

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
26. Oktober 2012 (26.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/143028 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02B 75/04 (2006.01) *F02D 15/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/006211
- (22) Internationales Anmeldedatum:
9. Dezember 2011 (09.12.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 018 397.3
21. April 2011 (21.04.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DAIMLER AG** [DE/DE]; Mercedesstrasse 137, 70327 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHRÖER, Dietmar** [DE/DE]; Tannenstrasse 21, 71554 Weissach im Tal (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,

BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: ADJUSTING DEVICE FOR VARIABLY ADJUSTING AT LEAST ONE COMPRESSION RATIO OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : STELLEINRICHTUNG ZUM VARIABLEN EINSTELLEN WENIGSTENS EINES VERDICHTUNGSVERHÄLTNISSES EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE

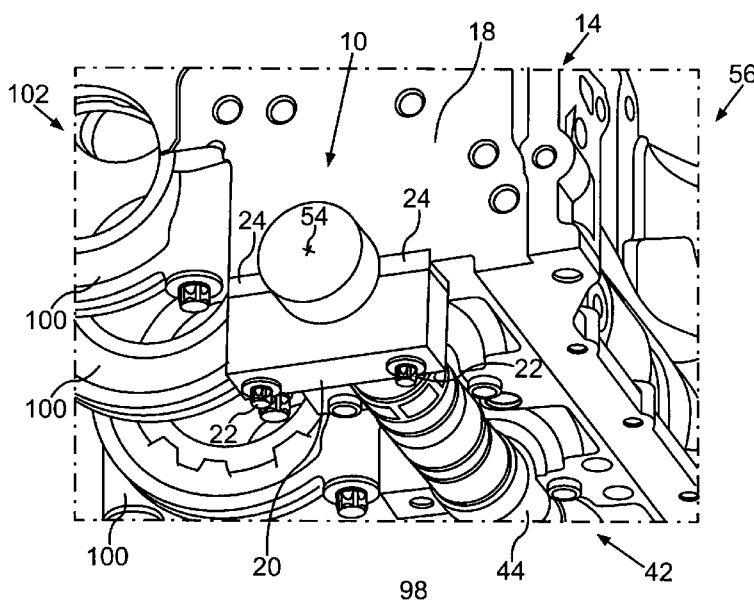


Fig.8

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine (98), in particular a reciprocating internal combustion engine (98), having at least one variably adjustable compression ratio, wherein in order to adjust the compression ratio, a movement of at least one transmission element (12, 44, 46, 48, 50, 52), by means of which the compression ratio can be adjusted, is effected in a first movement direction and/or in a second movement direction opposite the first movement direction by means of at least one setting element (24), comprising the following step: in order to effect the movement of the transmission element (12, 44, 46, 48, 50, 52), switching the setting element (24), which is designed as a braking device (24), in the first or second movement direction from a braking state that prevents the movement and that maintains the compression ratio least substantially to a release state that enables the movement if a force and/or a torque acts at least indirectly on the transmission element (12, 44, 46, 48, 50, 52), said force and/or torque effecting a movement of the transmission element (12, 44, 46, 48, 50, 52) in the first or second movement direction in order to adjust the compression ratio. The invention further relates to

an adjusting device (42) for variably adjusting at least one compression ratio of an internal combustion engine (98).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungskraftmaschine (98), insbesondere einer Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine (98), mit wenigstens einem variabel einstellbaren Verdichtungsverhältnis, bei welchem zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses eine Bewegung wenigstens eines Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52), über welches das Verdichtungsverhältnis einstellbar ist, in eine erste Bewegungsrichtung und/oder in eine zweite, der ersten Bewegungsrichtung entgegengesetzte Bewegungsrichtung mittels zumindest eines Stellglieds (24) bewirkt wird, mit dem Schritt: Schalten des als eine Bremseinrichtung (24) ausgebildeten Stellglieds (24) zum Bewirken der Bewegung des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) in die erste oder die zweite Bewegungsrichtung von einem die Bewegung verhindernden und das Verdichtungsverhältnis zumindest im Wesentlichen haltenden Bremszustand in einen die Bewegung ermöglichenden Freigabezustand, wenn eine Kraft und/oder ein Drehmoment zumindest mittelbar auf das Übertragungselement (12, 44, 46, 48, 50, 52) wirkt, welche eine Bewegung des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) in die erste oder zweite Bewegungsrichtung zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses bewirkt, sowie eine Stelleinrichtung (42) zum variablen Einstellen wenigstens eines Verdichtungsverhältnisses einer Verbrennungskraftmaschine (98).

STELLEINRICHTUNG ZUM VARIABLEN EINSTELLEN WENIGSTENS EINES VERDICHTUNGSVERHÄLTNISSES EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungskraftmaschine der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art sowie eine Stelleinrichtung zum variablen Einstellen wenigstens eines Verdichtungsverhältnisses einer Verbrennungskraftmaschine der im Oberbegriff des Patentanspruchs 6 angegebenen Art.

Die DE 196 27 145 C2 offenbart eine Kupplung mit einer Welle, einer zugehörigen Hohlwelle und mit einer zwischen beiden angeordneten Schlingfeder. Dabei ist vorgesehen, dass die Schlingfeder elektrisch betätigbar ist, wobei an der Schlingfeder Piezo-Elemente angebracht sind, oder wobei in der Schlingfeder Piezo-Elemente integriert sind, um eine Formänderung zum Öffnen oder Schließen der Schlingfeder elektrisch zu induzieren. Ebenso ist aus dieser Druckschrift eine Kupplung mit einer Antriebs- und einer Abtriebswelle bekannt, wobei die An- und/oder Abtriebswelle eine Beschichtung mit Piezo-Elementen aufweist, um durch Betätigen der Piezo-Elemente den Umfang der An- und/oder Abtriebswelle zu variieren.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungskraftmaschine mit wenigstens einem variabel einstellbaren Verdichtungsverhältnis sowie eine Stelleinrichtung zum variablen Einstellen wenigstens eines Verdichtungsverhältnisses einer solchen Verbrennungskraftmaschine bereitzustellen, durch welche ein besonders geringer Kraftstoffverbrauch der Verbrennungskraftmaschine ermöglicht ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungskraftmaschine mit wenigstens einem variabel einstellbaren Verdichtungsverhältnisses mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch eine Stelleinrichtung zum variablen

Einstellen wenigstens eines Verdichtungsverhältnisses einer solchen Verbrennungskraftmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen und nicht-trivialen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

Der erste Aspekt dieser Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere einer Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine, mit wenigstens einem variabel einstellbaren Verdichtungsverhältnis, bei welchem zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses eine Bewegung wenigstens eines Übertragungselements bewirkt wird. Über das Übertragungselement ist das Verdichtungsverhältnis einstellbar. Das Übertragungselement, welches einer Stelleinrichtung zum Einstellen bzw. Verstellen des Verdichtungsverhältnisses zugeordnet ist, dient dazu, Kräfte und/oder Drehmomente zu übertragen, um so das Verdichtungsverhältnis einstellen bzw. verstellen zu können.

