

Patentschrift

(51) Int. Cl.: **F02B 75/04** (2006.01)
F02D 15/04 (2006.01)

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Maier Gerhard Ing.
8071 Wagersbach (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(57) Die Erfindung betrifft Brennkraftmaschine (1) mit variablem Verdichtungsverhältnis mit zumindest einem Zylinder, insbesondere genau einem Zylinder, wobei die Brennkraftmaschine (1) einen Zylinderblock (B), einen Zylinderkopf (K), ein mit dem Zylinderkopf (K) fest verbundenes Führungselement sowie zumindest eine Hebevorrichtung (2) aufweist. Die Erfindung betrifft außerdem ein dazugehöriges Verfahren. Aufgabe der Erfindung ist es eine robuste Brennkraftmaschine mit variablem Verdichtungsverhältnis bereitzustellen, deren Verluste reduziert sind. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die zumindest eine Hebevorrichtung (2) zwischen Zylinderkopf (K) und Zylinderblock (B) angeordnet ist, um den Abstand zwischen Zylinderkopf (K) und Zylinderblock (B) zu verändern.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit variablem Verdichtungsverhältnis mit zumindest einem Zylinder, insbesondere genau einem Zylinder, wobei die Brennkraftmaschine einen Zylinderblock, einen Zylinderkopf, ein mit dem Zylinderkopf fest verbundenes Führungselement sowie zumindest eine Hebevorrichtung aufweist, wobei die zumindest eine Hebevorrichtung zwischen Zylinderkopf und Zylinderblock angeordnet ist, um den Abstand zwischen Zylinderkopf und Zylinderblock zu verändern.

[0002] Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Realisierung eines variablen Verdichtungsverhältnisses einer Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf und einem Zylinderblock.

[0003] Das Verdichtungsverhältnis ist dabei definiert als das Verhältnis aus dem Hubraum mit dem Restvolumen zum Restvolumen (Kompressionsvolumen) eines Zylinders.

[0004] Ein festes Verdichtungsverhältnis ist nicht für alle Betriebszustände optimal. Für den Start und den Teillastbereich ist beispielsweise ein hohes Verdichtungsverhältnis vorteilhaft, bei Volllast sollte das Verdichtungsverhältnis niedrig sein, um die mechanische Belastung für die Bauteile zu begrenzen. Ein variables Verdichtungsverhältnis bringt Vorteile im Verbrauch eines Motors sowie die Möglichkeit der Abgasemissionsoptimierung.

[0005] Zu Forschungszwecken werden verschiedenste Motoren eingesetzt und zur Untersuchung von Motoren mit variablem Verdichtungsverhältnis gibt es unterschiedliche Ideen zur Realisierung. In einer Variante wird die Kurbeltriebgeometrie variabel gestaltet, was allerdings mit großen Reibungsverlusten verbunden ist.

[0006] Eine weitere Möglichkeit stellt ein zweiteiliger Zylinderkopf dar, wobei das Volumen der Brennkammer durch ein Verschieben der beiden Zylinderkopfteile zueinander verändert wird. Diese Möglichkeit wird beispielsweise in der DE 10 2015 211 019 A1 gezeigt. Nachteilig daran ist, dass es komplexe Vorkehrungen braucht um dabei die Dichtheit des Brennraums nach außen zu garantieren.

[0007] Im Stand der Technik sind zahlreiche weitere Ansätze für die Umsetzung eines variablen Verdichtungsverhältnisses bekannt, wie zum Beispiel das Kippen des Zylinderblocks relativ zum Zylinderkopf oder die Veränderung der Länge der Pleuelstange. Diese Lösungen sind aber oft nicht ausreichend hoch belastbar, hohe Zünddrücke - wie sie zunehmend bei Hochleistungsmotoren auftreten können - sind nur eingeschränkt oder gar nicht möglich oder die Lösungen weisen Nachteile im Reibungsverhalten des Motors auf.

[0008] Die DE 102006018946 A1, die JP 2012251450A, die DE 102007010087 A1, die JP S5820351 U und die EP 2871347 A1 zeigen jeweils Brennkraftmaschinen mit variablem Verdichtungsverhältnis mit einer Hebevorrichtung zwischen Zylinderkopf und Zylinderblock angeordnet ist. Dabei sind diese Anordnungen unnötig kompliziert aufgebaut und weisen schlechte Führungseigenschaften für die Bewegung des Zylinderkopfes zum Zylinderblock auf, was zu Reibung und erhöhten Verlusten führt.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es diese Nachteile zu verhindern und eine robuste Brennkraftmaschine mit variablem Verdichtungsverhältnis bereitzustellen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch eine eingangs erwähnte Brennkraftmaschine erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Hebevorrichtung um eine Zylinderkopfschraube angeordnet ist. Dadurch entsteht eine möglichst einfache Konstruktion.

