

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50925/2017
(22) Anmeldetag: 03.11.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2019

(51) Int. Cl.: **F02B 75/04** (2006.01)
F16C 7/06 (2006.01)

(30) Priorität:
03.11.2016 DE 102016120948.1 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
US 1610137 A
CN 104963935 A
DE 19925268 A1
US 2217721 A
EP 1426584 A1
DE 102005055199 A1
WO 2013092364 A1
WO 2015055582 A2

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

(72) Erfinder:
Arens Kai Dr.
81377 München (DE)
Riba Zoltan
82140 Olching (DE)
Bodensteiner Martin
80336 München (DE)
Latz Steffen
81669 München (DE)
Heller Malte
81243 München (DE)

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

(54) Pleuelstange mit Verstellmechanismus zwischen Pleuefuß und Pleuel

(57) Die Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) für einen Verbrennungsmotor (1) mit einem ersten (17.1) und zweiten Pleuelteil (19.1), die mit mindestens einer Zylinder-Kolben- Einheit (18.1) relativ zueinander verstellbar sind, wobei die Zylinder-Kolben-Einheit (18.1) eine Zylinderbohrung (23.1), einen darin längs bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1), eine integral mit dem ersten Pleuelteil (17.1) ausgebildete und über eine erste, rein mechanische Schnittstelle (53.1) der Zylinder-Kolben-Einheit (18.1) mit dem Verstellkolben (21.1) verbundene Kolbenstange (22.1), mindestens einen in der Zylinderbohrung (23.1) vorgesehenen ersten Druckraum (24.1) zur Aufnahme von Motoröl, der einseitig von dem bewegbaren Verstellkolben (21.1) begrenzt ist, und eine als mechanische und hydraulische Schnittstelle ausgeführte zweite Schnittstelle (54.1) aufweist, wobei die Zylinderbohrung (23.1) einen integralen oberen Anschlag (50.1) für den Verstellkolben (21.1) aufweist und die Zylinderbohrung (23.1) über die zweite Schnittstelle (54.1) der Zylinder-Kolben-Einheit (18.1) mit dem zweiten Pleuelteil (19.1) verbunden ist. Erfindungsgemäß ist eine hydraulische Schaltung (26.1) vorgesehen, die

für einen Zu- bzw. Ablauf eines Hydraulikfluids in bzw. aus dem zumindest einen Druckraum (24.1) sorgt und somit eine Bewegung des Verstellkolbens (21.1) zulässt oder diesen arretiert. Ferner betrifft die Erfindung Montageverfahren und die Verwendung einer solchen Pleuelstange in einem Verbrennungsmotor und einen Verbrennungsmotor.

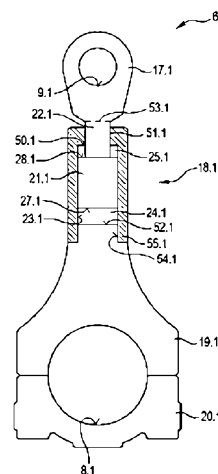


Fig. 2

Beschreibung

PLEUELSTANGE MIT VERSTELLMECHANISMUS ZWISCHEN PLEUELFUß UND PLEUEL-KOPF

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen Ottomotor, mit einem ersten Pleuelteil und einem zweiten Pleuelteil, wobei das erste Pleuelteil gegenüber dem zweiten Pleuelteil bewegbar ist, um die Länge der Pleuelstange zu verstellen und mit mindestens einer mittels Motoröl des Verbrennungsmotors hydraulisch betätigbaren Zylinder-Kolben-Einheit, um das erste Pleuelteil relativ zum zweiten Pleuelteil zu bewegen, wobei die Zylinder-Kolben-Einheit eine Zylinderbohrung, einen in der Zylinderbohrung längst bewegbar angeordneten Verstellkolben, eine integral mit dem Verstellkolben ausgebildete und über eine erste, rein mechanische Schnittstelle der Zylinder-Kolben-Einheit mit dem ersten Pleuelteil verbundene Kolbenstange und mindestens einen in der Zylinderbohrung vorgesehenen ersten Druckraum zur Aufnahme von Motoröl, der einseitig von dem bewegbaren Verstellkolben begrenzt ist, und eine als mechanische und hydraulische Schnittstelle ausgeführte zweite Schnittstelle umfasst, wobei die Zylinderbohrung einen integralen oberen Anschlag für den Verstellkolben aufweist und die Zylinderbohrung über die zweite Schnittstelle der Zylinder-Kolben-Einheit mit dem zweiten Pleuelteil verbunden ist. Weiter betrifft die Erfindung einen Verbrennungsmotor mit einer solchen Pleuelstange, die Verwendung einer solchen Pleuelstange in einem Verbrennungsmotor und ein Verfahren zur Montage der längenverstellbaren Pleuelstange.

[0002] Der thermische Wirkungsgrad eines Verbrennungsmotors, insbesondere bei Ottomotoren, ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis ε , d. h. dem Verhältnis vom Gesamtvolumen vor der Verdichtung zum Kompressionsvolumen ($\varepsilon = (\text{Hubvolumen } V_h + \text{Kompressionsvolumen } V_c) / \text{Kompressionsvolumen } V_c$). Mit steigendem Verdichtungsverhältnis nimmt der thermische Wirkungsgrad zu. Die Zunahme des thermischen Wirkungsgrades über das Verdichtungsverhältnis ist degressiv, allerdings im Bereich heute üblicher Werte noch relativ stark ausgeprägt.

[0003] In der Praxis kann das Verdichtungsverhältnis nicht beliebig gesteigert werden, da ein zu hohes Verdichtungsverhältnis zu einer unbeabsichtigten Selbstentzündung des Verbrennungsgemisches durch Druck- und Temperaturerhöhung führt. Diese frühzeitige Verbrennung führt nicht nur zu einem unruhigen Lauf und dem sogenannten Klopfen bei Ottomotoren, sondern kann auch zu Bauteilschäden am Motor führen. Im Teillastbereich ist die Gefahr der Selbstentzündung, die neben dem Einfluss von Umgebungstemperatur und Druck auch vom Betriebspunkt des Motors abhängig ist, geringer. Entsprechend ist im Teillastbereich ein höheres Verdichtungsverhältnis möglich. In der Entwicklung von modernen Verbrennungsmotoren gibt es daher Bestrebungen, das Verdichtungsverhältnis an den jeweiligen Betriebspunkt des Motors anzupassen.

[0004] Für die Realisierung eines variablen Verdichtungsverhältnisses (VCR) existieren unterschiedliche Lösungen, mit denen die Lage des Hubzapfens der Kurbelwelle oder des Kolbenbolzens des Motorkolbens verändert oder die effektive Länge der Pleuelstange variiert wird. Hierbei gibt es jeweils Lösungen für eine kontinuierliche und diskontinuierliche Verstellung der Bauteile. Eine kontinuierliche Verstellung ermöglicht eine optimale Reduzierung des CO₂-Ausstoßes und des Verbrauchs aufgrund eines für jeden Betriebspunkt einstellbaren 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 im CO₂-Ausstoß.

[0005] 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 Ver-

stellmechanismus mit einem Steuerventil mit federvorgespanntem Verschlusselement vorgesehen, das durch den Druck des Motoröls in eine geöffnete Stellung verschiebbar ist.

[0006] Eine diskontinuierliche Verstellung des Verdichtungsverhältnisses für einen Verbrennungsmotor zeigt die EP 1 426 584 A1, bei der ein mit dem Kolbenbolzen verbundener Exzenter eine Einstellung des Verdichtungsverhältnisses ermöglicht. Dabei erfolgt eine Fixierung des Exzenters in der einen oder anderen Endstellung des Schwenkbereichs mittels einer mechanischen Arretierung.