Bei dem Verfahren wird eine Bewegung des Übertragungselements in eine erste Bewegungsrichtung und/oder in eine zweite, der ersten Bewegungsrichtung entgegengesetzte Bewegungsrichtung mittels zumindest eines Stellglieds der Stelleinrichtung bewegt.

Erfindungsgemäß wird als das Stellglied eine Bremseinrichtung verwendet. Die Bremseinrichtung wird dabei zum Bewirken der Bewegung des Übertragungselements in die erste oder die zweite Bewegungsrichtung von einem Bremszustand in einen Freigabezustand geschaltet. In dem Bremszustand ist die Bewegung des Übertragungselements verhindert, sodass das eingestellte Verdichtungsverhältnis zumindest im Wesentlichen konstant gehalten wird. In dem Freigabezustand ist das Übertragungselement freigegeben, sodass es zum Einstellen bzw. Verstellen des Verdichtungsverhältnisses beispielsweise relativ zu einem Lagerelement, an welchem das Übertragungselement relativ zu diesem bewegbar gelagert ist, bewegt werden kann.

Das Schalten der Bremseinrichtung von dem Bremszustand in den Freigabezustand erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dann, wenn eine Kraft und/oder ein Drehmoment zumindest mittelbar auf das Übertragungselement wirkt, wobei die Kraft und/oder das Drehmoment eine gewünschte Bewegung des Übertragungselements in die erste oder zweite Bewegungsrichtung zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses bewirkt. Bevorzugt wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ausschließlich die Bremseinrichtung als das Stellglied verwendet, um ausschließlich mittels der

Bremseinrichtung ein Einstellen bzw. Verstellen des Verdichtungsverhältnisses zu bewirken.

Bei der erfindungsgemäßen Stelleinrichtung ist somit eine zumindest im Wesentlichen passive Einstellung bzw. Verstellung des Verdichtungsverhältnisses realisiert. Dies bedeutet, dass zum Einstellen bzw. Verstellen des Verdichtungsverhältnisses das Übertragungselement nicht aktiv bewegt wird und dementsprechend keine Energie zum aktiven Bewegen des Übertragungselements aufgewendet werden muss. Vielmehr werden die ohnehin wirkenden Kräfte und/oder die ohnehin wirkenden Drehmomente, welche beispielsweise von den Massenkräften und von dem Brennraum aus auf die Stelleinrichtung, insbesondere das Übertragungselements wirken und welche zum Beispiel aus Beschleunigungsvorgängen der Triebwerksteile und aus Verbrennungsvorgängen in dem Brennraum resultieren, genutzt, sodass das Übertragungselement unter Ausnutzung dieser ohnehin vorhandenen und wirkenden Kräfte bzw. Drehmomente bewegt wird.

Dabei ist die Bremseinrichtung lediglich mit Energie, beispielsweise elektrischem Strom, zu versorgen, um diese zwischen dem Freigabezustand und dem Bremszustand zu schalten. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Bremseinrichtung zum Schalten dieser von dem Bremszustand in den Freigabezustand und/oder von dem Freigabezustand in den Bremszustand mit Energie versorgt wird. Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass die Bremseinrichtung lediglich zum Schalten dieser vom Freigabezustand in den Bremszustand (nicht aber umgekehrt) oder lediglich zum Schalten dieser vom Bremszustand in den Freigabezustand (nicht jedoch umgekehrt) mit Energie versorgt wird. Diese Versorgung der Bremseinrichtung zum Bewirken der Bewegung des Übertragungselements ist im Vergleich zum Energieaufwand zum aktiven Bewegen des Übertragungselements in die erste oder zweite Bewegungsrichtung wesentlich geringer, sodass mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens das Verdichtungsverhältnis mit einem nur sehr geringen Energieaufwand eingestellt bzw. verstellt werden kann. Dies hält den Energiebedarf der Stelleinrichtung gering, was mit einem Kraftstoffverbrauch und damit geringen CO₂-Emissionen der Verbrennungskraftmaschine einhergeht.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sind somit weitere, zusätzliche und insbesondere Stellglieder zum aktiven Bewegen des Übertragungselements sowie Stellelemente nicht vorgesehen und nicht vonnöten, können aber gleichwohl vorhanden sein. So kann das Verdichtungsverhältnis mit einfachen Mitteln und mit einem sehr geringen Energiebedarf eingestellt bzw. verstellt werden. Ferner kann dadurch die Teileanzahl, das Gewicht, die

Kosten und der Bauraumbedarf der Stelleinrichtung und damit der gesamten Verbrennungskraftmaschine gering gehalten werden. Dies führt insbesondere zur Vermeidung und/oder zur Lösung von Package-Problemen, insbesondere in einem platzkritischen Bereich wie einem Motorraum eines Kraftwagens, insbesondere eines Personenkraftwagens.

Wie bereits angedeutet, resultiert die Kraft und/oder das Drehmoment, die bzw. das zum Bewegen des Übertragungselements zum Einstellen bzw. Verstellen des Verdichtungsverhältnisses genutzt wird, beispielsweise aus Verbrennungen (s.o.), welche in dem Brennraum mit dem variabel einstellbaren Verdichtungsverhältnis ablaufen. Die Verbrennungskraftmaschine ist beispielsweise als Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine ausgebildet, welche den wenigstens einen Brennraum in Form eines Zylinders aufweist. In dem Zylinder ist ein Kolben translatorisch relativ zu dem Zylinder verschiebbar aufgenommen. Der Kolben ist mit einem Pleuel gelenkig gekoppelt, welches beispielsweise mit einem Querhebel der Stelleinrichtung gelenkig gekoppelt ist. Der Querhebel ist an einem Hubzapfen einer Kurbelwelle der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine relativ zu dem Hubzapfen drehbar gelagert. Der einerseits gelenkig mit dem Pleuel gekoppelte Querhebel ist andererseits zumindest mittelbar mit einer Verstellwelle als das Übertragungselement der Verstelleinrichtung gelenkig verbunden. Dazu ist beispielsweise ein Nebenpleuel vorgesehen, welches einerseits gelenkig mit dem Querhebel und andererseits gelenkig mit der Verstellwelle gekoppelt ist.

Die Verstellwelle ist beispielsweise als Exzenterwelle ausgebildet und umfasst wenigstens einen Exzenter, an welchem das Nebenpleuel relativ zu dem Exzenter drehbar gelagert ist. Die Verstellwelle ist dabei um eine Drehachse relativ zu einem Gehäuseteil der Stelleinrichtung und/oder der Verbrennungskraftmaschine drehbar an dem Gehäuseteil gelagert. Ein Verdrehen der Verstellwelle um die Drehachse bewirkt ein Verdrehen des Querhebels relativ zu dem Hubzapfen, was wiederum eine translatorische Verschiebung des Kolbens in dem Zylinder relativ zu diesem bewirkt. Dadurch kann das Verdichtungsverhältnis eingestellt und bedarfsgerecht an thermodynamische Erfordernisse der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine angepasst werden.