[0011] Weiters wird diese Aufgabe mit dem oben genannten Verfahren dadurch gelöst, dass die Schraubenlänge der Zylinderkopfschraube mit einer Messvorrichtung zur Messung der Schraubenlänge gemessen wird und somit die Dehnung der Zylinderkopfschraube bestimmt wird. Dadurch kann auf einfache Weise die Dehnung überwacht werden.

[0012] Es ist günstig, wenn der Kolben innerhalb des Führungselementes hin- und herbewegbar angeordnet ist und/oder wenn das Führungselement eine Laufbuchse ist, die im Wesentli-

chen als Zylindermantelschale ausgebildet ist. Dadurch kann die Dichtheit des Systems hinsichtlich von Austritten von Betriebsmitteln aus dem Zylinder sehr leicht garantiert werden.

[0013] Um ein möglichst günstiges Reibungsverhalten zu erreichen, ist in einer günstigen Ausführungsform vorgesehen, dass das Führungselement an einer Außenseite eine Führungsfläche aufweist, wobei das Führungselement entlang einer Gleitfläche des Zylinderblocks innerhalb des Zylinderblocks verschiebbar angeordnet ist.

[0014] Bei einer Bewegung vom Zylinderkopf relativ zum Zylinderblock ist der Bewegungsraum bei einem am Zylinderblock fixierten Zylinderkopf gering, da der Bewegungsspielraum von der Dehnbarkeit der Zylinderkopfschrauben abhängt. Es ist daher günstig, wenn je eine Zylinderkopfschraube eine Schraubenspannvorrichtung aufweist, da über diese Schraubenspannvorrichtung ein Lösen und Spannen der Zylinderkopfschraube möglich ist.

[0015] Es ist besonders günstig, wenn die Zylinderkopfschraube innerhalb einer inneren Mantelfläche der Hebevorrichtung verschiebbar angeordnet ist. Dadurch ist eine besonders genaue Führung des Zylinderkopfes hinsichtlich der Relativbewegung zum Zylinderblock möglich.

[0016] Um die Dehnung zu überwachen ist es vorteilhaft, wenn die Zylinderkopfschraube mit einer Messvorrichtung zur Messung der Schraubenlänge verbunden ist und somit die Dehnung der Zylinderkopfschraube bestimmt werden kann.

[0017] Dies ist besonders einfach möglich, wenn die Hebevorrichtung über eine zentrale Motorsteuerung gesteuert wird und/oder wenn die zentrale Motorsteuerung die Schraubenlänge sowie die Spannungsgrenzwerte überwacht und Schraubenspannvorrichtung und Hebevorrichtung in Abhängigkeit dieser Werte steuert.

[0018] Eine robuste und einfache Brennkraftmaschine ergibt sich, wenn die Hebevorrichtung eine hydraulische Hebevorrichtung ist. Mit einer möglichst geringen Anzahl von Bauteilen lässt sich die Hebevorrichtung realisieren, wenn diese als doppelt wirkender Hydraulikzylinder ausgeführt ist.

[0019] Um die Ventilbetätigung leicht zu ermöglichen, ist es günstig, wenn eine Stoßstange von einer Nockenwelle zu einem Kipphebel ein Längenausgleichselement aufweist.

[0020] In einer günstigen Anordnung für einen Versuchsmotor ist ein Zylinder vorgesehen, wobei vier Zylinderkopfschrauben Zylinderkopf und -block miteinander verbinden und jeder Zylinderkopfschraube eine Schraubenspannvorrichtung und eine Hebevorrichtung zugeordnet sind. Ein-Zylinder Motoren haben den Vorteil, dass die zu entwickelnden Komponenten nur für einen Zylinder bestückt werden müssen, was einen erheblichen Kostenvorteil gegenüber der Entwicklungsarbeit auf einem Mehrzylindermotor mit beispielsweise 16 Zylindern darstellt.

[0021] Um ein Bauteilversagen der Zylinderkopfschrauben zu verhindern, ist es günstig, wenn eine Zylinderkopfmutter durch eine Schraubenspannvorrichtung nach dem Verschiebevorgang gelockert wird und danach die Spannung in der Zylinderkopfschraube mit der Schraubenspannvorrichtung angepasst wird, so dass ein Spannungsgrenzwert nicht erreicht wird.

[0022] Um Verluste möglichst gering zu halten und die Brennkraftmaschine in Teillastbereichen schnell in einen Bereich eines besseren Wirkungsgrades zu bringen, ist es vorteilhaft, wenn die Veränderung des Verdichtungsverhältnisses während des Betriebs der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.