[0007] 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, der in seiner Position durch zwei Hydraulikzylinder mit veränderbarem Widerstand fixiert wird.

[0008] 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 Verstellmechanismus mit einem Ölkanal und einem öldruckabhängigen Ventil mit Motoröl versorgt wird.

[0009] Eine ähnliche längenverstellbare Pleuelstange für einen Verbrennungsmotor mit teleskopartig verschiebbaren Stangenteilen ist in der WO 2015/055582 A2 gezeigt. Gemäß der WO 2015/055582 A2 soll das Verdichtungsverhältnis im Verbrennungsmotor durch die Pleuellänge verstellt werden. Die Pleuellänge beeinflusst das Kompressionsvolumen im Verbrennungsraum, wobei das Hubvolumen durch die Position des Kurbelwellenzapfens und die Zylinderbohrung vorgegeben ist. Eine kurze Pleuelstange führt daher zu einem geringeren Verdichtungsverhältnis als eine lange Pleuelstange bei ansonsten gleichen geometrischen Abmessungen, wie Kolben, Zylinderkopf, Kurbelwelle, Ventilsteuerung, etc. Die Pleuellänge wird hydraulisch zwischen zwei Stellungen variiert. Die gesamte Pleuelstange ist mehrteilig ausgeführt, wobei die Längenänderung durch einen Teleskopmechanismus mit einem doppelwirkenden Hydraulikzylinder erfolgt. Das kleine Pleuelauge, üblicherweise zur Aufnahme des Kolbenbolzens, ist mit einer Kolbenstange verbunden (teleskopierbarer Stangenteil). Der zugehörige Verstellkolben ist axial verschiebbar in einem Zylinder geführt, der in dem Pleuelteil mit dem großen Pleuelauge, üblicherweise zur Aufnahme des Kurbelwellenzapfens, angeordnet ist. Der Verstellkolben trennt den Zylinder in zwei Druckräume, einen oberen und einen unteren Druckraum. Diese beiden Druckräume werden über Rückschlagventile mit Motoröl versorgt, wobei die Versorgung mit Motoröl über die Schmierung des Pleuellagers erfolgt. Hierzu ist eine Öldurchführung vom Kurbelwellenzapfen über das Pleuellager zur Pleuelstange und dort über die Rückschlagventile in die Druckräume erforderlich. Ist die Pleuelstange in der langen Position, befindet sich kein Motoröl in dem oberen Druckraum. Der untere Druckraum hingegen ist vollständig mit Motoröl gefüllt. Während des Betriebs wird die Pleuelstange aufgrund der Gas- und Massenkräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Position der Pleuelstange wird eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit einem oberen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen. Die Pleuellänge ändert sich dadurch nicht. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf den ölgefüllten unteren Druckraum übertragen. Da das Rückschlagventil dieses Druckraums den Ölrücklauf unterbindet, steigt der Öldruck an, wobei in dem unteren Druckraum Drücke von deutlich über 1.000 bar entstehen können. Die Pleuellänge ändert sich nicht. Die Pleuelstange ist in dieser Richtung hydraulisch gesperrt. In der kurzen Stellung der Pleuelstange drehen sich die Verhältnisse um. Der untere Druckraum ist leer, der obere Druckraum ist mit Motoröl gefüllt. Eine Zugkraft bewirkt einen Druckanstieg in dem oberen Druckraum. Eine Druckkraft wird durch einen mechanischen Anschlag aufgenommen. Die Pleuellänge kann zweistufig verstellt werden, indem einer der beiden Druckräume entleert wird. Hierbei wird jeweils eines der beiden Zulauf Rückschlagventile durch einen zugeordneten Rücklaufkanal überbrückt. Durch diese Rücklaufkanäle kann Motoröl unabhängig von der Druckdifferenz zwischen dem Druckraum und der Versorgungseinrichtung fließen. Das jeweilige Rückschlagventil verliert entsprechend seine Wirkung.

[0010] 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.

[0011] Der Bauraum für eine solche längenverstellbare Pleuelstange ist sowohl axial als auch radial begrenzt. In Kurbelwellenrichtung wird der Bauraum durch die Lagerbreite und den Abstand der Gegengewichte begrenzt. In axialer Richtung ist ohnehin nur der Bauraum zwischen dem kleinen Pleuelauge zur Lagerung des Kolbenbolzens und dem großen Pleuelauge zur Lagerung des Kurbelwellenzapfens und ein eventueller Verstellhub der Pleuelstange vorhanden.

[0012] 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 ist die Dauerfestigkeit der verwendeten Werkstoffe problematisch, aber auch die Konstruktion der Komponenten im Hinblick auf den geringen Bauraum.

[0013] In der oben genannten WO 2015/055582 A2 ist die Zylinderbohrung in dem zweiten Pleuelteil ausgebildet, während das erste Pleuelteil mit einer Kolbenstange des Verstellkolbens verbunden ist. Das zweite Pleuelteil muss daher relativ aufwendig hergestellt werden, um die Zylinderbohrung mit der gewünschten Präzision und guter Verschleißfestigkeit zu erhalten.

[0014] Vergleichbare Lösungen zeigen auch die US 1,610,137 A und die CN 104963935 A.

[0015] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine längenverstellbare Pleuelstange bereitzustellen, die eine einfache Herstellung ermöglicht und eine hohe Lebensdauer gewährleistet.

[0016] Hierzu ist erfindungsgemäß eine hydraulische Schaltung vorgesehen, die für einen Zu- bzw. Ablauf eines Hydraulikfluids in bzw. aus dem zumindest einen Druckraum sorgt und somit eine Bewegung des Verstellkolbens zulässt oder diesen arretiert.

[0017] Üblicherweise sind der Verstellkolben und die Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit rotationssymmetrisch ausgebildet, aber nicht auf eine solche geometrische Form beschränkt. Eine längenverstellbare Pleuelstange gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst auch ovale, mehreckige oder anderweitige Querschnittsformen des Verstellkolbens und der Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit.

[0018] Durch die Ausbildung der Zylinderbohrung und des oberen Anschlags als ein Bauteil ist der obere Anschlag sehr robust. Die Verbindung zwischen dem ersten Pleuelteil mit dem Pleuelauge und der Kolbenstange ist sehr gut von außen zugänglich, sodass eine einfache Fertigung der Verbindung zwischen dem ersten Pleuelteil und der Kolbenstange möglich ist und diese Verbindung einfach kontrolliert werden kann. Auch die Verbindung zwischen dem zweiten Pleuelteil (Pleelfuß) und der Zylinderbohrung ist sehr gut von außen zugänglich. Somit ist auch hier eine einfache Fertigung und Kontrolle möglich. Da der obere Anschlag integral mit der Zylinderbohrung ausgebildet ist, können die Zylinderbohrung, der obere Anschlag und eine Stagenführung für die Kolbenstange durch den oberen Anschlag gut coaxial gefertigt werden. Der Kolben und die Kolbenstange können ebenfalls gut coaxial gefertigt werden, sodass insgesamt enge Toleranzen möglich sind. Dadurch wird die Führung zwischen dem Verstellkolben und der Zylinderbohrung verbessert, sodass geringerer Verschleiß auftritt. Die erste Schnittstelle verbindet die Kolbenstange und damit die Zylinder-Kolben-Einheit mit dem ersten Pleuelteil. Die Verbindung an der ersten Schnittstelle ist eine rein mechanische Verbindung und kann beispielsweise durch Kraftschluss, Formschluss oder Stoffschluss erfolgen. An dieser Schnittstelle werden die im Betrieb des Motors an der Pleuelstange auftretenden Zug- und Druckkräfte übertragen. Eine weitere Verbindung ist an der ersten Schnittstelle nicht vorgesehen. Die zweite Schnittstelle ist eine mechanische und eine hydraulische Schnittstelle. An dieser Schnittstelle, an der die Zylinderbohrung und damit die Zylinder-Kolben-Einheit mit dem zweiten Pleuelteil verbunden ist, werden somit auch alle im Betrieb des Motors an der Pleuelstange auftretenden

Kräfte, insbesondere die Zugkräfte von der Zylinder-Kolben-Einheit auf das zweite Pleuelteil übertragen. Die mechanische Verbindung an der zweiten Schnittstelle kann wieder kraftschlüssig, formschlüssig oder stoffschlüssig erfolgen. Ferner ist an dieser Schnittstelle eine hydraulische Verbindung zwischen dem Motorölkreislauf und der Zylinder-Kolben-Einheit ausgebildet, so dass die Zylinder-Kolben-Einheit mit Motoröl versorgt wird.

