

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50917/2017 (51) Int. Cl.: **F16C 7/06** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 03.11.2017 **F02B 75/04** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2019 **F16J 15/32** (2016.01)

(30) Priorität:
03.11.2016 DE 102016120970.8 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
FR 3043740 A1
US 2757947 A

(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 Zóltan
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) Längenverstellbare Pleuelstange mit Zylinder-Kolben-Einheit mit Spaltdichtung und dehnbarem Kolbenkragen

(57) Die Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) für einen Verbrennungsmotor (1), 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 eine Zylinderbohrung (22.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1), mindestens einen in der Zylinderbohrung (22.1) vorgesehenen Druckraum (24.1) und eine zwischen der Außenwandung (39.1) des Verstellkolbens (21.1) und der Innenwandung (38.1) der Zylinderbohrung (22.1) angeordnete Dichtungseinrichtung (23.1). Die Dichtungseinrichtung (23.1) ist dabei als Spaltdichtung (33.1) mit einem dehnbaren Kolbenkragen (34.1) ausgebildet, wobei der dehnbare Kolbenkragen (34.1) an der dem Druckraum (24.1) zugewandten Seite der Außenwandung (39.1) des Verstellkolbens (21.1) ausgebildet ist. Der dehnbare Kolbenkragen (34.1) verringert bei einer Aktivierung den Spalt der Spaltdichtung (33.1) und verbessert dadurch die

Dichtwirkung dieser berührungslosen Dichtungseinrichtung (23.1). Weiter betrifft die Erfindung einen Verbrennungsmotor (1) mit einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange (6.1) sowie die Verwendung einer Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) für eine längenverstellbare Pleuelstange (6.1) eines Verbrennungsmotors (1).

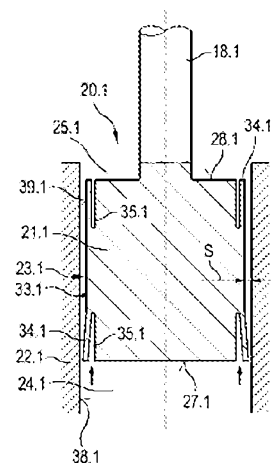


Fig. 4

Beschreibung

LÄNGENVERSTELLBARE PLEUELSTANGE MIT ZYLINDER-KOLBEN-EINHEIT MIT SPALTDICHTUNG UND DEHNBAREM KOLBENKRAGEN

[0001] 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, die Zylinder-Kolben-Einheit umfasst eine Zylinderbohrung, einen in der Zylinderbohrung längs bewegbar angeordneten Verstellkolben, mindestens einen in der Zylinderbohrung vorgesehenen Druckraum und einer zwischen einer Außenwandung des Verstellkolbens und einer Innenwandung der Zylinderbohrung angeordneten Dichtungseinrichtung. 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.

[0002] Der thermische Wirkungsgrad eines Verbrennungsmotors, insbesondere von Ottomotoren, ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis ε , d.h. dem Verhältnis vom Gesamtvolumen vor der Verdichtung zum Kompressionsvolumen ($\varepsilon = (\text{Hubvolumen } V_h + \text{Kompressionsvolumen } V_c) / \text{Kompressionsvolumen } V_c$). 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 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.

[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.

[0005] 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.

[0006] 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.

[0007] 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 mechani-

gungsdruck angesteuert.

[0013] 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.

[0014] 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 Innendrücke bei einer Zylinder-Kolben-Einheit ist die Dauerfestigkeit der verwendeten Werkstoffe problematisch, aber auch die Konstruktion der Komponenten im Hinblick auf den geringen Bauraum.

[0015] Ein weiterer Aspekt einer längenverstellbaren Pleuelstange mit einer Zylinder-Kolben-Einheit für den Einsatz in einem Verbrennungsmotor ist, dass der hydraulische Verstellmechanismus üblicherweise von dem Motoröl des Verbrennungsmotors gespeist wird, dessen Viskosität nicht nur mit der Betriebstemperatur sondern auch mit zunehmender Betriebsdauer abnimmt und in dem schädliche Partikel in den Verstellmechanismus des Pleuels eingetragen werden. Neben Rußpartikeln, die bei der Verbrennung im Motor entstehen können, werden über das Motoröl auch Gussrestpartikel oder Späne aus der Herstellung und Bearbeitung des Motors transportiert. Unabhängig von einer Viskositätsabnahme des Motoröls sowie den durch das Motoröl in den Verstellmechanismus transportierten Partikeln, muss der Verstellmechanismus einer längenverstellbaren Pleuelstange auf Dauer funktionsfähig bleiben.

[0016] Im Hinblick auf die extremen Druckdifferenzen in den Druckräumen einer Zylinder-Kolben-Einheit für eine längenverstellbare Pleuelstange von deutlich über 1.000 bar und dem Einfluss der Kraftübertragung über die Pleuelstange an die Kurbelwelle auf die Leistung des Verbrennungsmotors, werden in herkömmlichen längenverstellbaren Pleuelstangen hochwertige berührende Dichtungseinrichtungen oder konstruktiv ausgebildete Dichtungen eingesetzt. Eine Leckage aus dem jeweils gesperrten Druckraum führt zu einem Einrücken des Verstellkolbens in den jeweiligen Druckraum, wodurch ein Arbeitsbetrag entsprechend der Kraft auf den Verstellkolben und dem Weg des Verstellkolbens dissipiert wird, was zum Leistungsverlust des Verbrennungsmotors führt. Dieser Leistungsverlust ist entsprechend den jeweiligen Konstruktionen der Zylinder-Kolben-Einheiten von dem verbesserten thermischen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors durch ein variables Verdichtungsverhältnis abzuziehen. In herkömmlichen längenverstellbaren Pleuelstangen mit einer Zylinder-Kolben-Einheit werden als Dichtungseinrichtungen einfache Spaltdichtungen oder Kolbendichtungen verwendet. Während Spaltdichtungen konstruktionsbedingt eine gewisse Leckage aufweisen, können Kolbendichtungen als berührende Dichtungseinrichtungen eine Leckage nahezu vermeiden. Die Vorteile von Spaltdichtungen sind die einfache Montage, aufgrund der geringeren Bauteilanzahl und ein geringerer Bauraum der Zylinder-Kolben-Einheit. Demgegenüber verursacht die systemimmanente Leckage bei Spaltdichtungen neben einem Leistungsverlust auch eine Erwärmung des Systems. Hohe Temperaturen in der längenverstellbaren Pleuelstange könnten neben einer verstärkten Alterung des Motoröls zu Schäden an der Hydraulikmittelversorgung und zu Problemen an weiteren Bauteilen der längenverstellbaren Pleuelstange aufgrund thermischer Ausdehnungen führen.