[0023] Die Erfindung wird in der Folge anhand der nicht einschränkenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0024] Fig. 1 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine;

[0025] Fig. 2 eine Detailansicht einer ersten Ausführung einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine; und

[0026] Fig. 3 eine Detailansicht analog zu Fig. 2 einer zweiten Ausführung einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine.

[0027] In Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Zylinderblock B und einem Zylinderkopf K dargestellt. Die Brennkraftmaschine 1 weist genau einen Zylinder auf. Zwischen dem Zylinderblock B und dem Zylinderkopf K ist eine Hebevorrichtung 2 angeordnet. Diese Hebevorrichtung 2 ist in der gezeigten Ausführung als doppelt wirkender Hydraulikzylinder ausgebildet.

[0028] Mit dem Zylinderkopf K ist ein Führungselement fest verbunden. Dieses Führungselement ist im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Laufbuchse 3, in der sich ein Kolben 4 zwischen seinem oberen Totpunkt und seinem unteren Totpunkt hin- und her bewegt. Die Laufbuchse 3 ist mit dem Zylinderkopf K verschraubt bzw. auf andere Weise fest verbunden und kann mit diesem als Einheit gesehen werden. Daher ist die Wirksamkeit einer Zylinderkopfdichtung D zwischen Zylinderkopf K und Laufbuchse 3 unverändert gegeben, selbst wenn das Verdichtungsverhältnis geändert wird. Dadurch ergibt sich bei der erfindungsgemäßen Lösung kein Dichtheitsproblem für den Brennraum.

[0029] Die Laufbuchse 3 weist an ihrer Außenseite zumindest eine Führungsfläche F auf. In der gezeigten Ausführung sind zwei Führungsflächen F vorgesehen mit der die Laufbuchse 3 an einer Gleitfläche des Zylinderblocks B anliegt. Entlang dieser Gleit- bzw. Führungsflächen F bewegt sich die Laufbuchse 3 entlang, wenn über die Hebevorrichtung 2 das Verdichtungsverhältnis der Brennkraftmaschine 1 variiert wird. An dieser Führungsfläche F ist jeweils eine Nut für eine Dichtung angeordnet. Diese beiden Dichtungen dienen der Abdichtung gegen Kühlmittel aus einem Kühlmittelraum. Der Kühlmittelraum ist um die Laufbuchse 3 zwischen den beiden Führungsflächen F angeordnet. Die Führungsflächen F sind in einem oberen Bereich und in einem unteren Bereich der Laufbuchse 3 angeordnet.

[0030] Die Brennkraftmaschine 1 weist unter ihrem Zylinderblock B, an der vom Zylinderkopf K abgewandten Seite, ein Kurbelgehäuseunterteil 5 auf, welches in einem Grundrahmen G fixiert ist. Um Massenkkräfte auszugleichen ist ein Massenausgleich M vorgesehen, der im Kurbelgehäuseunterteil 5 angeordnet ist und der auf eine Kurbelwelle 6 eingreift.

[0031] Ein Rädertrieb 7 überträgt die Drehbewegung von der Kurbelwelle 6 auf eine Nockenwelle 8, die am Zylinderblock B gelagert ist. Die Nockenwelle 8 betätigt über eine Stoßstange 9 einen Kipphebel 10 zur Ventilbetätigung von Einlass- und Auslassventilen. Die Stoßstange 9 weist dabei ein Längenausgleichselement 11 auf. Dadurch ist sichergestellt, dass eine ordnungsgemäße Kontaktierung bzw. Betätigung auch bei Veränderung des Verdichtungsverhältnisses gegeben ist.

[0032] Am Zylinderkopf K ist ein Kompensator 12 mit einer Luftleitung 13 angeordnet. Rohrleitungen, die mit dem Zylinderkopf K zusammengefügt sind und mit dem Umfeld des Prüfstandes verbunden werden (z.B. Luft und Abgasleitungen), sind mit Hilfe der Kompensatoren 12 zu entkoppeln, um die variable Position des Zylinderkopfes K zu ermöglichen.

[0033] Über dem Zylinderkopf K, an der vom Zylinderblock B abgewandten Seite sind Schraubenspannvorrichtungen 14 vorgesehen.

[0034] Fig. 2 zeigt eine Detailansicht einer ersten Ausführung der Brennkraftmaschine 1 in einem schematischen Schnitt. Dabei ist eine Zylinderkopfschraube 15 zur Verbindung von Zylinderkopf K und Zylinderblock B vorgesehen. Die Brennkraftmaschine 1 weist die Hebevorrichtung 2 zwischen Zylinderkopf K und Zylinderblock B auf. Diese Hebevorrichtung 2 ist um die Zylinderkopfschraube 15 angeordnet, wobei eine innere Mantelfläche I der Hebeeinrichtung 2 zu der Zylinderkopfschraube 15 orientiert ist.