Daraus ist es ersichtlich, dass Kräfte insbesondere resultierend aus den Massenkräften und Verbrennungsvorgängen in dem Zylinder über den Kolben und das Pleuel sowie den Querhebel und das Nebenpleuel auf die Verstellwelle wirken können, die das Übertragungselement der Stelleinrichtung ist. Die Verstellwelle ist dabei zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses um ihre Drehachse in eine erste Drehrichtung als die erste

Bewegungsrichtung, sowie in eine zweite Drehrichtung, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung als die zweite Bewegungsrichtung drehbar. Ist eine Verstellung des Verdichtungsverhältnisses von einem ersten auf einen dazu unterschiedlichen zweiten Wert vorgesehen, wobei der zweite Wert beispielsweise durch Drehen der Verstellwelle in die erste Drehrichtung einzustellen ist, und würde die auf die Verstellwelle wirkende Kraft und/oder das Drehmoment die Verstellwelle im Freigabezustand der Bremseinrichtung in diese erste Drehrichtung drehen, so wird die Bremseinrichtung von dem die Drehung der Verstellwelle um Ihre Drehachse relativ zu dem Gehäuseteil verhindernden Bremszustand in den Freigabezustand geschaltet, sodass die wirkende Kraft und/oder das wirkende Drehmoment die Verstellwelle auch tatsächlich in die erste Drehrichtung drehen kann. Dadurch wird die ohnehin wirkende Kraft und/oder das ohnehin wirkende Drehmoment genutzt, um die Verstellwelle zumindest im Wesentlichen passiv zu verdrehen, ohne die Verstellwelle aktiv mittels einer gesonderten Stelleinrichtung um ihre Drehachse zu drehen.

Die Bremseinrichtung ermöglicht insbesondere das spielfreie Abstützen besonders hoher und insbesondere wechselnder Drehmomente, so dass das eingestellte Verdichtungsverhältnis auch gegen diese hohen Drehmomente gegen ein unerwünschtes Stellen infolge der hohen Drehmomente gesichert und zumindest im Wesentlichen konstant auf einem gewünschten Wert gehalten werden kann. Das spielfreie Halten und Fixieren des Übertragungselements, insbesondere der Verstellwelle, gewährleistet dabei einen besonders geräusch- und verschleißarmen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine, was dem Fahrkomfort zugute kommt.

Bevorzugt ist die Bremseinrichtung elektrisch betätigbar. Dadurch ist sie besonders schnell, das heißt in besonders kurzer Zeit, zwischen dem Freigabezustand und dem Bremszustand umschaltbar. So kann eine besonders häufige Verstellung des Verdichtungsverhältnisses auch in einer besonders kurzen Zeitspanne bewirkt werden.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Bremseinrichtung wenigstens einen Piezo-Aktor, welcher beispielsweise einen Piezo-Stack mit Piezo-Elementen umfasst. Dadurch weist die Bremseinrichtung einen nur sehr geringen Bauraumbedarf sowie einen nur sehr geringen Energiebedarf auf, was den Bauraumbedarf und den Energiebedarf der gesamten Verbrennungskraftmaschine besonders gering hält. Der Piezo-Aktor weist ferner eine geringe Massenträgheit auf, weswegen der Piezo-Aktor besonders schnell, das heißt in einer besonders kurzen Zeit, zwischen dem Bremszustand und dem Freigabezustand umgeschaltet werden kann.

Würde die auf das Übertragungselement, insbesondere die Verstellwelle, wirkende Kraft und/oder das entsprechende Drehmoment eine Bewegung des Übertragungselement in eine ungewünschte der Bewegungsrichtung bewirken, was mit einer Einstellung eines ungewünschten Verdichtungsverhältnisses beziehungsweise eines ungewünschten Werts des Verdichtungsverhältnisses einherginge, so wird die Bremseinrichtung in den Bremszustand geschaltet, das heißt die Bremseinrichtung wird geschlossen. Dadurch wird das Übertragungselement nicht in diese ungewünschte Bewegungsrichtung bewegt. Würde die Kraft beziehungsweise das Drehmoment eine Bewegung des Übertragungselements in eine gewünschte der Bewegungsrichtungen bewirken, so wird die Bremseinrichtung in den Freigabezustand geschaltet. Das heißt die Bremseinrichtung wird geöffnet, so dass die Kraft und/oder das Drehmoment das Übertragungselement in die gewünschte Bewegungsrichtung bewegen kann. Somit wird mittels der Bremseinrichtung die Bewegung in die gewünschte Bewegungsrichtung des Übertragungselements bewirkt oder verhindert.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die auf das Übertragungselement wirkenden Kräfte und/oder die Drehmomente mittels wenigstens einer Erfassungseinrichtung erfasst. Durch diese Erfassung kann ermittelt werden, ob die wirkende Kraft und/oder das Drehmoment das mittels der in den Bremszustand geschalteten Bremseinrichtung fixierte Übertragungselement in eine gewünschte oder in eine ungewünschte der Bewegungsrichtungen bewegen würde, wenn sich die Bremseinrichtung in dem Freigabezustand befände. Wird mittels der Erfassungseinrichtung erfasst, dass die Kraft und/oder das Drehmoment (s.o.) entsprechend wirkt und das Übertragungselement im Freigabezustand der Bremseinrichtung in die gewünschte Bewegungsrichtung bewegen würde, so wird die Bremseinrichtung in den Freigabezustand geschaltet, so dass die Kraft und/oder das Drehmoment (s.o.) das Übertragungselement auch tatsächlich in die gewünschte Bewegungsrichtung bewegt.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Bremseinrichtung während einer Zeitdauer, während welcher die die Bewegung in die erste oder zweite Bewegungsrichtung bewirkenden Kräfte und/oder Drehmomente mehrmals ihre Richtung ändern, mehrmals zwischen dem Bremszustand und dem Freigabezustand geschaltet. Mit anderen Worten wird die Bremseinrichtung für eine gewünschte Bewegung des Übertragungselements in eine gewünschte der Bewegungsrichtungen über einen gewünschten Bewegungsweg hinweg mehrmals, das heißt zumindest zweimal, geöffnet

und entsprechend geschlossen. Dadurch kann das Verdichtungsverhältnis trotz der hohen Frequenz mit der die Kräfte und/oder Drehmomente ihre Richtung ändern und trotz der ihnen entgegenstehenden Massenträgheitsmomente der bewegten Übertragungselemente über einen beliebigen Verstellwinkel eingestellt werden. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass in Abhängigkeit von einem Verhältnis der auf das Übertragungselement wirkenden Kraft und/oder des Drehmoments zur Massenträgheit des Übertragungselements, insbesondere zu dem Massenträgheitsmoment der Verstellwelle, die Bremseinrichtung für die Bewegung des Übertragungselements über den gewünschten Bewegungsweg hinweg, insbesondere für eine Bewegung der Verstellwelle um einen bestimmten Winkelbetrag um ihre Drehachse, mehrmals geöffnet und entsprechend geschlossen wird. Daraus resultiert beispielsweise eine stufenweise Bewegung des Übertragungselements in die gewünschte Bewegungsrichtung, wodurch das Übertragungselement sehr schonend für die Stelleinrichtung in die gewünschte Bewegungsrichtung bewegt wird.