[0017] Obwohl in vielen Bereichen der Technik Kolbenhubmaschinen hinlänglich bekannt sind und im Bereich der Automobilindustrie Hubkolben-Motoren beständig optimiert, verbessert und weiterentwickelt werden, ist die Dichtungssituation bei Zylinder-Kolben-Einheiten längenverstellbarer Pleuelstangen trotz umfangreicher Entwicklungs- und Forschungsarbeiten weiterhin unbefriedigend, insbesondere im Hinblick auf die notwendige Lebensdauer längenverstellbarer Pleuelstangen gegenüber der gesamten Laufzeit von Verbrennungsmotoren. Im Gegensatz zu herkömmlichen Hubkolbenmaschinen unterliegen berührende Kolbendichtungen in einer Zylinder-Kolben-Einheit längenverstellbarer Pleuelstangen zusätzlich zum Verschleiß durch die metallische Berührung einer erhöhten Belastung durch den geringen zur Verfügung stehenden

Bauraum, die extreme Temperaturbelastung durch extrem hohe Drücke und wechselnden Kraftrichtungen sowie die Verschmutzung des Motoröls mit Rußpartikeln und Spänen. Dies führt zu einem schnellen Verschleiß der Kolbendichtungen und Riefenbildungen in den Wandungen der Zylinder-Kolben-Einheit und schlussendlich zu einem Versagen der Dichtungseinrichtung und Leistungsverlust des Verbrennungsmotors. Entsprechend werden in neueren Entwicklungen längenverstellbarer Pleuelstangen bevorzugt Spaltdichtungen eingesetzt, die zumindest den Vorteil einer geringeren Bauteilanzahl und eines geringen Bauraums ermöglichen. Funktional unterliegen Spaltdichtungen in Zylinder-Kolben-Einheiten längenverstellbarer Pleuelstangen auch einem Verschleiß, da der Spalt zwischen Zylinder und Verstellkolben zur Erzielung einer für die extreme Druckdifferenz ausreichende Dichtwirkung verhältnismäßig klein gewählt werden muss, so dass sich Rußpartikel und Späne zwischen der Zylinderwandung und dem Kolbenmantel verklemmen können, was zu starken Beschädigungen an den Oberflächen und letztlich zu einem Verschleiß und Ausfall der Zylinder-Kolben-Einheit führen kann.

[0018] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine längenverstellbare Pleuelstange mit einer Zylinder-Kolben-Einheit mit einer verbesserten Dichtungseinrichtung bereitzustellen, die trotz hoher Druckdifferenzen, geringem Bauraum, hohen Temperaturbelastungen und Verschmutzungen des Motoröls eine verbesserten dauerhafte Dichtwirkung ermöglicht.

[0019] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Dichtungseinrichtung als Spaltdichtung mit einem dehnbaren Kolbenkragen ausgebildet ist, wobei der dehnbare Kolbenkragen an der dem Druckraum zugewandten Seite der Außenwandung des Verstellkolbens ausgebildet ist. Der dehnbare Kolbenkragen verringert bei einer Aktivierung den Spalt der Spaltdichtung und verbessert dadurch die Dichtwirkung dieser berührungslosen Dichtungseinrichtung. Durch das Vorsehen eines dehnbaren Kolbenkragens kann auch bei einer derart klein dimensionierten Zylinder-Kolben-Einheit und den hohen Systemdrücken ein relativ großes Spaltmaß der Spaltdichtung verwendet werden, so dass sich im Motoröl vorhandene Partikel, beispielsweise Rußpartikel und Späne, aus dem Spalt der Spaltdichtung leicht ausgespült werden können. Auf diese Weise werden trotz einer guten Dichtwirkung der Dichtungseinrichtung die Beschädigungen an der Außenwandung des Verstellkolbens und der Innenwandung der Zylinderbohrung durch im Motoröl vorhandene Partikel weitgehend vermieden und ein Verklemmen des Verstellkolbens verhindert.

[0020] 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.

[0021] Eine zweckmäßige Ausbildung sieht vor, dass der dehnbare Kolbenkragen hydraulisch betätigbar ist, bevorzugt von dem im Druckraum aufgenommenen Motoröl hydraulisch betätigbar ist. Die hydraulische Betätigung des dehnbaren Kolbenkragens, insbesondere von dem im Druckraum vorhandenen, unter Druck stehenden Motoröl, vermeidet eine anderweitige komplexe, mechanische oder elektromechanische Ansteuerung des dehnbaren Kolbenkragens.