[0019] Es kann ferner vorgesehen werden, dass am zweiten Pleuelteil ein unterer Anschlag für den Verstellkolben ausgebildet ist. Auch der untere Anschlag ist dadurch sehr robust und kann einfach gefertigt werden.

[0020] Eine einfache Ausgestaltung ist möglich, wenn die Zylinderbohrung mit dem oberen Anschlag in einem Zylindergehäuse ausgebildet ist.

[0021] In einer weiteren Variante kann vorgesehen werden, dass die Zylindergehäuse aus einem anderen Material besteht als die übrigen Pleuelteile. Das Zylindergehäuse mit der Zylinderbohrung, in der die höchsten Belastungen auftreten, kann daher aus einem entsprechend hochwertigen Material gefertigt werden. Für die anderen Bauteile, insbesondere das erste und das zweite Pleuelteil, die geringeren Belastungen unterliegen, kann ein günstigeres Material gewählt werden bzw. ein Material das leichter bearbeitbar ist.

[0022] Vorteilhafterweise kann ferner vorgesehen sein, dass die Zylinderbohrung und/oder der Verstellkolben beschichtet ist/sind. Auch hierdurch können die gewünschte Festigkeit und die gewünschten Gleiteigenschaften zwischen Zylinderbohrung und Verstellkolben erzeugt werden.

[0023] In noch einer weiteren Variante kann vorgesehen werden, dass die Zylinderbohrung und/oder der Verstellkolben wärmebehandelt ist/sind. Auch hierdurch können die gewünschten Festigkeitseigenschaften der Zylinderbohrung bzw. des Verstellkolbens eingestellt werden.

[0024] Eine sehr stabile Pleuelstange kann erhalten werden, wenn das Zylindergehäuse einen länglichen Querschnitt, bevorzugt einen elliptischen Querschnitt, aufweist. Der Querschnitt ist ein Schnitt durch die Pleuelstange senkrecht zur Längsrichtung der Pleuelstange und somit senkrecht zur Längsachse des Verstellkolbens bzw. der Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit. Die Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit ist im Querschnitt kreisförmig und weist die damit verbundenen Vorteile wie eine einfache Fertigung und eine gute Führung des Verstellkolbens in der Zylinderbohrung, etc., auf. Durch den länglichen Querschnitt des Zylindergehäuses, bevorzugt einen elliptischen Querschnitt, wobei die Hauptachse der Ellipse senkrecht zur Breite der Pleuelstange verläuft, wird die durch die Kurbelwelle festgelegte Breite der Pleuelstange eingehalten. Senkrecht zur Breite kann die Pleuelstange größere Abmessungen aufweisen. Dadurch entstehen dort Materialanhäufungen, die die Stabilität erhöhen und Platz für Ölbohrungen etc. bieten.

[0025] Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auch auf ein Verfahren zur Montage der oben beschriebenen längenverstellbaren Pleuelstange. Es soll ein Verfahren bereitgestellt werden, dass eine einfache Fertigung einer längenverstellbaren Pleuelstange mit engen Toleranzen und guter Führung ermöglicht. Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren zur Montage die folgenden Schritte umfasst:

- [0026]** - Vorsehen mindestens einer Kolbenstangendichtung und/oder mindestens eines Kolbenstangenabstreifers im Bereich der Kolbenstange sowie mindestens einer Kolbendichtung im Bereich des Verstellkolbens;
- [0027]** - Einsetzen des Verstellkolbens mit der Kolbenstange in die Zylinderbohrung;
- [0028]** - Verbinden der Kolbenstange mit dem ersten Pleuelteil an der ersten Schnittstelle;
- [0029]** - Verbinden der Zylinderbohrung mit dem zweiten Pleuelteil an der zweiten Schnittstelle.

[0030] Als Dichtungen können Spaltdichtungen oder berührende Dichtungen wie z. B. Kunststoffringe vorgesehen werden. Bei berührenden Dichtungen kann der Abstreifer entfallen. Ein Abstreifer wird bevorzugt dem Zylindergehäuse zugeordnet, die Dichtungen an der Kolbenstan-

ge können stangenseitig als Kolbendichtung oder zylindergehäuseseitig als Stangendichtung ausgeführt sein.

[0031] Dadurch dass die Kolbenstange und der Kolben sowie die Zylinderbohrung und die Stangenführung coaxial gefertigt werden, sind enge Toleranzen und eine gute Führung des Verstellkolbens in der Zylinderbohrung möglich. Die Verbindungsstellen zwischen der Zylinder-Kolben-Einheit und dem ersten sowie dem zweiten Pleuelteil sind gut von außen zugänglich, sodass eine einfache Montage und Kontrolle der Verbindungen möglich ist.

[0032] Das Verfahren kann einen weiteren Schritt enthalten, in dem eine Verdrehsicherung an der Zylinder-Kolben-Einheit angebracht wird. Die Verdrehsicherung kann zwischen dem Verstellkolben und der Zylinderbohrung oder zwischen der Kolbenstange und dem Zylindergehäuse angebracht sein. Hierdurch wird sichergestellt, dass der Verstellkolben immer in der richtigen Position in der Zylinderbohrung läuft.

[0033] In einer weiteren Variante kann vorgesehen werden, dass eine Funktionsprüfung der Zylinder-Kolben-Einheit durchgeführt wird. Die Funktionsprüfung kann vor dem Verbinden der Zylinder-Kolben-Einheit mit den beiden Pleuelteilen erfolgen oder nach dem Verbinden der Zylinder-Kolben-Einheit mit dem ersten der beiden Pleuelteile, d. h. je nach Montagereihenfolge nach dem Verbinden mit dem ersten bzw. zweiten Pleuelteil und vor dem Verbinden mit dem zweiten bzw. ersten Pleuelteil. Eventuell vorhandene Fehler können zu diesem Zeitpunkt noch leicht behoben werden.

[0034] Ferner kann vorgesehen werden, dass das Verbinden der Kolbenstange mit dem ersten Pleuelteil sowie das Verbinden der Zylinderbohrung mit dem zweiten Pleuelteil mittels Einschrauben, Einpressen, Aufschumpfen mittels Temperaturdifferenz, Kleben, Schweißen oder Löten erfolgt. Hierdurch sind eine gute und einfache Fertigung sowie eine sichere Verbindung zwischen den jeweiligen Teilen möglich.

[0035] Die Erfindung bezieht sich des Weiteren auch auf die Verwendung der oben beschriebenen längenverstellbaren Pleuelstange in einem Verbrennungsmotor mit mindestens einem Hubkolben. Hierdurch wird ein Verbrennungsmotor mit einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis bereitgestellt, der sehr einfach gefertigt und kontrolliert werden kann, enge Toleranzen in der Zylinder-Kolben-Einheit ermöglicht und eine gute Führung des Verstellkolbens in der Zylinderbohrung ermöglicht, sodass der Verschleiß verringert werden kann.