Ist der Bewegungsweg, insbesondere der Winkelbetrag, sehr gering, so kann vorgesehen sein, dass die Bremseinrichtung lediglich während eines Teilzeitbereichs einer Zeitspanne geöffnet und in den Freigabezustand geschaltet wird, während der die Kraft und/oder das Drehmoment die Bewegung des Übertragungselements in die gewünschte Bewegungsrichtung bewirkt beziehungsweise bewirken würde. Die restliche Zeitspanne, während der die Kraft und/oder das Drehmoment die Bewegung des Übertragungselements in die gewünschte Bewegungsrichtung bewirkt beziehungsweise bewirken würde, ist die Bremseinrichtung geschlossen. Das heißt, sie befindet sich in ihrem Bremszustand. Dies bedeutet, dass das Übertragungselement mittels der Kraft und/oder des Drehmoments einen besonders hohen Bewegungsweg bewegt werden könnte. Da jedoch ein dazu kleinerer Bewegungsweg zum Einstellen eines gewünschten Verdichtungsverhältnisses gewünscht und vorgesehen ist, wird die Bremseinrichtung lediglich während des Teilzeitbereichs der gesamten Zeitspanne geöffnet. Dadurch kann das Verdichtungsverhältnis besonders präzise und bedarfsgerecht eingestellt beziehungsweise verstellt werden.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird zum Abbremsen des Übertragungselements die Bremseinrichtung zumindest vorübergehend nach einer Bewegung des Übertragungselements in die erste Bewegungsrichtung in dem Freigabezustand gehalten, wenn die Kraft und/oder das Drehmoment nach dem Bewirken der Bewegung in die erste Bewegungsrichtung der Bewegung in die erste Bewegungsrichtung entgegenwirkt. Mit anderen Worten kann die Bremseinrichtung auch

geöffnet werden für eine Zeitspanne, indem die Kraft und/oder das Drehmoment das Übertragungselement in die gewünschte Bewegungsrichtung bewegt sowie für eine Zeitspanne, indem die Kraft und/oder das Drehmoment eine Bewegung des Übertragungselements in die dieser Bewegungsrichtung entgegengesetzte Bewegungsrichtung bewirkt. Mit wieder anderen Worten wird die Bremseinrichtung somit über einen Vorzeichenwechsel der Kraft und/oder des Drehmoments hinweg in dem Freigabezustand gehalten. Dies kann dazu genutzt werden, um das in beispielsweise die erste Bewegungsrichtung beschleunigte Übertragungselement durch die wechselnde Kraft und/oder das wechselnde Drehmoment abzubremesen, ohne zum Abbremsen des Übertragungselements die Bremseinrichtung in Wirkverbindung, insbesondere Wirkkontakt, mit dem Übertragungselement zu schalten beziehungsweise zu verbringen.

Vorteilhafterweise wird die Bremseinrichtung dann in den Bremszustand geschaltet, wenn die Geschwindigkeit des Übertragungselements bei dessen Bewegung in eine der Bewegungsrichtungen einen vorgebbaren Schwellenwert unterschreitet, insbesondere wenn die Geschwindigkeit des Übertragungselements, insbesondere die Drehgeschwindigkeit der Verstellwelle, zumindest im Wesentlichen Null oder in einem Nahbereich zu Null liegt. Dadurch kann der Verschleiß des Übertragungselements und damit der gesamten Stelleinrichtung geringgehalten werden.

Vorteilhafterweise sind zum exakten Steuern und/oder Regeln der Bremseinrichtung und damit zum exakten Bewegen des Übertragungselements zeitliche Verläufe der insbesondere wechselnden Kraft- und/oder des insbesondere wechselnden Drehmoments zumindest im Wesentlichen im gesamten Kennfeld der Verbrennungskraftmaschine bekannt. Ergänzend oder alternativ ist es möglich, die Stellung des Übertragungselements entlang seiner Bewegungsachse, Bewegungsbahn und/oder dergleichen, insbesondere die Drehstellung der Verstellwelle um ihre Drehachse, und damit auch die Geschwindigkeit des Übertragungselements bzw. die Drehgeschwindigkeit der Verstellwelle präzise und zeitlich hoch aufgelöst zu ermitteln und zu erfassen. Dazu wird beispielsweise wenigstens ein Drehwinkelgeber verwendet. Die zeitlichen Verläufe der Kraft und/oder des Drehmoments können berechnet, insbesondere simuliert und/oder bei der Entwicklung und/oder Herstellung der Verbrennungskraftmaschine an einem Prüfstand ermittelt, werden.

Der zweite Aspekt der Erfindung betrifft eine Stelleinrichtung zum variablen Einstellen wenigstens eines Verdichtungsverhältnisses einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere einer Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine. Die Stelleinrichtung umfasst

wenigstens ein Stellglied, mittels welchem zum variablen Einstellen des Verdichtungsverhältnisses eine Bewegung wenigstens eines Übertragungselements, über welches das Verdichtungsverhältnis einstellbar ist, der Stelleinrichtung in eine erste Bewegungsrichtung und/oder in eine zweite, der ersten Bewegungsrichtung entgegengesetzte Bewegungsrichtung bewirkbar ist.

Erfindungsgemäß ist das Stellglied als eine Bremseinrichtung ausgebildet. Zum Bewirken der Bewegung des Übertragungselements in die erste oder die zweite Bewegungsrichtung ist die Bremseinrichtung von einem die Bewegung verhindernden und das Verdichtungsverhältnis zumindest im Wesentlichen haltenden Bremszustand in einen in die Bewegung ermöglichenden Freigabezustand schaltbar, wenn eine Kraft und/oder ein Drehmoment zumindest mittelbar auf das Übertragungselement wird, die bzw. das eine Bewegung des Übertragungselement in die gewünschte erste oder zweite Bewegungsrichtung zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses bewirkt. Vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Aspekts der Erfindung sind als vorteilhafte Ausgestaltungen des zweiten Aspekts der Erfindung anzusehen und umgekehrt.

Dadurch ermöglicht die Stelleinrichtung die Nutzung der ohnehin wirkenden Kräfte und/oder der ohnehin wirkenden Drehmomente zum Einstellen bzw. Verstellen des Verdichtungsverhältnisses, ohne das Übertragungselement aktiv zu bewegen. Das Übertragungselement wird bei der erfindungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine vielmehr passiv bewegt. Mit anderen Worten wird eine passive Bewegung des Übertragungselements zugelassen, indem die Bremseinrichtung in den Freigabezustand schaltbar ist. So kann das Verdichtungsverhältnis bei der erfindungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine mit einem nur sehr geringen Energieaufwand eingestellt bzw. verstellt werden, was den Kraftstoffverbrauch sowie die CO₂-Emissionen der Verbrennungskraftmaschine geringhält.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch nach neuen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Zeichnung zeigt in:

- Fig. 1 eine schematische Perspektivansicht einer Lagerungsanordnung einer Welle an einem Lagerelement, bei welcher die Welle über zwei Lagerteile um eine Drehachse relativ zu den Lagerteilen drehbar an dem Lagerelement gelagert ist, wobei ein Stellglied vorgesehen ist, mittels welchem zum Fixieren der Welle, relativ zu den Lagerteilen eine Relativbewegung zwischen den Lagerteilen bewirkbar ist;
- Fig. 2 eine schematische Perspektivansicht einer weiteren Ausführungsform der Lagerungsanordnung gemäß Fig. 1;
- Fig. 3 eine schematische Vorderansicht der Lagerungsanordnung gemäß Fig. 2;
- Fig. 4 eine schematische Perspektivansicht einer weiteren Ausführungsform der Lagerungsanordnung gemäß den Fig. 1 bis Fig. 3;
- Fig. 5 ausschnittsweise eine schematische und teilweise geschnittene Ansicht einer Stalleinrichtung zum zylinderindividuellen Einstellen von Verdichtungsverhältnissen einer Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine;
- Fig. 6 drei Schaubilder zur Veranschaulichung eines Verfahrens zum Einstellen der Verdichtungsverhältnisse der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine mit der Stalleinrichtung gemäß der Fig. 1 bis Fig. 5; und
- Fig. 7 drei Schaubilder zur Veranschaulichung einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Fig. 1 bis Fig. 5;
- Fig. 8 ausschnittsweise eine schematische Perspektivansicht einer Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine mit einer alternativen Ausführungsform der Stalleinrichtung, welche die Lagerungsanordnung gemäß Fig. 1 umfasst; und
- Fig. 9 ausschnittsweise eine schematische Perspektivansicht der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine gemäß Fig. 8 mit der Stalleinrichtung, welche die Lagerungsanordnung gemäß den Fig. 2 und 3 aufweist.

Die Fig. 1 zeigt eine Lagerungsanordnung 10 einer Welle 12 an einem Lagerelement 14, bei welcher die Welle 12 um eine Drehachse 16 relativ zu dem Lagerelement 14 drehbar an diesem gelagert ist. Dazu umfasst das Lagerelement 14 ein Gestell 18, insbesondere ein Maschinengestell. Das Gestell 18 ist beispielsweise ein Gehäuseteil eines Gehäuses einer Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine, in welchem die Welle 12 zumindest bereichsweise aufgenommen ist.

Das Lagerelement 14 umfasst ferner einen Lagerdeckel 20, welcher mittels Spannschrauben 22 mit dem Gestell 18 verschraubt ist. Durch das Gestell 18 ist ein erster Teil einer Lageraufnahme, einer Lagerbohrung, für die Welle 12 gebildet. Durch den Lagerdeckel 20 ist ein zweiter Teil der Lageraufnahme für die Welle 12 gebildet. Durch das Lagerelement 14 ist somit ein geteiltes, insbesondere zweigeteiltes, Lager für die Welle 12 gebildet, durch welches die Welle 12 an dem Lagerelement 14 gelagert ist. Die Welle 12 ist dabei zumindest bereichsweise in der Lageraufnahme und in gespanntem Zustand des Gestells 18 mit dem Lagerdeckel 20 so eng in der Lageraufnahme eingespannt, dass ein maximal vorgesehenes Moment, welches auf die Welle 12 wirkt, gerade noch gehalten werden kann, ohne dass sich die Welle 12 relativ zu dem Lagerelement um ihre Drehachse 16 dreht. Dabei ist ein übliches Untermaß für einen Presssitz z.B. $1/1000$ des Durchmessers der Lageraufnahme. Eine dazu notwendige Vorspannkraft kann dabei durch die Spannschrauben 22 aufgebracht werden.

Zwischen dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 sind Piezo-Stacks 24 mit jeweiligen Piezo-Elementen angeordnet und mittels der Spannschrauben 22 eingespannt. Wird an die Piezo-Stacks 24 eine entsprechende elektrische Spannung angelegt, so dehnen sich die Piezo-Stacks 24 zumindest in Richtung des Gestells 18 und/oder in Richtung des Lagerdeckels 20 und somit senkrecht zur Teilung des Lagers aus und stellen eine Lagerluft von etwa der üblichen Größe eines Gleitlagers ein, wobei es sich beispielsweise um ca. $1/1000$ des Durchmessers des Lagers handelt.

Mit anderen Worten, ist an die Piezo-Stacks 24 keine elektrische Spannung angelegt, so ist die Welle 12 mittels der Spannschrauben 22 zwischen dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 geklemmt und relativ zu diesen fixiert, sodass sich die Welle 12 nicht um ihre Drehachse 16 relativ zu dem Gestell 18 und zu dem Lagerdeckel 20 drehen kann. Dieses Klemmen ist dabei auf das maximal auftretende und auf die Welle 12 während eines Betriebs der Verbrennungskraftmaschine wirkende Drehmoment abgestimmt, sodass durch das Klemmen dieses Moment abgestützt werden kann und dieses Moment

die Welle nicht um die Drehachse 16 relativ zu dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 verdrehen kann.

Wird an die Piezo-Stacks 24 eine elektrische Spannung angelegt, so wird dadurch eine Relativbewegung zwischen dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 bewirkt. Dabei bewegen sich das Gestell 18 und der Lagerdeckel 20 relativ zueinander voneinander weg. Dadurch wird das Klemmen der Welle zwischen dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 verringert oder gar vollständig aufgehoben, sodass die Welle 12 um ihre Drehachse 16 relativ zu dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 gedreht werden kann. Ist die Welle 12 in eine gewünschte Drehstellung um ihre Drehachse 16 relativ zu dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 gedreht, so wird das Anlegen der elektrischen Spannung an die Piezo-Stacks 24 aufgehoben. Dies bewirkt eine Relativbewegung des Gestells 18 und des Lagerdeckels 20 aufeinander zu, beispielsweise aufgrund von elastischer Rückfederung des Gestells 18 und des Lagerdeckels 20 infolge der Verschraubung mittels den Spannschrauben 20, sodass die Welle 12 zwischen dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 geklemmt und somit relativ zu dem Lagerelement 14 fixiert wird.

Dadurch ist eine besonders schnell zu schaltende und zumindest im Wesentlichen spielfreie Klemmbremse geschaffen, mittels welcher die Welle schnell, das heißt in kurzer Zeit, relativ zu dem Lagerelement 14 fixiert oder entsprechend freigegeben werden kann. Durch Modulieren der elektrischen Spannung kann somit ein schnelles Lösen und Abbremsen der Welle 12 erreicht werden, wie es beispielsweise bis mindestens in den kHz-Bereich hinein erfolgen kann.

Ebenso möglich ist eine Umkehrung des bezüglich der Fig. 1 geschilderten Wirkprinzips der Klemmbremse bei der Lagerungsanordnung 10 möglich. Dabei ist die Welle 12 in einem unbestromten Zustand der Piezo-Stacks 24, in welchem an die Piezo-Stacks 24 somit keine elektrische Spannung angelegt wird, freigegeben und um ihre Drehachse 16 relativ zum Lagerelement 14 drehbar. Durch Anlegen der elektrischen Spannung an die Piezo-Stacks ist die Welle relativ zu dem Lagerelement 14 fixiert und geklemmt. Mit anderen Worten, wird an die Piezo-Stacks 24 eine elektrische Spannung angelegt, was als Bestromen bezeichnet wird, so werden das Gestell 18 und der Lagerdeckel 20 relativ zueinander aufeinander zu (nicht voneinander weg) bewegt, wodurch die Welle 12 geklemmt und fixiert wird. Wird das Bestromen aufgehoben, so wird dadurch eine Relativbewegung des Gestells 18 zu dem Lagerdeckel 20 bewirkt, bei welcher das Gestell 18 und der Lagerdeckel 20 beispielsweise aufgrund von elastischer Rückfederung

sich relativ zueinander voneinander wegbewegen, was mit dem Freigeben der Welle 12 einhergeht.