[0022] Bevorzugt kann der Verstellkolben eine den Druckraum begrenzende Stirnseite aufweisen und der dehnbare Kolbenkragen von mindestens einer in der Stirnseite vorgesehenen Tasche ausgebildet sein. Das Vorsehen von Taschen in der Stirnseite des Verstellkolbens kann relativ einfach während des Herstellverfahrens des Verstellkolbens umgesetzt werden. Das im Druckraum vorhandene Motoröl dringt in die Taschen an der Stirnseite ein und drückt den als Kolbenkragen ausgebildeten Rand der Außenwandung in Richtung der Innenwandung der Zylinderbohrung und reduziert den Spalt der Spaltdichtung zwischen Außenwandung des Verstellkolbens und der Innenwandung der Zylinderbohrung, so dass sich bei einer Druckbeaufschlagung des dehnbaren Kolbenkragens durch das im Druckraum vorhandene Motoröl der Spalt der Spaltdichtung verengt. Dabei ist es von Vorteil, wenn die an der Stirnseite vorgesehenen Taschen jeweils als schmale, tiefe und ringabschnittsförmige Einstiche ausgebildet sind,

um das kompressible Ölvolumen im Druckraum nicht übermäßig zu vergrößern und einen möglichen negativen Einfluss durch das Absinken des Verstellkolbens bei einer Druckbeaufschlagung durch die längenverstellbare Pleuelstange zu vermeiden. Alternativ kann der dehnbare Kolbenkragen auch von einer die Stirnseite umgebenden Hülse ausgebildet sein. Eine solche, bevorzugt dünnwandige und lange Hülse, die an der Außenwandung des Verstellkolbens im Bereich der Stirnseite zum Druckraum angeordnet ist, ermöglicht gute Dehnbarkeit des Kolbenkragens und damit auch einen sehr geringen Spalt zwischen Verstellkolben und Innenwandung der Zylinderbohrung. Auch weitere konstruktive Lösungen zur Ausbildung des dehnbaren Kolbenkragens sind denkbar, wobei eine gute Formänderungsmöglichkeit des dehnbaren Kolbenkragens zur Erzielung eines möglichst geringen Spaltmaßes der Spaltdichtung bei einer geringstmöglichen Zunahme des Motorölvolumens des Druckraums berücksichtigt werden muss.

[0023] Eine besondere Ausführungsform sieht vor, dass der Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit als zweiseitig wirkender Verstellkolben ausgebildet ist, wobei der in der Zylinderbohrung längs bewegbar angeordnete Verstellkolben einen ersten Druckraum und einen zweiten Druckraum zur Aufnahme von Motoröl ausbildet und jeweils einseitig 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. Dabei kann der Verstellkolben an den Stirnseiten, die den ersten Druckraum und den zweiten Druckraum begrenzen, jeweils einen dehnbaren Kolbenkragen aufweisen. Dadurch wird eine hydraulische Betätigung des dehnbaren Kolbenkragens durch das in dem Druckraum aufgenommene Motoröl ermöglicht.

[0024] Eine sinnvolle Ausgestaltung sieht vor, dass die Spaltdichtung zwischen der Außenwandung des Verstellkolbens und der Innenwandung der Zylinderbohrung ein Spaltmaß von mindestens 30 μm , bevorzugt von mindestens 50 μm , aufweist. Beim Durchmesser des Verstellkolbens einer Zylinder-Kolben-Einheit einer längenverstellbaren Pleuelstange von ca. 12 bis 18 mm, maximal 20 mm, ermöglicht ein derart großes Spaltmaß, d.h. des durchschnittlichen Abstands der umlaufenden Spaltdichtung zwischen Außenwandung des Verstellkolbens und Innenwandung der Zylinderbohrung, bei einem nicht aktiven Kolbenkragen, beispielsweise bei einem Wechsel zwischen hohem und niedrigem Verdichtungsverhältnis, ein einfaches Ausspülen von Partikeln, die aus dem Motoröl kommend in den Spalt der Spaltdichtung gelangt sind und sich dort möglicherweise auch verklemmt haben.

[0025] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass der dehnbare Kolbenkragen zwischen der Außenwandung des Verstellkolbens und der Innenwandung der Zylinderbohrung ein Spaltmaß von höchstens 10 μm , bevorzugt von höchstens 5 μm , aufweist. Ein derart geringes Spaltmaß der Spaltdichtung im Bereich des aktivierten dehnbaren Kolbenkragens ermöglicht im Vergleich zu herkömmlichen längenverstellbaren Pleuelstangen mit berührungslosen Dichtungseinrichtungen von Zylinder-Kolben-Einheiten, eine deutliche Verbesserung der Dichtwirkung und entsprechend der Leistung des Verbrennungsmotors durch die Begrenzung des Absinkens des Verstellkolbens in den Druckraum.

[0026] 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.

[0027] Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung einer Zylinder-Kolben-Einheit mit einer Dichtungseinrichtung für eine längenverstellbaren Pleuelstange eines Verbrennungsmotors mit einem ersten Pleuelteil und einem zweiten Pleuelteil, die mittels der Zylinder-Kolben-Einheit verstellbar sind, die Zylinder-Kolben-Einheit umfasst eine Zylinderbohrung,