[0035] Die Zylinderkopfschraube 15 ist mit ihrem unteren Ende im Zylinderblock B eingeschraubt, führt durch Durchgangsbohrungen im Zylinderkopf K und weist an ihrem oberen Ende ebenfalls ein Gewinde auf, an dem ein Schraubenkopf 16 angeschraubt ist. Zwischen Schraubenkopf 16 und Zylinderkopf K ist die Schraubenspannvorrichtung 14 angeordnet, die hydraulisch arbeitet und eine erste Druckkammer 17 und eine zweite Druckkammer 18 aufweist, wobei jede Druckkammer 17, 18 über eine Zu- und Abführleitung mit einem Schaltventil 19 und weiter mit einer Ölpumpe 23 zur Zuführung von Hydraulikmedium - z.B. Motoröl - verbunden ist.

[0036] Die Hebevorrichtung 2 ist in der gezeigten Ausführung als ein doppelt wirkender Hydraulikzylinder ausgeführt. Dabei ist ein im Wesentlichen zylindrischer Stangenabschnitt 27 des Hydraulikzylinders hohl und weist somit eine innere Mantelfläche I auf, über die er entlang der Zylinderkopfschraube 15 geführt werden kann. An der Außenseite des zylindrischen Stangenabschnitts 27 ist ein Kolbenabschnitt 28 vorgesehen, der einen größeren Durchmesser als der Rest des zylindrischen Stangenabschnitts 27 aufweist. Dabei ist eine dem Zylinderkopf K zugewandte erste Kolbenfläche 28a und eine dem Zylinderblock zugewandte zweite Kolbenfläche 28b vorgesehen. Die Kolbenflächen 28a, 28b sind im Wesentlichen ringförmig ausgeführt und erstrecken sich rund um die Zylinderkopfschrauben. Die Führung des Stangen- 27 und Kolbenabschnitts 28 erfolgt in einem Führungsabschnitt 29, der im Wesentlichen zylindrisch ausgeführt ist und vom Zylinderblock B in Richtung des Zylinderkopfes K einen ersten Bereich mit einem Durchmesser korrespondierend zum Stangenabschnitt 27, einen zweiten Bereich zur Aufnahme des Kolbenabschnitts 28 bzw. Bildung des Hydraulikzylinders mit einem größeren Durchmesser sowie einen darauf folgenden dritten Bereich mit einem Durchmesser identisch zum ersten Bereich aufweist, der wieder der Führung des Stangenabschnitts 27 dient.

[0037] Die Kolbenflächen 28a, 28b des Hydraulikzylinders sind in der gezeigten Ausführung gleich groß und daher erfolgt die Verschiebung in beide Richtungen (zur Entfernung des Zylinderkopfes K vom Zylinderblock B und zum Annähern der beiden) mit gleicher Geschwindigkeit. Zwischen den Kolbenflächen 28a, 28b ist an einer Mantelfläche des Kolbenabschnitts 28 des Hydraulikzylinders eine Dichtung angeordnet. Die Hebevorrichtung 2 liegt an ihrer Deckfläche, die durch das obere Ende des Stangenabschnitts 27 gebildet ist, am Zylinderkopf K an. Der Kolben bzw. Kolbenabschnitt 28 ist in einem Zylinder der Hebevorrichtung 2, der durch den Führungsabschnitt 29 gebildet wird, axial verschiebbar, wobei der Führungsabschnitt 29 mit seiner Grundfläche am Zylinderblock B anliegt.

[0038] Die Hebevorrichtung 2 weist ebenfalls Druckkammern auf. Eine Druckkammer zum Senken des Zylinderkopfes K wird in der Folge als eine dritte Druckkammer 20 bezeichnet und eine Druckkammer zum Heben des Zylinderkopfes K wird als vierte Druckkammer 21 bezeichnet. Diese Druckkammern 20, 21 sind wiederum jeweils über eine Zu- und Abführleitung mit einem Schaltventil 19 und weiter mit einer Ölpumpe 23 zur Zuführung von Hydraulikmedium - z.B. Motoröl - verbunden. Diese werden von einer zentralen Motorsteuerung 22 manipuliert. Die dritte 20 und vierte Druckkammer 21 erstrecken sich dabei ringförmig rund um die Zylinderkopfschraube 15.