Die Fig. 2 und Fig. 3 zeigen eine alternative Ausführungsform der Lagerungsanordnung 10 gemäß Fig. 1. Wie den Fig. 2 und Fig. 3 zu entnehmen ist, ist ein einstückiger Lagerring 26 vorgesehen, über welchen die Welle 12 an dem Lagerelement 14 gelagert ist. Der einstückige Lagerring 26 umfasst ein erstes Lagerteil 28 und einstückig mit dem ersten Lagerteil 28 ausgebildetes zweites Lagerteil 30, welche über einen Schlitz 32 des Lagerrings 26 voneinander beabstandet sind.

Der Lagerring 26 weist Verbindungsflansche 34 auf, über welche er mittels Flanschschrauben 36 an dem Gestell 18 angeschraubt und so gehalten ist.

In dem Schlitz 32 und somit zwischen dem ersten Lagerteil 28 und dem zweiten Lagerteil 30 ist ein Piezo-Stack 24 mit Piezo-Elementen angeordnet. Die Lagerteile 28 und 30 sind mittels einer Spannschraube 22 über den Piezo-Stack 24 miteinander verspannt, sodass der Piezo-Stack 24 zwischen den Lagerteilen 28 und 30 geklemmt ist. Mittels der Spannschraube 22 sind die Lagerteile 28 und 30 miteinander verspannt, sodass die Welle 12 in unbestromtem Zustand des Piezo-Stacks 24 zwischen den Lagerteilen 28 und 30 geklemmt ist und sich nicht relativ zum Lagerelement 14 und relativ zum Lagerring 26 um die Drehachse 16 drehen kann.

Analog zu dem zur Lagerungsanordnung 10 gemäß Fig. 1 Geschilderten wird die Welle 12 durch Bestromen des Piezo-Stacks 24 freigegeben, da durch Anlegen der elektrischen Spannung an den Piezo-Stacks 24 die Lagerteile 28 und 30 relativ zueinander voneinander wegbewegt werden, sodass sich der Spalt 32 vergrößert und die Klemmung der Welle 12 verringert oder aufgehoben wird. Wird die Bestromung beendet, so wird dadurch ein Aufeinanderzubewegen der Lagerteile 28 und 30 beispielsweise aufgrund von elastischer Rückfederung infolge ihrer Verspannung mittels der Spannschraube 22 bewirkt, wodurch die Welle 12 geklemmt und relativ zu dem Lagerelement 14 und dem Lagerring 26 fixiert wird.

Wie bei der Lagerungsanordnung 10 gemäß Fig. 1 ist auch bei der Lagerungsanordnung 10 gemäß den Fig. 2 und 3 eine Umkehrung dieses geschilderten Wirkprinzips möglich, sodass durch Bestromen des Piezo-Stacks 24 ein Aufeinanderzubewegen der Lagerteile 28 und 30 und somit ein Klemmen der Welle 12 bewirkt wird. Durch Aufheben der Bestromung wird eine Relativbewegung zwischen den Lagerteilen 28 und 30 bewirkt,

durch welche sich die Lagerteile 28 und 30 voneinander wegbewegen, was mit dem Freigeben der Welle 12 einhergeht.

Bei dem Lagerring 12 handelt es sich somit um einen Bremsflansch, mittels welchem die Welle relativ zu dem Lagerelement 14 fixierbar und freigebbar ist. Wie insbesondere der Fig. 3 zu entnehmen ist, weisen die Verbindungsflansche 34 Aussparungen 38 auf, welche eine zumindest im Wesentlichen freie Beweglichkeit in Richtung des Öffnens und Schließens der Bremse ermöglichen. Das Mitdrehen des gesamten Bremsflansches wird jedoch verhindert.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass eine mehrfache Teilung des Lagers ebenso möglich ist, bei welcher das Lager also in mehr als zwei Teile geteilt ist. Vorteilhafterweise sind Oberflächen des Lagers, an welchem die Welle 12 gelagert ist, derart beschaffen, dass die Oberflächen ein Abbremsen und das Klemmen der Welle 12 auch über eine hohe Lebensdauer hinweg verschleißarm ertragen können. Vorteilhafterweise sind auch die Spannschrauben 22 derart ausgestaltet, dass sie häufige Relativbewegungen zwischen dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 bzw. zwischen den Lagerteilen 28 und 30 zumindest im Wesentlichen schadfrei ertragen können. Das Klemmen der Welle kann auch ergänzend oder alternativ dazu genutzt werden, eine axiale Bewegung der Welle 12 relativ zu dem Lagerelement 14 zu vermeiden. Dies bedeutet, dass durch Klemmen der Welle zwischen dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 bzw. zwischen den Lagerteilen 28 und 30 nicht nur eine Drehung der Welle 12 um ihre Drehachse 16 relativ zu dem Lagerelement 14 sondern auch eine axiale Bewegung der Welle 12 entlang ihrer Drehachse 16 verhindert werden kann.

Anstelle der Piezo-Stacks 24 sind auch anderweitige Stellglieder wie beispielsweise elektromagnetisch betätigbare Aktoren verwendbar.

Die Fig. 4 zeigt eine alternative Ausführungsform der Lagerungsanordnung 10 gemäß den Fig. 1 bis Fig. 3. Es ist ein Piezo-Stack 24 sowie ein Verstärkungselement 40 vorgesehen, über welche das Gestell 18 und der Lagerdeckel 20 mittels der Spannschrauben 22 miteinander verspannt sind. Bei dieser Ausführungsform der Lagerungsanordnung 10 wird das Lager durch die Spannschrauben 22 in seine übliche Form gebracht. Durch Bestromen des Piezo-Stacks wird das Lager zusätzlich verspannt, sodass das Lagerspiel zu Null wird und eine Bremswirkung erzielt wird. Dies bedeutet, dass durch Bestromen des Piezo-Stacks (Anlegen der elektrischen Spannung) die Welle 12 an dem Lagerelement 14 fixiert wird, sodass sich die Welle 12 nicht um ihre

Drehachse 16 relativ zu dem Lagerelement 14 drehen und auch nicht relativ zu diesem axial bewegen kann.

Das Verstärkungselement 40, welches beispielsweise zumindest im Wesentlichen aus Stahl gebildet ist, leitet eine von dem Piezo-Stack 24 wirkende Kraft gezielt auf das Lager.

Bei den Lagerungsanordnungen 10 gemäß den Fig. 1 bis Fig. 4 ist es ebenso möglich, einzelne, den jeweiligen Spannschrauben 22 zugeordnete Piezo-Stacks zu verwenden, an welchen jeweilige Schraubenköpfe der Spannschrauben 22 abgestützt sind. Dadurch kann durch Bestromen und Aufheben der Bestromung eine jeweilige Längenveränderung der jeweiligen Spannschraube 22 bewirkt werden, wodurch entsprechende Relativbewegungen zwischen dem Gestell 18 und dem Lagerdeckel 20 bzw. zwischen den Lagerteilen 28 und 30 zum Klemmen bzw. Freigeben der Welle 12 bewirkt werden können.