einen in der Zylinderbohrung längs bewegbar angeordneten Verstellkolben, mindestens einen in der Zylinderbohrung vorgesehenen Druckraum und die zwischen der Außenwandung des Verstellkolbens und der Innenwandung der Zylinderbohrung angeordnete Dichtungseinrichtung, wobei die Dichtungseinrichtung als Spaltdichtung mit einem dehnbaren Kolbenkragen ausgebildet ist, und der dehnbare Kolbenkragen an der dem Druckraum zugewandten Seite der Außenwandung des Verstellkolbens ausgebildet ist. Der Einsatz einer mittels Motoröl des Verbrennungsmotors hydraulisch verstellbaren Zylinder-Kolben-Einheit für eine längenverstellbare Pleuelstange mit einer als Spaltdichtung mit dehnbarem Kolbenkragen ausgebildeten Dichtungseinrichtung, ermöglicht trotz der sehr kleinen Abmessung der Zylinder-Kolben-Einheit und des extrem hohen Systemdrucks die Verwendung eines relativ großen Spaltmaßes der Spaltdichtung, um Rußpartikel und Späne aus dem Motoröl ausspülen zu können, und trotzdem eine für den hohen Systemdruck notwendige Dichtwirkung zu erzielen, um bei einer Belastung ein Einrücken des Verstellkolbens in den Druckraum und einen entsprechenden Leistungsverlust zu vermeiden. 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 dem mindestens einen Druckraum vorhandene Motoröl arretiert wird. In den Zylinder-Kolben-Einheiten herkömmlicher längenverstellbarer Pleuelstangen werden entweder Spaltdichtungen mit einem mittleren Spaltmaß eingesetzt, um den Leistungsverlust bei einem Einrücken des Verstellkolbens in den Druckraum in Grenzen zu halten und gleichzeitig ein Verklemmen der vom Motoröl eingetragenen Partikel und entsprechende Beschädigungen an den Oberflächen der Außenwandung des Verstellkolbens und der Innenwandung der Zylinderbohrung zu vermeiden. Alternativ sind auch berührende Dichtungen, wie Kolbendichtungen, bekannt, die durch die größere Bauteilanzahl und die aufwändigere Montage kostenintensiver sind und einen größeren Bauraum erfordern, aber eine Leckage sicher verhindern, jedoch wegen den im Motoröl vorhandenen Partikeln und den im Bereich der Dichtungseinrichtung auftretenden Schäden eine geringere Betriebssicherheit und Lebensdauer aufweisen.

[0028] 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 und bis zu 20 % betragen, 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 Aktivierung des dehnbaren Kolbenkragens zur Anwendung kommen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Motoröl Rußpartikel und Späne vorhanden sind, die eine Unempfindlichkeit der Dichtungseinrichtung erfordern. Je größer das freie Spaltmaß der Spaltdichtung ist, desto eher kann ein sicherer Betrieb der Zylinder-Kolben-Einheit gewährleistet werden. Darüber hinaus kann auch der Verstellmechanismus der längenverstellbaren Pleuelstange mittels des unter Druck stehenden Motoröls angesteuert werden.

[0029] Eine weitere Modifikation sieht vor, dass der Systemdruck des Motoröls im 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.

[0030] Gemäß einer Weiterbildung können ein Steuertrieb mit mindestens einer Steuerkette, einer Spann- und/oder Führungsschiene, und/oder einem Kettenspanner vorgesehen sein, der die Pleuelstange mit der mindestens einen Pleuelstange des Verbrennungsmotors verbindet. Der Steuertrieb ist insofern wichtig, weil dieser maßgeblichen Einfluss auf die dynamische Belas-

tung 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.

[0031] Im Folgenden wird eine Ausführungsform anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- [0032]** Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch einen Verbrennungsmotor,
- [0033]** Fig. 2 eine schematische Darstellung der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 in teilweiser geschnittener Darstellung,
- [0034]** Fig. 3 eine Schnittansicht einer ersten Ausführungsform eines Verstellkolbens der Zylinder-Kolben-Einheit aus Fig. 2,
- [0035]** Fig. 4 eine Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform eines Verstellkolbens der Zylinder-Kolben-Einheit aus Fig. 2, und
- [0036]** Fig. 5 eine Schnittansicht einer dritten Ausführungsform eines Verstellkolbens der Zylinder-Kolben-Einheit aus Fig. 2.

[0037] 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 Durchmesser der kleinen Pleuelaugen 9.1, 9.2 und 9.3 kleiner, gleich groß oder größer als die Durchmesser der großen Pleuelaugen 8.1, 8.2 und 8.3 sein.

[0038] Die Pleuelstange 4 ist mit einem Pleuelwellenkettenrad 11 versehen und mittels einer Steuerkette 12 mit einem Pleuelwellenkettenrad 13 gekoppelt. Das Pleuelwellenkettenrad 13 treibt eine Pleuelwelle 14 mit ihren zugehörigen Pleuelnocken zur Betätigung der Ein- und Auslassventile (nicht näher dargestellt) eines jeden Zylinders 2.1, 2.2 und 2.3 an. Das Pleueltrum der Steuerkette 12 wird mittels einer schwenkbar angeordneten Pleuelstange 15 gespannt, die mittels eines Pleuelspanners 16 an diese angebracht wird. Das Pleueltrum 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 Pleuelwellenzapfen 7.1, 7.2 und 7.3 gibt maßgeblich den Pleuelweg H_K vor, insbesondere wenn, wie im vorliegenden Fall, die Pleuelstange 4 exakt zentrisch unter den Zylindern 2.1, 2.2 und 2.3 angeordnet ist. Der Pleuelkolben 3.1 ist in Fig. 1 in seiner untersten Stellung dargestellt, während der Pleuelkolben 3.2 in seiner obersten Stellung dargestellt ist. Die Differenz ergibt im vorliegenden Fall den Pleuelweg H_K . Die verbleibende Höhe H_C (siehe Zylinder 2.2) ergibt die verbleibende Pleuelhöhe im Zylinder 2.2. In Verbindung mit dem Durchmesser des Pleuelkolbens 3.1, 3.2 oder 3.3 bzw. der zugehörigen Zylinder 2.1, 2.2 und 2.3 ergibt sich aus dem Pleuelweg H_K das Pleuelvolumen V_h und aus der verbleibenden Pleuelhöhe H_C errechnet sich das Pleuelkompressionsvolumen V_c . Selbstverständlich hängt das Pleuelkompressionsvolumen V_c maßgeblich von der Gestaltung des Pleueldeckels ab. Aus diesen Pleuelvolumen V_h und V_c ergibt sich das Pleuelverdichtungsverhältnis 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.

[0039] Damit in Abhängigkeit vom Betriebspunkt (Drehzahl n , Temperatur T , Drosselklappeneinstellung) 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.