[0036] In einem weiteren Aspekt bezieht sich die Erfindung auch auf einen Verbrennungsmotor mit mindestens einem Hubkolben und mit zumindest einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in einem Zylinder und einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange entsprechend den oben beschriebenen Ausführungsformen. Bevorzugt sind sämtliche Hubkolben eines Verbrennungsmotors mit einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange ausgestattet, erforderlich ist dies jedoch nicht. Die Kraftstoffeinsparung eines solchen Verbrennungsmotors kann beträchtlich sein und bis zu 20 % betragen, wenn in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand das Verdichtungsverhältnis entsprechend eingestellt wird.

[0037] Gemäß einer Weiterbildung des Verbrennungsmotors können ein Steuertrieb mit mindestens einer Steuerkette, einer Spann- und/oder Führungsschiene, und/oder einem Kettenspanner vorgesehen sein, der die Kurbelwelle mit der mindestens eine Nockenwelle des Verbrennungsmotors verbindet. Der Steuertrieb ist insofern wichtig, weil dieser maßgeblichen Einfluss auf die dynamische Belastung des Verbrennungsmotors und somit auch auf die längenverstellbare Pleuelstange haben kann. Bevorzugt wird dieser so ausgestaltet, dass keine zu hohen dynamischen Kräfte über den Steuertrieb eingeleitet werden. Alternativ kann ein solcher Steuertrieb auch mit einer Stirnradverzahnung oder mit einem Antriebsriemen, beispielsweise einem Zahnriemen, der mittels einer Spannvorrichtung mit Spannrolle vorgespannt ist, ausgebildet sein.

[0038] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0039] Figur 1: einen schematischen Querschnitt durch einen Verbrennungsmotor,

[0040] Figur 2: eine Pleuelstange aus Fig. 1 mit einer Zylinder-Kolben-Einheit zur Längenverstellung der Pleuelstange,

[0041] Figur 3: eine Schaltanordnung in einer ersten Schaltstellung für die in Fig. 2 dargestellte Pleuelstange, und

[0042] Figur 4: die Schaltanordnung aus Fig. 3 in einer zweiten Schaltstellung für die in Fig. 2 dargestellte Pleuelstange.

[0043] In Fig. 1 ist in schematischer Darstellung ein Verbrennungsmotor (Ottomotor) 1 dargestellt. Der Verbrennungsmotor 1 hat drei Zylinder 2.1, 2.2 und 2.3, in denen sich jeweils ein Hubkolben 3.1, 3.2, 3.3 auf und ab bewegt. Des Weiteren umfasst der Verbrennungsmotor 1 eine Kurbelwelle 4, die mittels Kurbelwellenlagern 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 drehbar gelagert ist. Die Kurbelwelle 4 ist mittels Pleuelstangen 6.1, 6.2 und 6.3 jeweils mit zugehörigen Hubkolben 3.1, 3.2 und 3.3 verbunden. Für jede Pleuelstange 6.1, 6.2 und 6.3 weist die Kurbelwelle 4 einen exzentrisch angeordneten Kurbelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 auf. Das große Pleuelauge 8.1, 8.2, und 8.3 ist jeweils auf dem zugehörigen Kurbelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 gelagert. Das kleine Pleuelauge 9.1, 9.2 und 9.3 ist jeweils auf einem Kolbenbolzen 10.1, 10.2 und 10.3 gelagert und so mit dem zugehörigen Hubkolben 3.1, 3.2 und 3.3 schwenkbar verbunden.

[0044] Die Kurbelwelle 4 ist mit einem Kurbelwellenkettensrad 11 versehen und mittels einer Steuerkette 12 mit einem Nockenwellenkettensrad 13 gekoppelt. Das Nockenwellenkettensrad 13 treibt eine Nockenwelle 14 mit ihren zugehörigen Nocken zur Betätigung der Ein- und Auslassventile (nicht näher dargestellt) eines jeden Zylinders 2.1, 2.2 und 2.3 an. Das Leertrum der Steuerkette 12 wird mittels einer schwenkbar angeordneten Spannschiene 15 gespannt, die mittels eines Kettenspanners 16 an diese angedrückt wird. Das Zugtrum der Steuerkette 12 kann entlang einer Führungsschiene gleiten. Die wesentliche Funktionsweise dieses Steuertriebs einschließlich der Kraftstoffeinspritzung und Zündung mittels Zündkerze wird nicht näher erläutert und als bekannt vorausgesetzt.

[0045] Die Exzentrizität der Kurbelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 gibt maßgeblich den Hubweg H_K vor, insbesondere wenn, wie im vorliegenden Fall, die Kurbelwelle 4 exakt zentrisch unter den Zylindern 2.1., 2.2 und 2.3 angeordnet ist. In Fig. 1 ist der Hubkolben 3.1 in seiner untersten Stellung dargestellt, während der Hubkolben 3.2 in seiner obersten Stellung dargestellt ist. Die Differenz ergibt im vorliegenden Fall den Hubweg H_K . Die verbleibende Höhe H_C (siehe Zylinder 2.2) ergibt die verbleibende Kompressionshöhe im Zylinder 2.2. In Verbindung mit dem Durchmesser des Hubkolbens 3.1, 3.2 oder 3.3 bzw. der zugehörigen Zylinder 2.1, 2.2 und 2.3 ergibt sich aus dem Hubweg H_K das Hubvolumen V_h und aus der verbleibenden Kompressionshöhe H_C errechnet sich das Kompressionsvolumen V_c . Selbstverständlich hängt das Kompressionsvolumen V_c maßgeblich von der Gestaltung des Zylinderdeckels ab. Aus diesen Volumina V_h und V_c berechnet sich das Verdichtungsverhältnis ϵ . ϵ errechnet sich aus der Summe des Hubvolumens V_h und des Kompressionsvolumens V_c dividiert durch das Kompressionsvolumen V_c . Heute übliche Werte für Ottomotoren liegen für ϵ zwischen 10 und 14.

[0046] Damit in Abhängigkeit vom Betriebspunkt (Drehzahl n , Temperatur T , Drosselklappenstellung) des Verbrennungsmotors 1 das Verdichtungsverhältnis ϵ angepasst werden kann, sind die Pleuelstangen 6.1, 6.2 und 6.3 erfindungsgemäß in ihrer Länge verstellbar ausgestaltet. Hierdurch kann z.B. im Teillastbereich mit einem höheren Verdichtungsverhältnis gefahren werden als im Vollastbereich.

[0047] In Fig. 2 ist beispielhaft die Pleuelstange 6.1 dargestellt, die jedoch identisch zu den Pleuelstangen 6.2 und 6.3 ausgestaltet ist. Die folgende Beschreibung gilt daher entsprechend für alle Pleuelstangen. Die Pleuelstange 6.1 weist ein erstes Pleuelteil 17.1 und ein zweites Pleuelteil 19.1 auf. In dem ersten Pleuelteil 17.1 ist das besagte kleine Pleuelauge 9.1 ausgebildet. Das zweite Pleuelteil 19.1 umgibt zusammen mit einer unteren Lagerschale 20.1 das besagte große Pleuelauge 8.1. Die untere Lagerschale 20.1 und das zweite Pleuelteil 19.1 werden in üblicher Weise mittels Befestigungsmitteln miteinander verbunden. Zwischen dem ersten Pleuelteil 17.1 und dem zweiten Pleuelteil 19.1 ist eine Zylinder-Kolben-Einheit 18.1