[0039] Die Hebevorrichtung 2 weist also einen entlang der Zylinderkopfschraube 15 bewegten Stangenabschnitt 27 auf, der in einem zylindrischen Führungsabschnitt 29 geführt wird. An der Außenseite des Stangenabschnitts 27 ist ein Kolbenabschnitt 28 vorgesehen, der in einem zweiten Bereich des Führungsabschnitts 29 aufgenommen wird und mit diesem eine dritte Druckkammer 20 - zwischen erster Kolbenfläche 28a und drittem Bereich des Führungsabschnitts 29 - und eine vierte Druckkammer 21 - zwischen zweiter Kolbenfläche 28b und erstem Abschnitt des Führungsabschnitts 29 - bildet.

[0040] Die Druckkammern 17, 18, 20, 21 der Schraubenspannvorrichtung 14 und der Hebevorrichtung 2 werden von einer Ölpumpe 23 mit unter Druck stehendem Öl versorgt, wobei der Druck zwischen 1000 bar und 2000 bar beträgt.

[0041] Mit Füllung der dritten Druckkammer 20, die in den Fig. 2 und 3 über dem Kolben des Hydraulikzylinders angeordnet ist, wird der Zylinderkopf K gegenüber dem Zylinderblock B abgesenkt. Wird die vierte Druckkammer 21 gefüllt, so hebt sich der Kolben mit der Stange und die Deckfläche der Hebevorrichtung 2 drückt mit einer Kraft gegen den Zylinderkopf K und hebt diesen vom Zylinderblock B ab. Gleichzeitig werden die jeweils komplementären Druckkammern drainiert.

[0042] Während die erfindungsgemäße Vorrichtung nur im Zusammenhang mit einer Zylinderkopfschraube 15 beschrieben wurde sind damit Ausführungsformen mitumfasst, bei dem mehrere bzw. jede Zylinderkopfschrauben eines Zylinders bzw. -kopfes mit einer derartigen Vorrichtung versehen sind, um ein gleichmäßiges Anheben und Absenken des Zylinderkopfes K zu

bewerkstelligen.

[0043] Die Schraubenlänge der Zylinderkopfschrauben 15 wird über eine Messvorrichtung 24 gemessen. Werte dieser Messvorrichtung 24 werden an die Motorsteuerung 22 weitergegeben und von dieser überwacht.

[0044] In Fig. 3 ist eine zweite Ausführung der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine 1 gezeigt. Dabei entspricht der Aufbau im Wesentlichen der in Fig. 2 gezeigten Ausführung. Funktionsgleiche Elemente weisen dabei das gleiche Bezugszeichen auf. Im Unterschied zu der ersten Ausführung besitzt die Schraubenspannvorrichtung 14 zum Zylinderkopf K eine Zylinderkopfmutter 25, deren Innengewinde in das Außengewinde der Zylinderkopfschraube 15 eingreift.

[0045] Die Brennkraftmaschine 1 kann insbesondere als VCR-Forschungsmotor eingesetzt werden, bei dem der Zylinderkopf K gegenüber dem Zylinderblock B angehoben und abgesenkt wird, um das Verdichtungsverhältnis zu verändern. Damit verbunden ist die Notwendigkeit, die Zylinderkopfschrauben 15 und die Stoßstangen 9 zur Ventilbetätigung anzupassen, um deren Länge bzw. Vorspannung zu erhalten. Dazu werden Schraubenspannvorrichtung 14, Hebevorrichtung 2 und Längenausgleichselement 11 von der Motorsteuerung 22 gesteuert.

[0046] Wird der Zylinderkopf K durch die Hebevorrichtung 2 hydraulisch angehoben, verändert sich damit der Abstand von Kolbenoberkante des Kolbens 4 zur Unterkante des Zylinderkopfes K und das Verdichtungsverhältnis wird kleiner. Umgekehrt verhält es sich, wenn der Zylinderkopf K gegenüber dem Zylinderblock B abgesenkt wird: Der Abstand von Kolbenoberkante zur Unterkante des Zylinderkopfes K wird kleiner und das Verdichtungsverhältnis wird größer.

[0047] Durch das Heben und Absenken des Zylinderkopfes K ist es erforderlich die Vorspannung der Zylinderkopfschrauben 15 ebenfalls so anzupassen, dass die Schraubenvorspannkraften nahezu unverändert bleiben. Die Schraubenspannvorrichtung 14 hält die Schraubendehnung konstant und nimmt auch den Höhenausgleich des Zylinderkopfes K vor. Die Schraubendehnung wird mittels der Messvorrichtung 24 zur Messung der Schraubenlänge überwacht und der Motorsteuerung 22 übermittelt.