Die Fig. 5 zeigt eine Stellanrichtung 42 für eine Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine, mittels welcher Verdichtungsverhältnisse der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine unabhängig voneinander variabel einstellbar sind. Die Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine weist beispielsweise vier Zylinder auf, welche jeweils ein variabel einstellbares Verdichtungsverhältnis aufweisen. Dies bedeutet, dass jedes einzelne Verdichtungsverhältnis der jeweiligen Zylinder variabel und unabhängig von den jeweiligen anderen Verdichtungsverhältnissen der anderen Zylinder eingestellt werden kann. Dies bedeutet, dass die Verdichtungsverhältnisse zylinderindividuell einstellbar bzw. verstellbar und an thermodynamische Erfordernisse des entsprechenden Zylinders anpassbar sind. Dadurch kann beispielsweise ein erster der Zylinder mit einem ersten Verdichtungsverhältnis betrieben werden, welches sich von einem zweiten Verdichtungsverhältnis eines zweiten der Zylinder unterscheidet.

Zur Darstellung der zylinderindividuellen Einstellbarkeit bzw. Verstellbarkeit der Verdichtungsverhältnisse umfasst die Stellanrichtung 42 eine Stellwelle 44, welche vier Teilwellen 46, 48, 50 und 52 umfasst. Die Teilwelle 46 ist dabei einem ersten der Zylinder zugeordnet, während die Teilwelle 48 einem zweiten der Zylinder zugeordnet ist. Dementsprechend ist die Teilwelle 50 einem dritten der Zylinder zugeordnet, während die Teilwelle 52 dem vierten Zylinder der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine zugeordnet ist.

Die Teilwellen 46, 48, 50 und 52 sind dabei um jeweilige Drehachsen 54 relativ zu einem Kurbelgehäuse 56 der Hubkolben- Verbrennungskraftmaschine drehbar an dem Kurbelgehäuse 56 gelagert. Das Kurbelgehäuse 56 umfasst dabei Lagerdeckel 58, 60, 62, 64 und 66, durch welche im Zusammenwirken mit entsprechenden Gehäuseteilen des Kurbelgehäuses 56 eine Lagergasse 68 gebildet ist, an welcher die Stellwelle 44 gelagert ist. Wie der Fig. 5 zu entnehmen ist, sind die Drehachsen 54 dabei koaxial zueinander angeordnet.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass es ohne Weiteres möglich ist, die anhand der Fig. 5 gezeigte Stelleinrichtung 42 analog auf Hubkolben-Verbrennungskraftmaschinen anzuwenden, welche eine von vier unterschiedliche Anzahl an Zylindern aufweisen. Dabei korrespondiert die Anzahl der Teilwellen 46, 48, 50 und 52 mit der Anzahl an Zylindern. Mit anderen Worten umfasst die Stelleinrichtung 42 zumindest so viele Teilwellen 46, 48, 50 und 52 wie die Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine Zylinder umfasst.

Die Lagerdeckel 58, 60, 62, 64 und 66 sind beispielsweise durch einen jeweiligen Lagerdeckel wie der Lagerdeckel 20 der Lagerungsanordnung 10 gemäß den Fig. 1 bis 4 ausgebildet. Dabei sind die Lagerdeckel 58, 60, 62, 64 und 66 beispielsweise mittels Spannschrauben 22 mit den Gehäuseteilen des Kurbelgehäuses 56 zur Ausbildung der Lagergasse 68 verbunden, sodass die Gehäuseteile des Kurbelgehäuses 56 beispielsweise analog zu dem Gestell 18 der Lagerungsanordnung 10 gemäß den Fig. 1 bis 4 gegeben sind.

Die Lagerdeckel 60, 62, 64 und 66 sind dabei mit wenigstens einem jeweiligen Piezo-Stack 24 versehen, mittels welchem eine jeweilige Relativbewegung des korrespondierenden Lagerdeckels 60, 62, 64 und 66 relativ zu dem zugehörigen Gehäuseteil des Kurbelgehäuses 56 analog zu den Piezo-Stacks 24 der Lagerungsanordnung 10 gemäß den Fig. 1 bis 4 bewirkbar ist. Dadurch können die Teilwellen 46, 48, 50 und 52 individuell und unabhängig von den jeweils anderen Teilwellen 46, 48, 50 und 52 geklemmt und somit fixiert oder freigegeben werden. Dadurch ist bei der Stelleinrichtung 42 die anhand der Fig. 1 bis 4 geschilderte schnelle, spielfreie und kompakte Klemmbremse realisiert, sodass das jeweils eingestellte, zylinderindividuelle Verdichtungsverhältnis zumindest im Wesentlichen auf einen konstanten Wert über eine gewisse Zeitdauer hinweg gehalten werden kann. Da jeder der Teilwellen 46, 48, 50 und 52 wenigstens ein eigener Piezo-Stack 24 zugeordnet ist und somit jede der Teilwellen 46, 48, 50 und 52 individuell freigegeben oder fixiert werden kann, kann somit eine Einstellung bzw. Verstellung des Verdichtungsverhältnisses für

jeden der Zylinder der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine individuell vorgenommen werden.

Die Teilwellen 46, 48 und 50 weisen jeweils eine Lageraufnahme 70, 72 und 74 auf, in welchen die jeweilig folgende Teilwelle 48, 50 und 52 bereichsweise aufgenommen ist. Dies bedeutet, dass somit die Teilwellen 46, 48, 50 und 52 zumindest teilweise gegenseitig gelagert sind, was den Bauraumbedarf, das Gewicht, die Teileanzahl und die Kosten der Stelleinrichtung 42 gering hält. Die einerseits gegenseitig gelagerten Teile 46, 48, 50 und 52 sind andererseits durch die Klemmbremse gelagert, mittels welcher die Teilwellen 48, 50, 52 und 54 relativ zu den Lagerdeckeln 58, 60, 62 und 64 und zu den korrespondierenden Gehäuseteilen fixierbar oder freigebbar sind. Der Lagerdeckel 58 ist dabei nicht mit einem Piezo-Stack 24 versehen, da der Piezo-Stack 24 des Lagerdeckels 60 zu der Teilwelle 46 korrespondiert und dieser ausreicht, um die Teilwelle 46 relativ zu den Lagerdeckeln 58 und 60 und zu den korrespondierenden Gehäuseteilen des Kurbelgehäuses 56 zu fixieren.

Die Fig. 6 und 7 zeigen jeweilige Diagramme 76, 78 und 80, anhand welchen ein Verfahren zum zylinderindividuellen Einstellen bzw. Verstellen der Verdichtungsverhältnisse der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine gemäß Fig. 5 veranschaulicht ist. Auf den Abszissen 82 der Diagramme 76, 78 und 80 ist der Kurbelwinkel einer Kurbelwelle der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine in Grad Kurbelwinkel gemäß einem Richtungspfeil 84 ansteigend aufgetragen. Die Kurbelwelle ist dabei mittelbar mit den in den Zylindern aufgenommenen Kolben gelenkig gekoppelt und dient dazu, die translatorischen Bewegungen der Kolben in den Zylindern relativ zu diesen in eine rotatorische Bewegung der Kurbelwelle umzuwandeln.