[0040] 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 angeordnet, die zusammen mit dem unteren Bereich des zweiten Pleuelteils 19.1 das große Pleuelauge 8.1 umgibt. Die untere Lagerschale und das zweite Pleuelteil 19.1 werden in üblicher Weise mittels Befestigungsmitteln miteinander verbunden. Das untere Ende des ersten Pleuelteils 18.1 ist mit dem Verstellkolben 21.1 verbunden, der in der Zylinderbohrung 22.1 des zweiten Pleuelteils 19.1 verschiebbar geführt ist. Am oberen Ende weist das zweite Pleuelteil 19.1 einen Deckel 19a.1 auf, durch den das erste Pleuelteil 18.1 hindurch geführt 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. Der Verstellkolben 21.1 und die Zylinderbohrung 22.1 sind Bestandteil eines Verstellmechanismus zur Veränderung der Pleuelstangenlänge. Zu dem Verstellmechanismus gehört auch eine unten näher beschriebene hydraulische Schaltung 26.1, die entsprechend für einen Zu- bzw. Ablauf des Hydraulikfluids 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.

[0041] 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 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.

[0042] Im Folgenden wird anhand der Fig. 2 die in der Pleuelstange 6.1 verwendete hydraulische Schaltung 26.1 näher erläutert. Der Verstellkolben 21.1 der Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 ist als Stufenkolben ausgebildet. Unter einem Stufenkolben wird im Allgemeinen ein zweiseitig wirkender Kolben mit unterschiedlich großen Wirkflächen verstanden. Eine erste Stirnseite 27.1 ist kreisförmig ausgestaltet und dem ersten Druckraum 24.1 zugeordnet. Eine zweite Stirnseite 28.1 ist kreisringförmig ausgestaltet und dem zweiten Druckraum 25.1 zugeordnet. Die hydraulische Schaltung 26.1 wird mit Motoröl betrieben. Hierzu steht ein Ölversorgungskanal 29.1 mit dem großen Pleuelauge 8.1 in Verbindung, wodurch Motoröl der hydraulischen Schaltung 26.1 zugeführt werden kann oder gegebenenfalls aus dieser abfließt. Anschließend an den Ölversorgungskanal 29.1 ist eine Rückströmdrossel 30.1 mit einem Rückschlagventil und einer parallel dazu geschalteten Drossel vorgesehen. Von der Rückströmdrossel 30.1 aus gelangt das Motoröl über den Kanal 31.1 zu einem Steuerventil 32.1. Das Steuerventil 32.1 umfasst

einen Stellkolben 32a.1, der gegen eine Druckfeder 32b.1 verschiebbar geführt ist.

[0043] Aus dem ersten Druckraum 24.1 führt ein Rücklaufkanal 40.1 zum Steuerventil 32.1. Ein durch ein Rückschlagventil 41.1 absperrbarer 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. 2 gezeigten Stellung des Stellkolbens 32a.1 verschlossen. Öl aus dem ersten Druckraum 24.1 kann aufgrund des geschlossenen Rückschlagventils 41.1 nicht entweichen. Der Verstellkolben 21.1 fährt oder ist in der finalen ausgefahrenen oberen Stellung und ist dort hydraulisch gesperrt. Hierdurch befindet sich die Pleuelstange 6.1 in ihrer längeren Stellung. Aus dem zweiten Druckraum 25.1 führt eine Rücklaufleitung 43.1 zum Steuerventil 32.1. In der in Fig. 2 dargestellten Stellung des Steuerventils 32.1 kann Motoröl aus dem zweiten Druckraum 25.1 über die Rücklaufleitung 43.1 und das Steuerventil 32.1 sowie 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 weiteres Rückschlagventil 46.1 angeordnet.

[0044] Wird aber nunmehr der Druck des in die hydraulische Schaltung 26.1 einströmenden Motoröls über die Ölpumpe des Verbrennungsmotors erhöht, kommt es zu einem Verschieben des Stellkolbens 32a.1 im Steuerventil 32.1 entgegen der Kraft der Druckfeder 32b.1. Hierdurch wird der erste Rücklaufkanal 40.1 geöffnet und das Motoröl kann aus dem ersten Druckraum 24.1 über den Kanal 31.1 und die Rückstromdrossel 30.1 abfließen. Hierdurch sinkt der Verstellkolben 21.1 ab. 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 anliegt, ist der Verstellkolben 21.1 in dieser Stellung hydraulisch arretiert, solange ein ausreichender Druck am Steuerventil 32.1 anliegt, und die Pleuelstange 6.1 nimmt ihre kurze Stellung ein. Diese eingefahrene Stellung ist vorteilhaft bei Volllast, wohingegen die ausgefahrene Stellung entsprechend Fig. 2 für den Teil- und Niedriglastbetrieb vorteilhaft ist.

[0045] Hinsichtlich der weiteren Wirkungs- und Funktionsweise wird ergänzend auf die WO 2015/055582 A2 verwiesen, die den hier gezeigten Verstellmechanismus und Varianten hierzu im Detail beschreibt, die ebenfalls Anwendung finden können.