[0048] Der Hub der Nockwelle 8 wird mit den Stoßstangen 9 auf die Kipphebel 10 übertragen. Die Längenausgleichselemente 11 in den Stoßstangen 9 gleichen den variablen Abstand zwischen Zylinderkopf K und Zylinderblock B aus. Dieses Längenausgleichselement 11 kann ein hydraulisches Ventil, oder ein mechanischer Ausgleich mit Hilfe von Federn sein. Ebenso könnte dieser Längenausgleich mit einem elektronischen Stellmotor realisiert werden.

[0049] Durch die spezielle Ausführung der Brennkraftmaschine 1 wird eine variable Anpassung des Verdichtungsverhältnisses ermöglicht, wobei die Anpassung bei Motorstillstand und im Motorbetrieb stattfinden kann.

[0050] Einzelzylinderköpfe wie bei dem gezeigten Ein-Zylindermotor sind für Großmotoren üblich. Unter Großmotor verstehen sich hier Motoren, bei denen die Zylinderbohrung einen Durchmesser von 150 mm übersteigt.

[0051] Bei der vorliegenden Lösung ist der gesamte Zylinderkopf K inklusive der verschraubten Laufbuchse 3 gegenüber dem Zylinderblock B anheb- oder absenkbar gestaltet, der Kurbeltrieb bleibt dabei in seiner Geometrie unverändert. In der gezeigten Ausführung sind vier Zylinderkopfschrauben 15 vorgesehen, dabei befinden sich zwei Zylinderkopfschrauben 15 hinter den dargestellten und diese sind in Fig. 1 nicht sichtbar. Jeder dieser Zylinderkopfschrauben 15 ist eine Schraubenspannvorrichtung 14 und eine Hebevorrichtung 2 zugeordnet. Diese vier Hebevorrichtungen 2 werden von einer gemeinsamen Ölpumpe 23 gespeist und über die zentrale Motorsteuerung 22 und über Schaltventile 19 gesteuert. Über die Motorsteuerung 22 wird die Höhenposition des Zylinderkopfes K gegenüber dem Zylinderblock B eingestellt.

[0052] Bei der Montage des Zylinderkopfes K wird die Zylinderkopfschraube 15 mit dem Zylinderblock B verschraubt. Die Zylinderkopfmutter 25 wird lose von oben, von der vom Zylinderblock B abgewandten Seite auf die Zylinderkopfschraube 15 aufgedreht. Anschließend werden

Schraubenspannvorrichtung 14 und Schraubenkopf 16 gemeinsam an der Zylinderkopfschraube 15 montiert.

[0053] Die Zylinderkopfschraube 15 wird nachfolgend hydraulisch mit der Schraubenspannvorrichtung 14 auf ca. 80 % der Streckgrenze gespannt und die Zylinderkopfmutter 25 wird angezogen. Abschließend entspannt die Schraubenspannvorrichtung 14 die Zylinderkopfschraube 15.

[0054] Zum Lösen der Zylinderkopfmutter 25 wird die Zylinderkopfschraube 15 auf ca. 85 % der Streckgrenze gespannt und die Zylinderkopfmutter 25 hebt durch die Dehnung der Zylinderkopfschraube 15 vom Zylinderkopf K ab und kann somit gelöst werden.

[0055] Fig. 3 zeigt dazu eine Zylinderkopfmutterverstelleinrichtung 26, mit der die Zylinderkopfmutter 25 gedreht und damit eine reproduzierbare Verstellung erreicht werden kann. Diese Verstelleinrichtung 26 kann beispielsweise als motorbetriebene Spindel oder ähnliches ausgeführt sein, um eine Drehung der Zylinderkopfmutter 25 zu bewirken. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Zylinderkopfmutterverstelleinrichtung 26 über die Motorsteuerung kontrolliert bzw. betätigt wird. In Ausführungen mit mehreren Schraubenspannvorrichtungen 14 sind vorteilhafterweise alle Zylinderkopfmuttern 25 mit einer derartigen Verstelleinrichtung 26 versehen.

[0056] Um beim Betätigen der Hebevorrichtung 2 die Zylinderkopfschrauben 15 nicht über die Streckgrenze hinaus zu spannen, steuert die Motorsteuerung die Hebevorrichtung 2 und die Schraubenspannvorrichtung 14 abhängig von der Schraubenlänge, die über die Messvorrichtung 24 überwacht wird.

[0057] Es sind alternative Ausführungen mit mehreren Zylindern und dementsprechend mehreren Zylinderkopfschrauben 15 möglich. Auch gut realisierbar ist eine Ausführung bei der zwar jeder Zylinderkopfschraube 15 eine Schraubenspannvorrichtung 14 zugeordnet ist, aber die Hebevorrichtungen 2 nur um ausgewählte Zylinderkopfschrauben 15 angeordnet sind, so dass gute Führungseigenschaften erreicht werden. Die Hebevorrichtungen 2 und die Schraubenspannvorrichtungen 14 arbeiten jeweils parallel um ein Verkanten zu verhindern.