angeordnet. Die Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 umfasst einen Verstellkolben 21.1 der fest mit einer Kolbenstange 22.1 verbunden ist. Der Verstellkolben 21.1 und die Kolbenstange 22.1 sind somit integral ausgebildet, d. h. sie bilden ein Bauteil aus. Der Verstellkolben 21.1 ist in einer in einem Zylindergehäuse 55.1 ausgebildeten Zylinderbohrung 23.1 geführt. Der Verstellkolben 21.1 ist als Stufenkolben ausgestaltet. Unterhalb des Verstellkolbens 21.1 wird durch den Verstellkolben 21.1 und die Zylinderbohrung 23.1 ein erster Druckraum 24.1 mit kreisförmigem Querschnitt ausgebildet. Oberhalb des Verstellkolbens 21.1 wird durch den Verstellkolben 21.1 und die Zylinderbohrung 23.1 ein zweiter Druckraum 25.1 mit kreisringförmigem Querschnitt ausgebildet. Die Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 mit dem Verstellkolben 21.1 und der Zylinderbohrung 23.1 ist Bestandteil eines Verstellmechanismus zur Veränderung der Länge der Pleuelstange 6.1. Zu dem Verstellmechanismus gehört auch eine unten näher beschriebene hydraulische Schaltung, die für einen Zu- bzw. Ablauf des Hydraulikfluids in bzw. aus den Druckräumen 24.1 und 25.1 sorgt und somit eine Bewegung des Verstellkolbens 21.1 zulässt oder diesen arretiert.

[0048] Das Zylindergehäuse 55.1 weist an seinem oberen Ende, das heißt an dem dem ersten Pleuelteil 17.1 zugeordneten Ende, einen oberen Anschlag 50.1 für den Verstellkolben 21.1 auf. Der obere Anschlag 50.1 ist somit integral mit der Zylinderbohrung 23.1 in dem Zylindergehäuse 55.1 ausgebildet, sodass diese beiden Teile in demselben Bauteil, dem Zylindergehäuse 55.1, ausgebildet sind. Dadurch ist der obere Anschlag 50.1 sehr robust. Der obere Anschlag 50.1 ist Bestandteil des zweiten Druckraums 25.1. Durch den oberen Anschlag 50.1 führt eine Stangenführung 51.1 hindurch, durch die die Kolbenstange 22.1 aus der Zylinderbohrung 23.1 nach außen geführt ist. Befindet sich die Pleuelstange 6.1 in ihrer langen Position, so liegt der Verstellkolben 21.1 mit einer zweiten Verstellkolbenseite 28.1 an dem oberen Anschlag 50.1 an. An dem zweiten Pleuelteil 19.1 ist ein unterer Anschlag 52.1 für den Verstellkolben 21.1 ausgebildet. Befindet sich die Pleuelstange 6.1 in ihrer kurzen Position, so liegt der Verstellkolben 21.1 mit einer ersten Verstellkolbenseite 27.1 an dem unteren Anschlag 52.1 an. Der untere Anschlag 52.1 ist Bestandteil des ersten Druckraums 24.1.

[0049] Die Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 umfasst ferner eine erste Schnittstelle 53.1 und eine zweite Schnittstelle 54.1. Die erste Schnittstelle 53.1 ist zwischen dem Ende der Kolbenstange 22.1, das aus dem Zylindergehäuse 55.1 herausragt, und dem ersten Pleuelteil 17.1 ausgebildet. Über diese erste Schnittstelle 53.1 ist die Kolbenstange 22.1 mit dem ersten Pleuelteil 17.1 verbunden. Diese erste Schnittstelle 53.1 ist eine rein mechanische Schnittstelle. Die Kolbenstange 22.1 und das erste Pleuelteil 17.1 sind an der ersten Schnittstelle 53.1 kraftschlüssig, formschlüssig oder stoffschlüssig so miteinander verbunden, dass die im Betrieb des Verbrennungsmotors 1 an der Pleuelstange 6.1 auftretenden Kräfte, d.h. die Zug- und Druckkräfte, von dem einen der beiden Bauteile auf das jeweils andere der beiden Bauteile übertragen werden. Die zweite Schnittstelle 54.1 der Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 ist zwischen dem Ende der Zylinderbohrung 23.1, bzw. des Zylindergehäuses 55.1, das dem zweiten Pleuelteil 19.1 zugewandt ist und dem zweiten Pleuelteil 19.1 ausgebildet. Über diese zweite Schnittstelle 54.1 ist die Zylinderbohrung 23.1 mit dem zweiten Pleuelteil 19.1 verbunden. Die zweite Schnittstelle 54.1 ist eine mechanische und hydraulische Schnittstelle. D.h., dass an der zweiten Schnittstelle 54.1 die im Betrieb des Verbrennungsmotors 1 an der Pleuelstange 6.1 auftretenden Kräfte, insbesondere die Zugkräfte, von dem Zylindergehäuse 55.1 mit der Zylinderbohrung 23.1 und dem darin angeordneten Verstellkolben 21.1 auf das zweite Pleuelteil 19.1 und umgekehrt übertragen werden. Die Verbindung zwischen dem Zylindergehäuse mit der Zylinderbohrung 23.1 und dem zweiten Pleuelteil 19.1 an der zweiten Schnittstelle 54.1 kann ebenfalls kraftschlüssig, formschlüssig oder stoffschlüssig erfolgen. Zudem ist an der zweiten Schnittstelle 54.1 eine hydraulische Verbindung zwischen dem zweiten Pleuelteil 19.1 und der Zylinderbohrung 23.1 ausgebildet, so dass die Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 mit Motoröl aus dem Motorölkreislauf versorgt wird. Die Verbindung zwischen dem ersten Pleuelteil 17.1 und der Kolbenstange 22.1 sowie die Verbindung zwischen der Zylinderbohrung 23.1 und dem zweiten Pleuelteil 19.1 kann beispielsweise mittels Einschrauben, Einpressen, Aufschumpfen mittels Temperaturdifferenz, Kleben, Schweißen oder Löten erzeugt werden. Dadurch, dass die Verbindung zwischen dem ersten Pleuelteil 17.1 und der Kolbenstange 22.1 sowie die Verbindung zwischen

dem zweiten Pleuelteil 19.1 und der Zylinderbohrung 23.1 gut von außen zugänglich sind, können diese Verbindungen einfach gefertigt und gut kontrolliert werden.

[0050] Um eine gute Stabilität der hochbelasteten Zylinderbohrung 23.1 zu gewährleisten, ist das Zylindergehäuse 55.1 vorzugsweise aus einem anderen Material gefertigt als die übrigen Pleuelteile, d.h. das erste Pleuelteil 17.1, das zweite Pleuelteil 19.1, der Verstellkolben 21.1 und die Kolbenstange 22.1. Vorzugsweise ist das Zylindergehäuse 55.1 daher aus einem festen Material. Die Zylinderbohrung 23.1 und/oder der Verstellkolben 21.1 können/kann auch eine Beschichtung aufweisen oder wärmebehandelt sein. Die Zylinderbohrung 23.1 und der Verstellkolben 21.1 sind im Querschnitt senkrecht zu ihrer Längsachse vorzugsweise kreisförmig. Das Zylindergehäuse 55.1 weist vorzugsweise einen anderen Querschnitt, beispielsweise einen länglichen Querschnitt auf, dessen Längsachse quer zur Breite der Pleuelstange angeordnet ist. Vorzugsweise ist der Querschnitt des Zylindergehäuses 55.1 elliptisch, wobei die Hauptachse der Ellipse quer zur Breite der Pleuelstange verläuft. Dadurch kann die Breite der Pleuelstange 6.1, die durch die baulichen Gegebenheiten der Kurbelwelle vorgegeben ist, eingehalten werden. Dennoch ist es möglich, die Pleuelstange quer zu ihrer Breite länger auszugestalten. Die Pleuelstange 6.1 weist also Materialanhäufungen auf, die für eine bessere Stabilität sorgen und in denen beispielsweise die benötigten Ölkäule angeordnet werden können.

