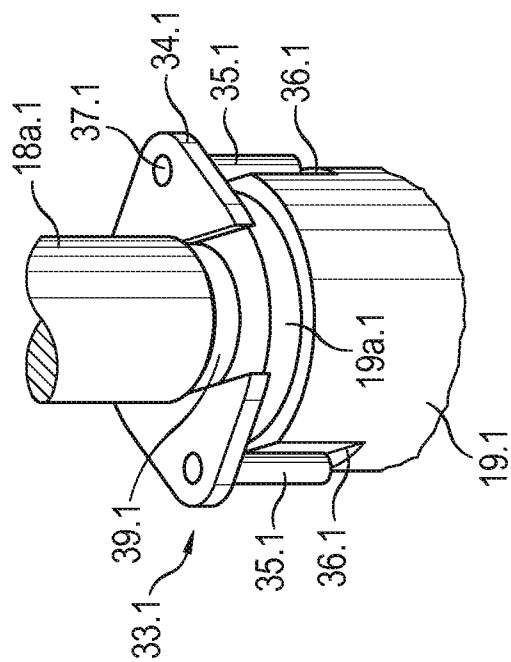


Fig. 4a

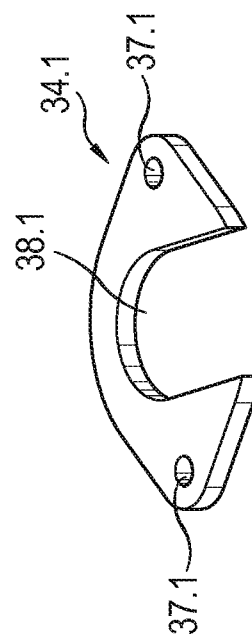


Fig. 4b

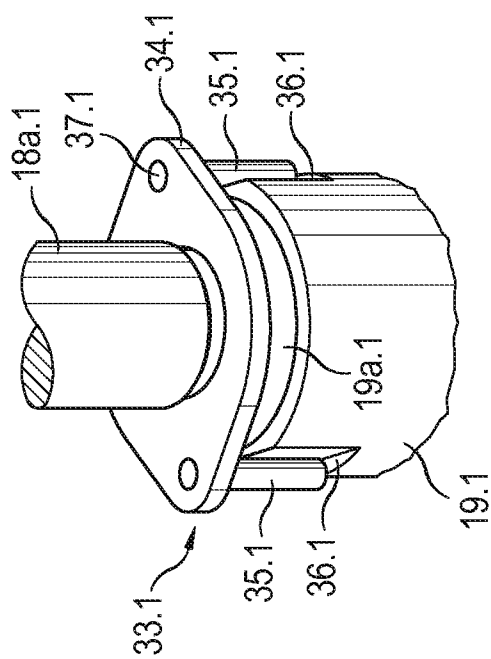


Fig. 3a

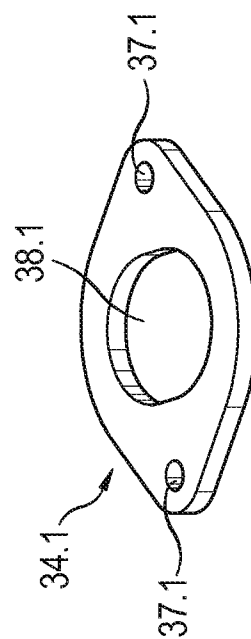


Fig. 3b

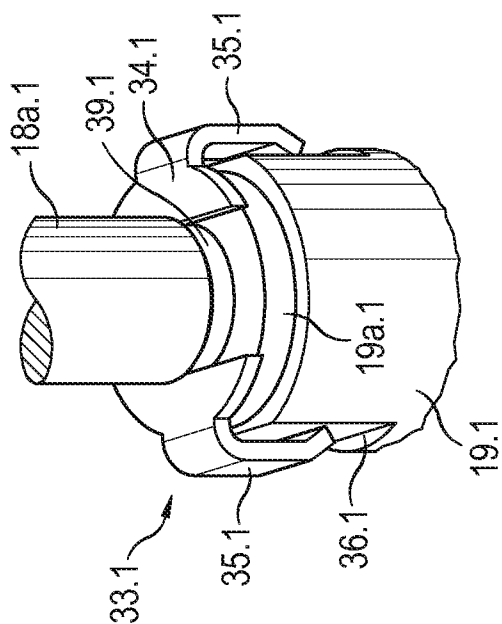


Fig. 6a

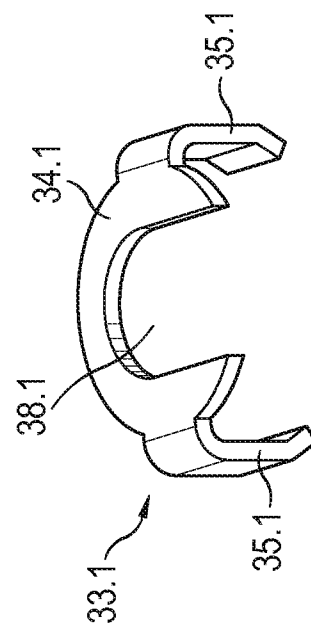


Fig. 6b

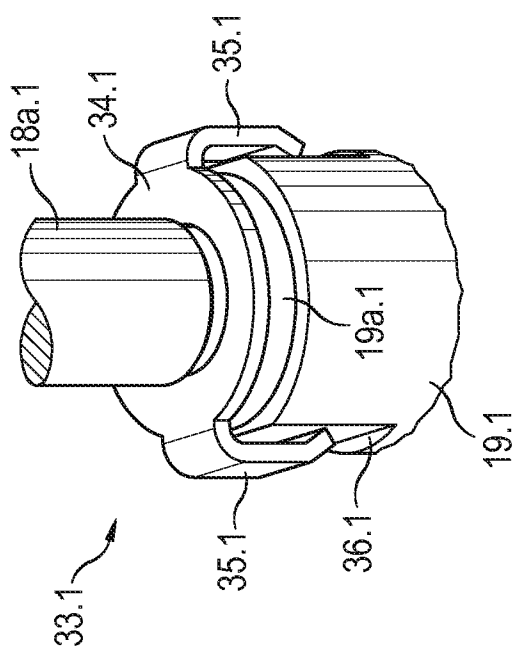


Fig. 5a

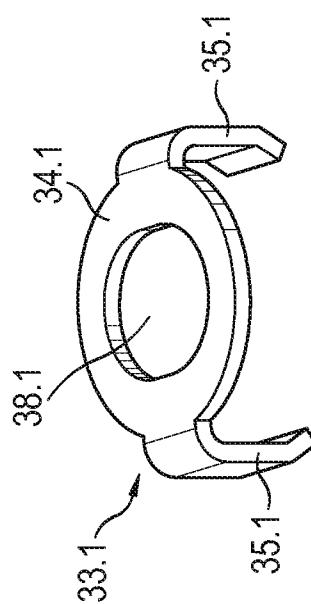


Fig. 5b