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine (1) mit variablem Verdichtungsverhältnis mit zumindest einem Zylinder, insbesondere genau einem Zylinder, wobei die Brennkraftmaschine (1) einen Zylinderblock (B), einen Zylinderkopf (K), ein mit dem Zylinderkopf (K) fest verbundenes Führungselement sowie zumindest eine Hebevorrichtung (2) aufweist, wobei die zumindest eine Hebevorrichtung (2) zwischen Zylinderkopf (K) und Zylinderblock (B) angeordnet ist, um den Abstand zwischen Zylinderkopf (K) und Zylinderblock (B) zu verändern, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hebevorrichtung (2) um eine Zylinderkopfschraube (15) angeordnet ist.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (4) innerhalb des Führungselementes hin- und herbewegbar angeordnet ist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Führungselement eine Laufbuchse (3) ist, die im Wesentlichen als Zylindermantelschale ausgebildet ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Führungselement an einer Außenseite eine Führungsfläche (F) aufweist, wobei das Führungselement entlang einer Gleitfläche des Zylinderblocks (B) verschiebbar angeordnet ist.
5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass Zylinderblock (B) und Zylinderkopf (K) über Zylinderkopfschrauben (15) verbunden sind, wobei je eine Zylinderkopfschraube (15) eine Schraubenspannvorrichtung (14) aufweist.
6. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderkopfschraube (15) innerhalb einer inneren Mantelfläche (I) der Hebevorrichtung (2) verschiebbar angeordnet ist.
7. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderkopfschraube (15) mit einer Messvorrichtung (24) zur Messung der Schraubenlänge verbunden ist.
8. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hebevorrichtung (2) eine hydraulische Hebevorrichtung ist, die vorzugsweise als doppelt wirkender Hydraulikzylinder ausgeführt ist.
9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hebevorrichtung (2) über eine zentrale Motorsteuerung (22) steuerbar ist.
10. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Stoßstange (9) zur Ventilbetätigung von einer Nockenwelle (8) zu einem Kipphebel (10) ein Längenausgleichselement (11) aufweist.
11. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Zylinder vorgesehen ist und vier Zylinderkopfschrauben (15) Zylinderkopf (K) und Zylinderblock (B) miteinander verbinden, wobei jeder Zylinderkopfschraube (15) eine Schraubenspannvorrichtung (14) und eine Hebevorrichtung (2) zugeordnet sind.
12. Verfahren zur Realisierung eines variablen Verdichtungsverhältnisses einer Brennkraftmaschine (1) mit einem Zylinderkopf (K) und einem Zylinderblock (B), wobei in einem Verschiebevorgang der Zylinderkopf (K) entlang eines Führungselementes mit einer Hebevorrichtung (2) verschoben wird, wobei die Hebevorrichtung (2) an Zylinderkopf (K) und Zylinderblock (B) angreift, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schraubenlänge der Zylinderkopfschraube (15) mit einer Messvorrichtung (24) zur Messung der Schraubenlänge gemessen wird und somit die Dehnung der Zylinderkopfschraube (15) bestimmt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zylinderkopfmutter (25) durch eine Schraubenspannvorrichtung (14) nach dem Verschiebevorgang gelockert wird und danach die Spannung in der Zylinderkopfschraube (15) mit der Schraubenspannvorrichtung (14) angepasst wird, so dass ein Spannungsgrenzwert nicht erreicht wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hebevorrichtung (2) über eine zentrale Motorsteuerung (22) gesteuert wird.
15. Verfahren nach den Ansprüchen 13 und 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zentrale Motorsteuerung (22) die Schraubenlänge sowie die Spannungsgrenzwerte überwacht und Schraubenspannvorrichtung (14) und Hubvorrichtung (2) in Abhängigkeit dieser Werte steuert.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Veränderung des Verdichtungsverhältnisses während des Betriebs der Brennkraftmaschine (1) durchgeführt wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