[0051] Bei der Montage der längenverstellbaren Pleuelstange 6.1 wird in folgenden Schritten vorgegangen: Zuerst werden mindestens eine Stangendichtung und mindestens ein Kolbenstangenabstreifer im Bereich der Stangenführung 51.1 im Zylindergehäuse 55.1 oder auf der Kolbenstange 22.1 montiert. Der Abstreifer wird bevorzugt dem Zylindergehäuse 55.1 zugeordnet. Anschließend wird die Kolbendichtung auf dem Verstellkolben 21.1 oder an den Zylindergehäuse 55.1 befestigt. Prinzipiell sind auch Spaltdichtungen möglich. Sind die Dichtungen und der Kolbenstangenabstreifer angebracht, so wird die Kolbenstange 22.1 mit dem Verstellkolben 21.1 in die Zylinderbohrung 23.1 der Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 eingeschoben. Anschließend wird die Kolbenstange 22.1 an der ersten Schnittstelle 53.1 mit dem ersten Pleuelteil 17.1, d.h. mit dem kleinen Pleuelauge 9.1, verbunden. Diese Verbindung erfolgt beispielsweise durch Einschrauben, Einpressen, Aufschumpfen mittels Temperaturdifferenz, Kleben, Schweißen oder Löten. Im Anschluss daran wird eine Verdrehsicherung, zum Beispiel ein Stift, zwischen dem Verstellkolben 21.1 und der Zylinderbohrung 23.1 oder zwischen der Kolbenstange 22.1 und dem Zylindergehäuse 55.1 montiert. Die vormontierte und am ersten Pleuelteil 17.1 befestigte Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 wird dann einer Funktionsprüfung unterzogen, bevor sie an der zweiten Schnittstelle 54.1 mit dem zweiten Pleuelteil 19.1 verbunden wird. Auch diese Verbindung erfolgt vorzugsweise durch Einschrauben, Einpressen, Aufschumpfen mittels Temperaturdifferenz, Kleben, Schweißen oder Löten. Die Verbindung der Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 mit den beiden Pleuelteilen 17.1, 19.1 kann auch in umgekehrter Reihenfolge erfolgen. Die Funktionsprüfung kann auch gänzlich vor dem Verbinden erfolgen und bei umgekehrter Verbindungsreihenfolge vor dem Verbinden der Zylinder-Kolben-Einheit 18.1 mit dem ersten Pleuelteil 17.1.

[0052] Im Folgenden wird nunmehr anhand der Fig. 3 und 4 die in der Pleuelstange 6.1 verwendete hydraulische Schaltung 26.1 näher erläutert. Der Verstellkolben 21.1 ist als Stufenkolben ausgebildet. Unter einem Stufenkolben wird im Allgemeinen ein zweiseitig wirkender Kolben mit unterschiedlich großen Wirkflächen verstanden. Eine dem ersten Druckraum 24.1 zugeordnete erste Verstellkolbenseite 27.1 ist kreisförmig ausgestaltet. Eine dem zweiten Druckraum 25.1 zugeordnete zweite Verstellkolbenseite 28.1 ist kreisringförmig ausgestaltet. Die hydraulische Schaltung 26.1 wird mit Motoröl betrieben. Hierzu steht ein Ölversorgungskanal 29.1 mit dem großen Pleuelauge 8.1 in Verbindung, wodurch der hydraulischen Schaltung 26.1 Motoröl zugeführt werden kann oder gegebenenfalls aus dieser abfließt. Nachfolgend des Ölversorgungskanals 29.1 ist eine Rückströmdrossel 30.1 mit einem Rückschlagventil 30a.1 und einer parallel dazu geschalteten Drossel 30b.1 vorgesehen. Nachfolgend der Rückströmdrossel 30.1 gelangt das Motoröl über den Kanal 31.1 zu einem Steuerventil 32.1. Das Steuerventil 32.1 umfasst einen Stellkolben 33.1, der in einer Aufnahmebohrung 34.1 gegen eine Druckfeder 35.1 verschiebbar geführt ist. Der Stellkolben 33.1 weist eine erste Anschlagseite 36.1 und

eine zweite Anschlagseite 37.1 auf, die mit entsprechenden Anschlägen 38.1 und 39.1 zur Anlage kommen können. Sofern der Druck im Kanal 31.1 nicht ausreicht, den Stellkolben 33.1 gegen die Druckfeder 35.1 zu verschieben, nimmt der Stellkolben 33.1 die in Fig. 3 dargestellte Stellung ein und liegt mit seiner ersten Anschlagseite 36.1 an dem ersten Anschlag 38.1 an.

[0053] Aus dem ersten Druckraum 24.1 führt ein Rücklaufkanal 40.1 zum Steuerventil 32.1. Ein durch ein Rückschlagventil 41.1 sperrbarer Ölkanal 42.1 steht ebenfalls mit dem Steuerventil 32.1 in Verbindung und führt zum ersten Druckraum 24.1. Der erste Rücklaufkanal 40.1 ist in der in Fig. 3 gezeigten Stellung des Stellkolbens 33.1 verschlossen. Öl aus dem ersten Druckraum 24.1 kann aufgrund des geschlossenen Rückschlagventils 41.1 nicht entweichen. Der Verstellkolben 21.1 fährt durch die auftretenden Gas- und Massenkräfte in die obere Stellung und wird dann hydraulisch gesperrt. Hierdurch befindet sich die Pleuelstange 6.1 in ihrer ausgefahrenen, längeren Stellung. In dieser Stellung liegt die erste Verstellkolbenseite 27.1 des Verstellkolbens an dem oberen Anschlag 50.1 an. Aus dem zweiten Druckraum 25.1 führt eine Rücklaufleitung 43.1 zum Steuerventil 32.1. In der in Fig. 3 dargestellten Stellung kann Motoröl aus dem zweiten Druckraum 25.1 über die Rücklaufleitung 43.1 und das Steuerventil 32.1 über den Auslass 44.1 ins Kurbelgehäuse abfließen. In dem ebenfalls aus dem zweiten Druckraum 25.1 zum Steuerventil 32.1 abgehenden Ölkanal 45.1 ist ein Rückschlagventil 46.1 angeordnet. Die Pfeile in der Fig. 3 symbolisieren die Ölflussrichtung bzw. die Bewegungsrichtung. Allerdings reicht der am Steuerventil 32.1 anliegende Druck nicht aus, die Sperrung des Verstellkolbens 21.1 aufzuheben.

[0054] Wird aber nunmehr der Druck über die Ölpumpe des Verbrennungsmotors erhöht, kommt es zu einem Verschieben des Stellkolbens 33.1 entgegen der Kraft der Druckfeder 35.1 (siehe Fig. 4). Hierdurch wird der erste Rücklaufkanal 40.1 geöffnet und das Motoröl kann aus dem ersten Druckraum 24.1 und über den Kanal 31.1 und die Rückstromdrossel 30.1 abfließen, wenn sich der Verstellkolben 21.1 bedingt durch die auftretenden Gas- und Massenkräfte nach unten bewegt. Gleichzeitig wird die Rücklaufleitung 43.1 geschlossen und über den Ölkanal 45.1 und das Rückschlagventil 46.1 der zweite Druckraum 25.1 mit Motoröl gefüllt. Sobald der Verstellkolben 21.1 am unteren Anschlag 52.1 anliegt, ist der Verstellkolben 21.1 in dieser Stellung hydraulisch arretiert, solange ein ausreichender Druck am Steuerventil 32.1 anliegt. In der untersten Stellung des Verstellkolbens 21.1 nimmt die Pleuelstange 6.1 ihre kurze Stellung ein. Diese Stellung ist vorteilhaft bei Volllast, wohingegen die in die Fig. 3 dargestellte Stellung für den Teil- und Niedriglastbetrieb vorteilhaft ist.