[0046] Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht der Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 der längenverstellbaren Pleuelstange 6.1 aus Fig. 2 mit einem zweistufigen Verstellkolben 21.1, der in der Zylinderbohrung 22.1 längs beweglich verschiebbar ist. Die zwischen der Innenwandung 38.1 der Zylinderbohrung 22.1 und der Außenwandung 39.1 des Verstellkolbens 21.1 vorgesehene Dichtungseinrichtung 23.1 ist als Spaltdichtung 33.1 mit einem dehnbaren Kolbenkragens 34.1 ausgebildet, wobei das Spaltmaß S der Spaltdichtung 33.1 an der unten dargestellten ersten Stirnseite 27.1 und der zweiten Stirnseite 28.1 des Verstellkolbens 21.1 abhängig ist von der Aktivierung des dehnbaren Kolbenkragens 34.1 an der Außenwandung 38.1 des Verstellkolbens 21.1 im Bereich der ersten Stirnseite 27.1 bzw. der zweiten Stirnseite 28.1. Während das Spaltmaß S bei einem typischen Verstellkolben 21.1 einer Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 für eine teleskopierbare Pleuelstange 6.1 mit einem Durchmesser zwischen 12 und 20 mm mindestens $30\ \mu\text{m}$ beträgt, reduziert ein dehnbare Kolbenkragen 34.1 das Spaltmaß S im Bereich des dehnbaren Kolbenkragens 34.1 auf unter $10\ \mu\text{m}$, so dass die Spaltdichtung 33.1 das im Druckraum 24.1 bzw. 25.1 vorhandene Motoröl daran hindert durch die Spaltdichtung 33.1 hindurch zu strömen, um so ein Absinken des Verstellkolbens 21.1 bei einer Druckbeaufschlagung durch die längenverstellbare Pleuelstange 6.1 zu verhindern. In der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform des Verstellkolbens 21.1 ist der dehnbare Kolbenkragen 34.1 als ringförmiger Fortsatz einteilig mit dem Körper des Verstellkolbens 21.1 ausgebildet. Bei einer Druckbeaufschlagung durch das im ersten Druckraum 24.1 befindliche Motoröl (entsprechend der in Fig. 3 dargestellten Pfeile) wird der dehnbare Kolbenkragen 34.1 in Richtung der Zylinderbohrung 22.1 gedrückt, so dass sich in diesem Bereich das Spaltmaß S der Spaltdichtung 33.1 verringert. Bei einem Wechsel der Druckbeaufschlagung entspannt sich der dehnbare Kolbenkragen 34.1 wieder und das im ersten Druckraum 24.1 vorhandene unter hohem Systemdruck stehende Motoröl strömt zumindest teilweise durch die Spaltdichtung 33.1 in den zweiten Druckraum 25.1 und spült die in dem Spalt vorhandenen Partikel aus dem Motoröl aus der Spaltdichtung 33.1 heraus. Beim Wechsel

zu einer zusammengedrückten Pleuelstange 6.1 wird der zweite Druckraum 25.1 über das Steuerventil 32.1 mit Motoröl gefüllt und der an der zweiten Stirnseite 28.1 vorgesehene dehnbare Kolbenkragen 34.1 wird über die in dem Druckraum 25.1 wirkende hydraulische Kraft des Motoröls nach außen gedrückt und verengt das Spaltmaß S der Spaltdichtung 33.1 in diesem bidirektional wirkenden Verstellkolben 21.1.

[0047] Eine zweite Ausführungsform eines Verstellkolbens 21.1 der Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 der längenverstellbaren Pleuelstange 6.1 ist in Fig. 4 gezeigt. Dieser wiederum bidirektional wirkende Verstellkolben 21.1 weist sowohl an der ersten Stirnseite 27.1 als auch an der zweiten Stirnseite 28.1 einen dehnbaren Kolbenkragen 34.1 auf. Der dehnbare Kolbenkragen 34.1 ist entsprechend der Ausführungsform des Verstellkolbens 21.1 in Fig. 3 einteilig mit dem Verstellkolben 21.1 an dessen Außenwandung 39.1 ausgebildet, wobei dieser Verstellkolben 21.1 lediglich mittels einer umlaufenden Tasche 35.1 in der ersten Stirnseite 27.1 bzw. der zweiten Stirnseite 28.1 von dem dehnbaren Kolbenkragen 34.1 getrennt ist. Die Taschen 35.1 an der ersten Stirnseite 27.1 und der zweiten Stirnseite 28.1 können bei der Herstellung einfach als schmale, tiefe und ringförmige oder ringabschnittsförmige Einstiche eingearbeitet werden. Im Gegensatz zu dem in der Fig. 3 gezeigten wannenförmigen Zwischenraum des dehnbaren Kolbenkragens 34.1 begrenzen die an der ersten Stirnseite 27.1 und der zweiten Stirnseite 28.1 vorgesehenen Taschen 35.1 eine Vergrößerung des Motorölvolumens im ersten Druckraum 24.1 bzw. dem zweiten Druckraum 25.1. Die Begrenzung des kompressiblen Motorölvolumens im ersten Druckraum 24.1 und dem zweiten Druckraum 25.1 vermeidet einen negativen Einfluss des Motorölvolumens auf das Absinken des Verstellkolbens 21.1 in den ersten Druckraum 24.1 bzw. den zweiten Druckraum 25.1.

[0048] In der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform des Verstellkolbens 21.1 drückt das Motoröl aus dem ersten Druckraum 24.1 entsprechend der Pfeilrichtung in die ringförmige Tasche 35.1 an der ersten Stirnseite 27.1 und drückt den dehnbaren Kolbenkragen 34.1 in Richtung der Zylinderbohrung 22.1, so dass sich das Spaltmaß S der Spaltdichtung 33.1 reduziert und die Dichtwirkung gegen einen Leakagestrom durch die Spaltdichtung 33.1 aus dem ersten Druckraum 24.1 reduziert wird und die längenverstellbare Pleuelstange 6.1 in der ausgefahrenen Position gehalten wird, trotz eines Systemdrucks in der ersten Druckraum 24.1 von bis zu 3.000 bar.