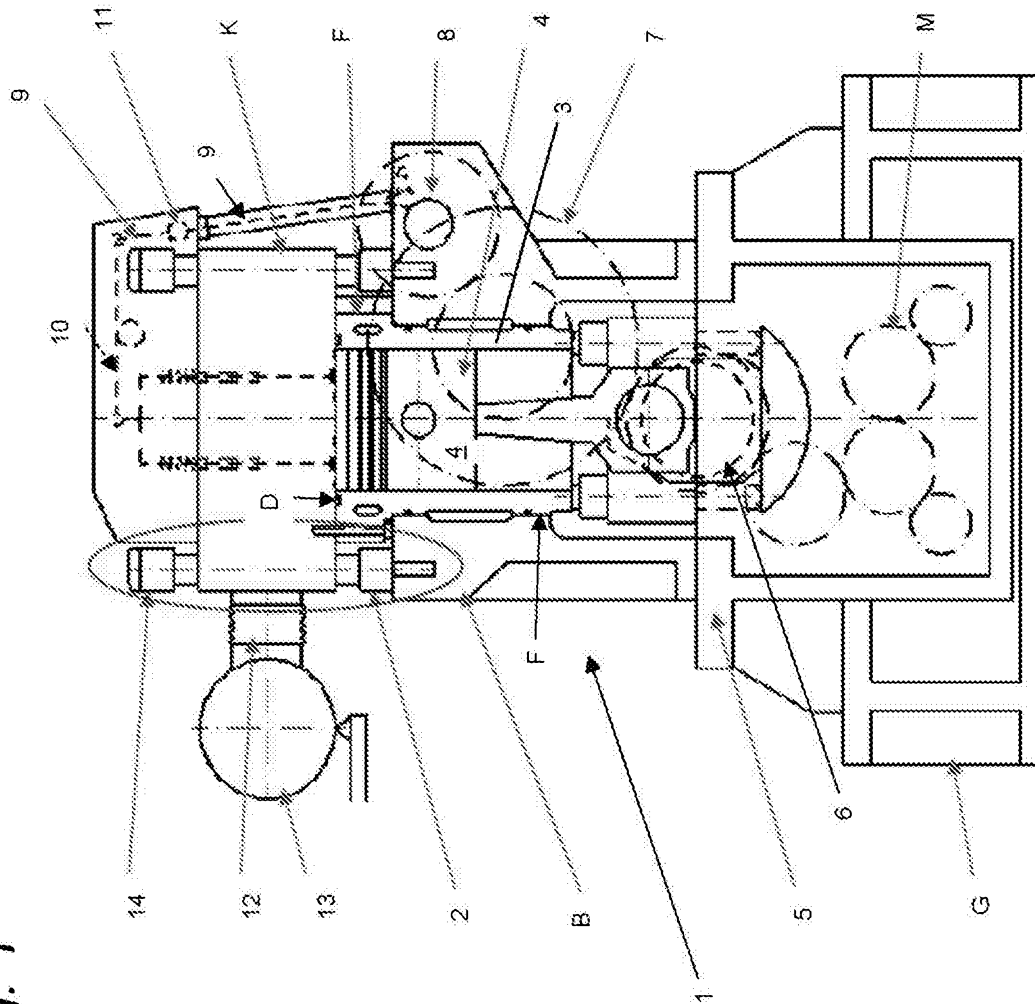


Fig. 1

Fig. 3

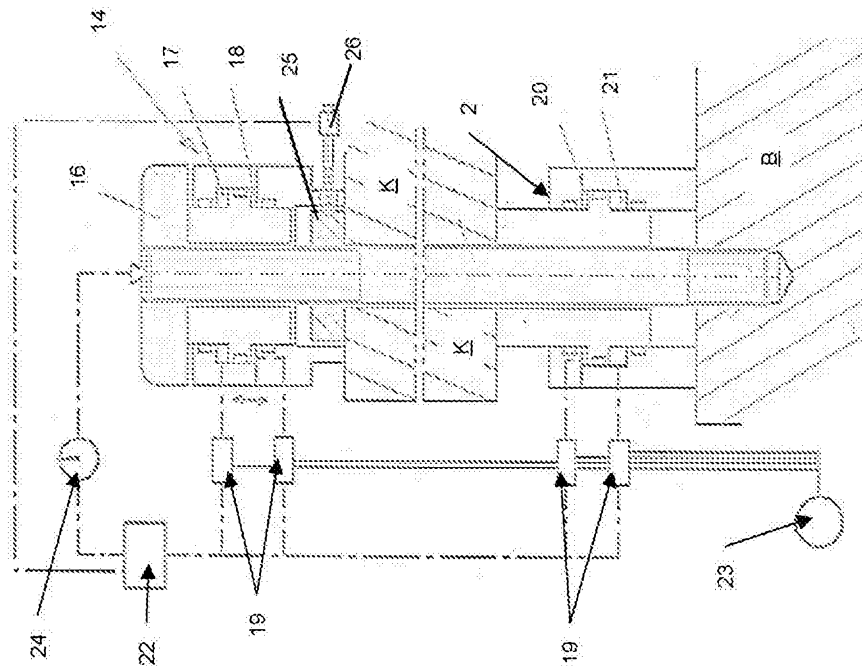


Fig. 2