[0055] Hinsichtlich der weiteren Wirkungs- und Funktionsweise wird ergänzend auf die WO 2015/055582 A2 verwiesen, die die gleiche Schaltung und Varianten hierzu beschreibt, die ebenfalls Anwendung finden können.

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	kleines Pleuelauge
10.1,10.2,10.3	Kolbenbolzen
11	Kurbelwellenkettenrad
12	Steuerkette
13	Nockenwellenkettenrad
14	Nockenwelle
15	Spannschiene
16	Kettenspanner
17.1	erstes Pleuelteil
18.1	Zylinder-Kolben-Einheit
19.1	zweites Pleuelteil
20.1	Lagerschale
21.1	Verstellkolben
22.1	Kolbenstange
23.1	Zylinderbohrung
24.1	erster Druckraum
25.1	zweiter Druckraum
26.1	hydraulische Schaltung
27.1	erste Verstellkolbenseite
28.1	zweite Verstellkolbenseite
29.1	Ölversorgungskanal
30.1	Rückströmdrossel
30a.1	Rückschlagventil
30b.1	Drossel
31.1	Kanal
32.1	Steuerventil
33.1	Stellkolben
34.1	Aufnahmebohrung

35.1	Druckfeder
36.1	erste Anschlagseite
37.1	zweite Anschlagseite
38.1	erster Anschlag
39.1	zweiter Anschlag
40.1	Rücklaufkanal
41.1	Rückschlagventil
42.1	Ölkanal
43.1	Rücklaufleitung
44.1	Auslass
45.1	Ölkanal
46.1	Rückschlagventil
50.1	oberer Anschlag
51.1	Stangenführung
52.1	unterer Anschlag
53.1	erste Schnittstelle
54.1	zweite Schnittstelle
55.1	Zylindergehäuse
V_h	Hubvolumen
V_c	Kompressionsvolumen
H_c	Kompressionshöhe
H_K	Hubweg
ε	Verdichtungsverhältnis
n	Drehzahl
T	Temperatur

Patentansprüche

1. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) für einen Verbrennungsmotor (1), insbesondere einen Ottomotor, mit einem ersten Pleuelteil (17.1) und einem zweiten Pleuelteil (19.1), wobei das erste Pleuelteil (17.1) gegenüber dem zweiten Pleuelteil (19.1) bewegbar ist, und mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (18.1), um das erste Pleuelteil (17.1) relativ zum zweiten Pleuelteil (19.1) zu verstellen, wobei die Zylinder-Kolben-Einheit (18.1)
 - eine Zylinderbohrung (23.1),
 - einen in der Zylinderbohrung (23.1) längst bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1),
 - eine integral mit dem Verstellkolben (21.1) ausgebildete und über eine erste, rein mechanische Schnittstelle (53.1) der Zylinder-Kolben-Einheit (18.1) mit dem ersten Pleuelteil (17.1) verbundene Kolbenstange (22.1),
 - mindestens einen in der Zylinderbohrung (23.1) vorgesehenen ersten Druckraum (24.1) zur Aufnahme von Motoröl, der einseitig von dem bewegbaren Verstellkolben (21.1) begrenzt ist, und
 - eine als mechanische und hydraulische Schnittstelle ausgeführte zweite Schnittstelle (54.1),umfasst, wobei die Zylinderbohrung (23.1) einen integralen oberen Anschlag (50.1) für den Verstellkolben (21.1) aufweist und die Zylinderbohrung (23.1) über die zweite Schnittstelle (54.1) der Zylinder-Kolben-Einheit (18.1) mit dem zweiten Pleuelteil (19.1) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine hydraulische Schaltung (26.1) vorgesehen ist, die für einen Zu- bzw. Ablauf eines Hydraulikfluids in bzw. aus dem zumindest einen Druckraum (24.1) sorgt und somit eine Bewegung des Verstellkolbens (21.1) zulässt oder diesen arretiert.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass am zweiten Pleuelteil (19.1) ein unterer Anschlag (52.1) für den Verstellkolben (21.1) ausgebildet ist.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderbohrung (23.1) mit dem oberen Anschlag (50.1) in einem Zylindergehäuse (55.1) ausgebildet ist.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zylindergehäuse (55.1) aus einem anderen Material besteht als die übrigen Pleuelteile.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderbohrung (23.1) und/oder der Verstellkolben (21.1) beschichtet ist/sind.
6. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderbohrung (23.1) und/oder der Verstellkolben (21.1) wärmebehandelt ist/sind.
7. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zylindergehäuse (55.1) einen länglichen Querschnitt, bevorzugt einen elliptischen Querschnitt, aufweist.
8. Verfahren zur Montage einer längenverstellbaren Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte :
 - Vorsehen mindestens einer Kolbenstangendichtung und/oder mindestens eines Kolbenstangenabstreifers im Bereich der Kolbenstange (22.1) sowie mindestens einer Kolbenstangendichtung im Bereich des Verstellkolbens (21.1);
 - Einsetzen des Verstellkolbens (21.1) mit der Kolbenstange (22.1) in die Zylinderbohrung (23.1);
 - Verbinden der Kolbenstange (22.1) mit dem ersten Pleuelteil (17.1) an der ersten Schnittstelle (53.1);

- Verbinden der Zylinderbohrung (23.1) mit dem zweiten Pleuelteil (19.1) an der zweiten Schnittstelle (54.1).
- 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Zylinder-Kolben-Einheit (18.1) eine Verdrehsicherung montiert wird.
- 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Funktionsprüfung der Zylinder-Kolben-Einheit (18.1) durchgeführt wird.
- 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbinden der Pleuelstange (22.1) mit dem ersten Pleuelteil (17.1) sowie das Verbinden der Zylinderbohrung (23.1) mit dem zweiten Pleuelteil (19.1) mittels Einschrauben, Einpressen, Aufschrumpfen mittels Temperaturdifferenz, Kleben, Schweißen oder Löten erfolgt.
- 12. Verwendung einer längenverstellbaren Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 in einem Verbrennungsmotor (1) mit mindestens einem Pleuelteil (3.1, 3.2, 3.3).
- 13. Verbrennungsmotor (1) mit mindestens einem Pleuelteil (3.1, 3.2, 3.3) und mit zumindest einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in einem Zylinder (2.1, 2.2, 2.3) und einer mit dem Pleuelteil (3.1, 3.2, 3.3) verbundenen Pleuelstange (6.1, 6.2, 6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.
- 14. Verbrennungsmotor nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Steuertrieb mit mindestens einer Steuerkette (12), einer Spann- und/oder Führungsschiene (15) und/oder einem Kettenspanner (16) vorgesehen ist oder sind, der die Pleuelstange (4) mit mindestens einer Pleuelstange (14) verbindet.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