[0049] In Fig. 5 ist eine weitere Ausführungsform eines Verstellkolbens 21.1 der Zylinder-Kolben-Einheit der Pleuelstange 6.1 aus Fig. 2 in einer Schnittansicht gezeigt. Dieser Verstellkolben 21.1 ist lediglich einseitig mit einem dehnbaren Kolbenkragen 34.1 ausgebildet und wird bevorzugt in einer einseitig wirkenden Zylinder-Kolben-Einheit 20.1 eingesetzt. Dabei ist der dehnbare Kolbenkragen 34.1 als dünne Hülse 36.1 ausgebildet, die separat vom Verstellkolben 21.1 hergestellt ist und bevorzugt auf eine Stufe 37.1 im Verstellkolben 21.1 fixiert ist und einen Teil der Außenwandung 39.1 des Verstellkolbens 21.1 ausbildet. Zwischen der dünnwandigen Hülse 36.1 und dem Verstellkolben 21.1 ist zwischen der Stufe 37.1 und der ersten Stirnseite 27.1 wieder eine umlaufende schmale ringförmige Tasche 35.1 oder mehrere Abschnitte der Tasche 35.1 ausgebildet, die ein Einströmen des Motoröls aus dem ersten Druckraum 24.1 und damit ein zumindest bereichsweises Aufdehnen des als Hülse 26.1 ausgebildeten dehnbaren Kolbenkragens 34.1 ermöglicht. Auch hier wird durch die Aktivierung des dehnbaren Kolbenkragens 34.1 wieder das Spaltmaß S der Spaltdichtung 33.1 verringert und die Dichtwirkung gegenüber dem ersten Druckraum 24.1 erhöht.

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	Nockenwellenkettensrad
14	Nockenwelle
15	Spannschiene
16	Kettenspanner
17.1	Pleuelstangenkopf
18.1	erstes Pleuelteil
19.1	zweites Pleuelteil
19a.1	Deckel
20.1	Zylinder-Kolben-Einheit
21.1	Verstellkolben
22.1	Zylinderbohrung
23.1	Dichtungseinrichtung
24.1	erster Druckraum
25.1	zweiter Druckraum
26.1	hydraulische Schaltung
27.1	erste Stirnseite
28.1	zweite Stirnseite
29.1	Ölversorgungskanal
30.1	Rückströmdrossel
31.1	Kanal
32.1	Steuerventil

32a.1	Stellkolben
32b.1	Druckfeder
33.1	Spaltdichtung
34.1	dehnbarer Kolbenkragen
35.1	Tasche
36.1	Hülse
37.1	Stufe
38.1	Innenwandung
39.1	Außenwandung
40.1	Rücklaufkanal
41.1	Rückschlagventil
42.1	Ölkanal
43.1	Rücklaufleitung
44.1	Auslass
45.1	Ölkanal
46.1	Rückschlagventil
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

Patentansprüche

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) weist ein kleines Pleuelauge (9.1) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens (10.1) und das zweite Pleuelteil (19.1) weist ein großes Pleuelauge (8.1) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens (7.1) auf, wobei das erste Pleuelteil (18.1) gegenüber dem zweiten Pleuelteil (19.1) bewegbar ist, um den Abstand zwischen dem großen Pleuelauge (8.1) und dem kleinen Pleuelauge (9.1) 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 eine Zylinderbohrung (22.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1), mindestens einen in der Zylinderbohrung (22.1) vorgesehenen ersten Druckraum (24.1) zur Aufnahme von Motoröl des Verbrennungsmotors, der Druckraum (24.1) ist einseitig von dem bewegbaren Verstellkolben (21.1) begrenzt, und einer zwischen einer Außenwandung (39.1) des Verstellkolbens (21.1) und einer Innenwandung (38.1) der Zylinderbohrung (22.1) angeordneten Dichtungseinrichtung (23.1),
dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungseinrichtung (23.1) als Spaltdichtung (33.1) mit einem dehnbaren Kolbenkragen (34.1) ausgebildet ist, wobei der dehnbare Kolbenkragen (34.1) an der dem Druckraum (24.1) zugewandten Seite der Außenwandung (39.1) des Verstellkolbens (21.1) ausgebildet ist.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der dehnbare Kolbenkragen (34.1) hydraulisch betätigbar ist, bevorzugt von dem im ersten Druckraum (24.1) aufgenommenen Motoröl hydraulisch betätigbar ist.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verstellkolben (21.1) eine den ersten Druckraum (24.1) begrenzende erste Stirnseite (27.1) aufweist und der dehnbare Kolbenkragen (34.1) von mindestens einer in der ersten Stirnseite (27.1) vorgesehenen Tasche (35.1) ausgebildet ist.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verstellkolben (21.1) eine den ersten Druckraum (24.1) begrenzende erste Stirnseite (27.1) aufweist und der dehnbare Kolbenkragen (34.1) von einer die erste Stirnseite (27.1) umgebenden Hülse (36.1) ausgebildet ist.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verstellkolben (21.1) der Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) als zweiseitig wirkender Verstellkolben (21.1) ausgebildet ist, wobei der in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordnete Verstellkolben (21.1) einen ersten Druckraum (24.1) und einen zweiten Druckraum (25.1) zur Aufnahme von Motoröl ausbildet und jeweils einseitig begrenzt.
6. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verstellkolben (21.1) an der ersten Stirnseiten (27.1), die den ersten Druckraum (24.1) begrenzt, und an einer zweiten Stirnseite (28.1), die den zweiten Druckraum (25.1) begrenzt, jeweils einen dehnbaren Kolbenkragen (34.1) aufweist.
7. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltdichtung (33.1) zwischen der Außenwandung (39.1) des Verstellkolbens (21.1) und der Innenwandung (38.1) der Zylinderbohrung (22.1) ein Spaltmaß (S) von mindestens 30 μm , bevorzugt von mindestens 50 μm , aufweist.
8. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der dehnbare Kolbenkragen (34.1) zwischen der Außenwandung (39.1) des Verstellkolbens (21.1) und der Innenwandung (38.1) der Zylinderboh-

rung (22.1) im aktivierten Zustand ein Spaltmaß (S) von höchstens 10 µm, bevorzugt von höchstens 5 µm, aufweist.