2/4

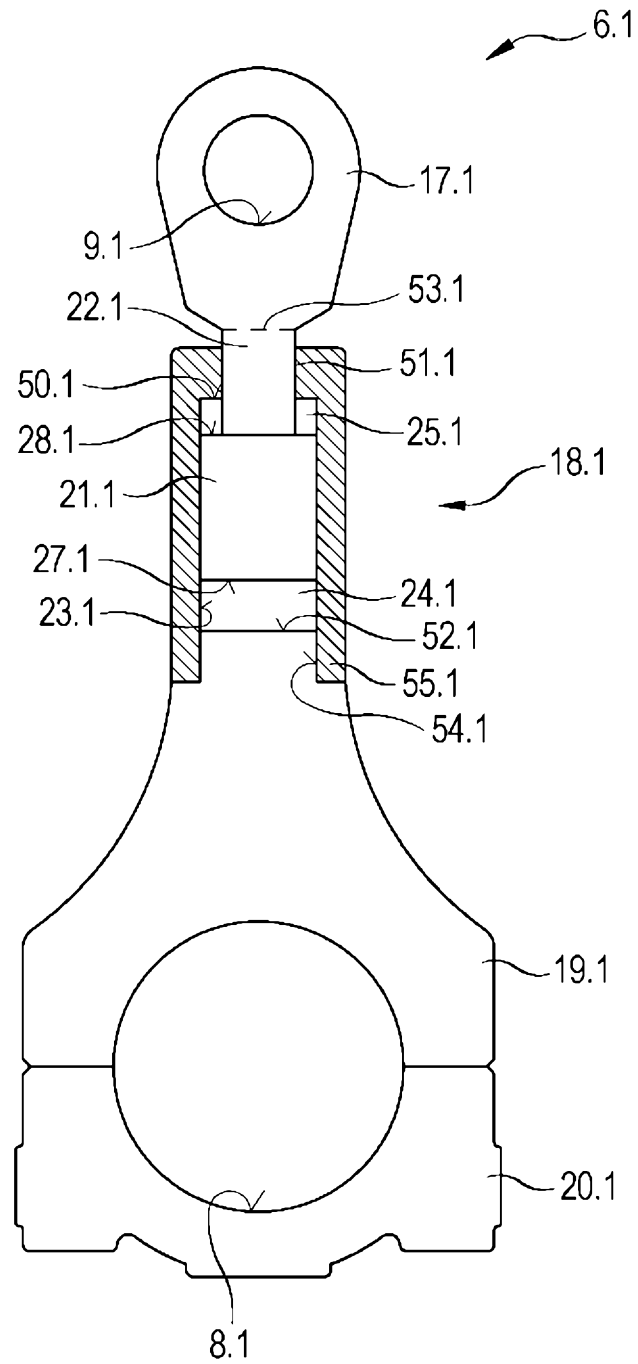


Fig. 2

3/4

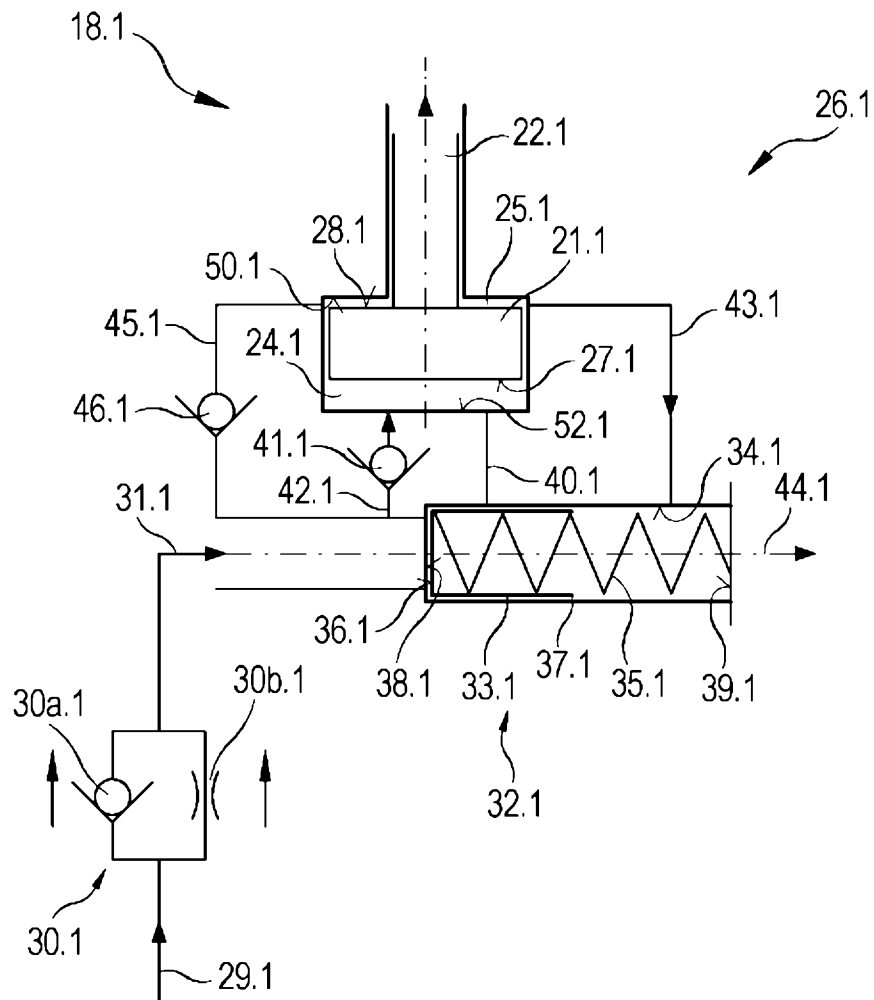


Fig. 3

4/4

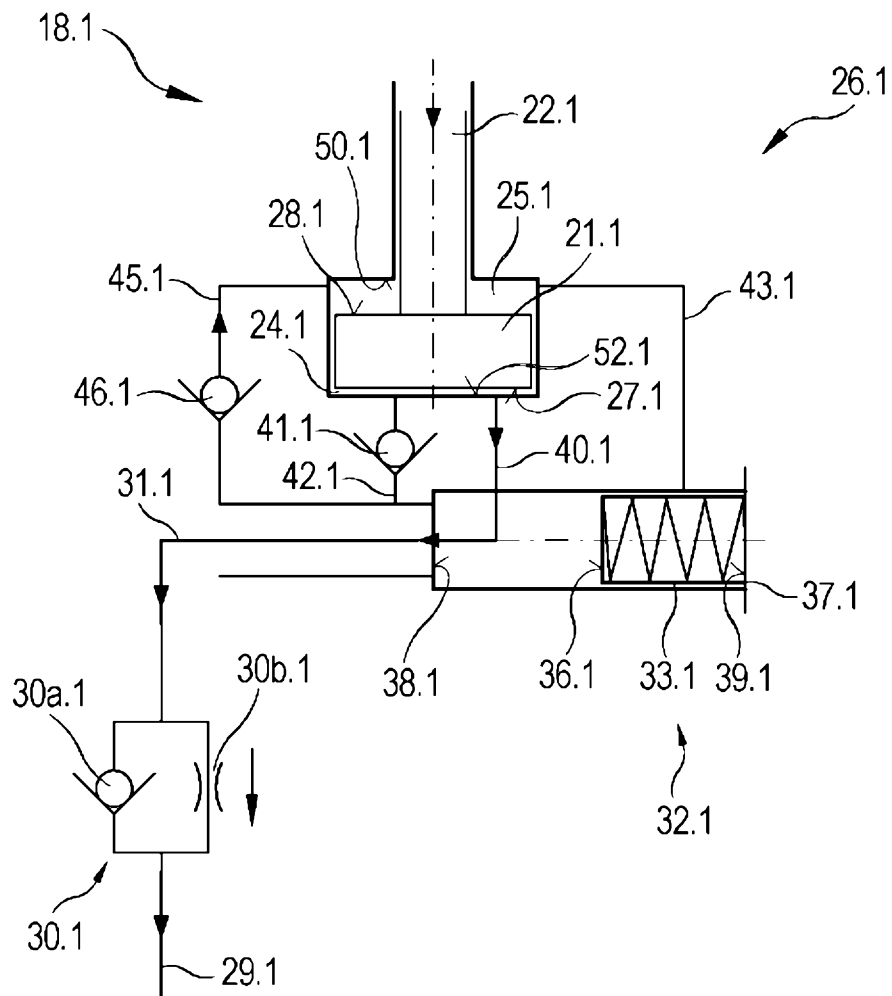


Fig. 4