9. Längenverstellbare Pleuelstange (6.1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Pleuelteil (18.1) mit dem Verstellkolben (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.
10. Verwendung einer Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) mit einer Dichtungseinrichtung (23.1) 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) zu bewegen, die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) umfasst eine Zylinderbohrung (22.1), einen in der Zylinderbohrung (22.1) längs bewegbar angeordneten Verstellkolben (21.1), mindestens einen in der Zylinderbohrung (22.1) vorgesehenen ersten Druckraum (24.1) und die zwischen der Außenwandung (39.1) des Verstellkolbens (21.1) und der Innenwandung (38.1) der Zylinderbohrung (22.1) angeordneten Dichtungseinrichtung (23.1), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dichtungseinrichtung (23.1) als Spaltdichtung (33.1) mit einem dehnbaren Kolbenkragen (34.1) ausgebildet ist, wobei der dehnbare Kolbenkragen (34.1) an der dem ersten Druckraum (24.1) zugewandten Seite der Außenwandung (39.1) des Verstellkolbens (21.1) ausgebildet ist.
11. Verbrennungsmotor (1) mit mindestens einem Hubkolben (3.1,3.2,3.3) und mit zumindest einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in einem Zylinder (2.1,2.2,2.3) und einer mit dem Hubkolben (3.1,3.2,3.3) verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange (6.1) (6.1,6.2,6.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
12. Verbrennungsmotor (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) der längenverstellbaren Pleuelstange (6.1,6.2,6.3) an die Motorölhydraulik des Verbrennungsmotors (1) angeschlossen ist.
13. Verbrennungsmotor (1) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Systemdruck des Motoröls im ersten Druckraum (24.1) der Zylinder-Kolben-Einheit (20.1) zwischen 1.000 bar und 3.000 bar, bevorzugt zwischen 2.000 bar und 2.500 bar, beträgt.
14. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Steuertrieb mit mindestens einer Steuerkette (12), einer Spann- und/oder Führungsschiene (15), und/oder einem Kettenspanner (16) vorgesehen ist, der die Kurbelwelle (4) mit der mindestens einen Nockenwelle (14) des Verbrennungsmotors (1) verbindet.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

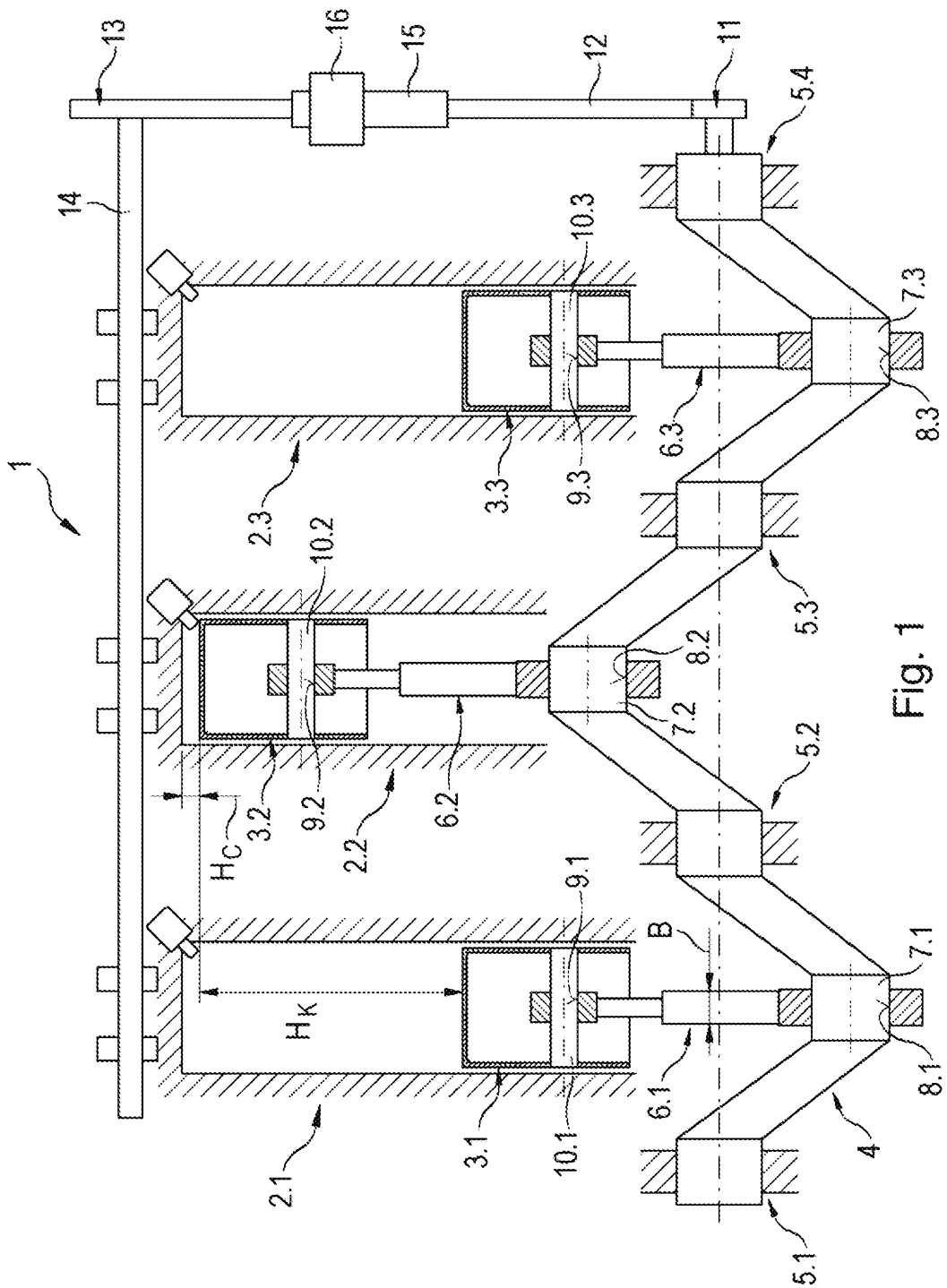


Fig. 1