Auf der Ordinate 85 des Diagramms 76 ist der Drehwinkel der Stellwelle 44 oder einer der Teilwellen 46, 48, 50 oder 52 gemäß einem Richtungspfeil 86 ansteigend aufgetragen, welcher stellvertretend für die Drehwinkel aller Teilwellen 46, 48, 50 und 52 angesehen werden kann. In dem Diagramm 76 ist ein Verlauf 88 eingetragen. Anhand des Verlaufs 88 ist erkennbar, dass die Stellwelle 44 bzw. die entsprechende Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 über dem ansteigenden Kurbelwinkel um ihre Drehachse 54 zu verdrehen ist, um so den zugehörigen Kolben in dem Zylinder relativ zu diesem zu verschieben und so das korrespondierende Verdichtungsverhältnis des entsprechenden Zylinders einzustellen. Wie dem Verlauf 88 ferner zu entnehmen ist, erfolgt dabei die Verdrehung der entsprechenden Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 um ihre zugehörige Drehachse 54 stufenweise. Dies resultiert daraus, dass der zugehörige Piezo-Stack 24 und

entsprechend die durch diesen realisierte Klemmbremse abwechselnd die Stellwelle 44 bzw. die korrespondierende Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 freigibt und fixiert. Dies ist anhand eines Verlaufs 90 in dem Diagramm 78 zu erkennen. Auf der Ordinate 92 des Diagramms 78 ist mit B ein Bremszustand des zugehörigen Piezo-Stacks 24 bezeichnet, während mit F ein Freigabezustand des Piezo-Stacks 24 bezeichnet ist.

Befindet sich der Piezo-Stack 24 und damit die durch diesen realisierte Klemmbremse in dem Freigabezustand F, so kann sich die Stellwelle 44 bzw. die zugehörige Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 um ihre Drehachse 54 drehen. Befindet sich der Piezo-Stack 24 und damit die durch diesen realisierte Klemmbremse in dem Bremszustand B, so ist die Stellwelle 44 bzw. die zugehörige Teilwelle 46, 48, 50, 52 zwischen dem entsprechenden Lagerdeckel 58, 60, 62, 64 oder 66 und dem zugehörigen Gehäuseteil des Kuppelgehäuses 56 geklemmt und somit fixiert, sodass sie sich nicht um ihre Drehachse 54 drehen kann.

Das Verdrehen der Stellwelle 44 bzw. der Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 um ihre zugehörige Drehachse 54 erfolgt dabei zumindest im Wesentlichen passiv unter Ausnutzung von Kräften und/oder Drehmomenten, welche aus Verbrennungsvorgängen in dem zugehörigen Zylinder resultieren und welche ausgehend von diesem Zylinder über den Kolben auf die Stellwelle 44 bzw. die entsprechende Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 wirken. Befindet sich der Piezo-Stack 24 in dem Freigabezustand F, so können diese über eine gewisse Zeitspanne bzw. über einen gewissen Grad Kurbelwinkel der Kurbelwelle wirkenden Kräfte und/oder Drehmomente die Teilwelle 46, 48, 50 und 52 verdrehen. Ein aktives Aufbringen und Aufwenden von Stellkräften und/oder Drehmomenten, beispielsweise durch einen aktiven Aktor zum Einstellen bzw. Verstellen eines Verdichtungsverhältnisses ist nicht vorgesehen und nicht vonnöten. Dies hält den Energieaufwand der Stelleinrichtung 42 gering, sodass die zugehörige Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine mit einem geringen Kraftstoffverbrauch und geringen CO₂-Emissionen betrieben werden kann.

In dem Diagramm 80 ist ein Verlauf 94 eingetragen, welcher ein auf die Stellwelle 44 bzw. die entsprechende Teilwelle 46, 48, 50 und/oder 52 wirkendes Drehmoment charakterisiert. Auf der Ordinate 96 sind dabei der Werte des Drehmoments aufgetragen, wobei die Ordinate 96 durch den Wert Null für das Drehmoment in einem positiven Bereich P und in einen negativen Bereich N aufgeteilt ist. Daraus ist es ersichtlich, dass es sich bei dem Drehmoment um ein wechselndes Drehmoments handelt, welches positiv (positiver Bereich P) und negativ (negativer Bereich N) sein kann und entsprechend auf

die Stellwelle 44 bzw. die zugehörige Teilwelle 46, 48, 50 und 52 wirkt. Dies bedeutet, dass auf die Stellwelle 44 bzw. die Teilwellen 46, 48, 50 und 52 während des Betriebs der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine Wechsellmomente wirken, die es gestatten, die Verdichtungsverhältnisse rein und durch einen zeitlich zumindest im Wesentlichen genau festgelegten Bremseingriff bzw. durch die Bremseingriffe zu realisieren.

Bewirkt beispielsweise das Drehmoment in dem positiven Bereich P ein Drehen der Stellwelle 44 bzw. der entsprechenden Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 in eine erste Drehrichtung, was mit einer gewünschten Einstellung bzw. Verstellung des zugehörigen Verdichtungsverhältnisses einhergeht, und wirkt das positive Drehmoment aktuell auf die Stellwelle 44 bzw. die Teilwelle 46, 48, 50 oder 52, so wird dann die Klemmbremse gelöst, so dass das positive Drehmoment die Stellwelle 44 bzw. die Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 gewünscht verdreht. Ist demgegenüber eine Drehung der Stellwelle 44 bzw. der Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 in eine zweite, der ersten Drehrichtung entgegengesetzte Drehrichtung erwünscht, und wirkt jedoch das positive Drehmoment (was eine Bewegung der Stellwelle 44 bzw. der Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 in die erste Drehrichtung bewirken würde), so wird die Klemmbremse geschlossen, so dass die Stellwelle 44 bzw. die Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 fixiert wird und sich nicht drehen kann. Wechselt das Drehmoment dann ins Negative (in den negativen Bereich N) und bewirkt somit das Drehen der Stellwelle 44 bzw. der Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 in die gewünschte, zweite Bewegungsrichtung, so wird die Stellwelle 44 bzw. die Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 freigegeben (Freigabezustand F), sodass das negative Drehmoment die Stellwelle 44 bzw. die Teilwelle 46, 48, 50 oder 52 gewünschterweise in die zweite Drehrichtung dreht und sodass das Verdichtungsverhältnis gewünscht eingestellt werden kann.

Die Stelleinrichtung 42 umfasst somit passive Stellglieder, welche als Bremseinrichtungen in Form der Klemmbremse bzw. der Klemmbremsen ausgebildet sind. D. h., dass eine eigentliche Stellenergie zum Einstellen bzw. Verstellen der Verdichtungsverhältnisse nicht aktiv aufzuwenden ist und vielmehr zumindest im Wesentlichen direkt den Brennräumen bzw. einem Kurbeltrieb mit den Kolben und der Kurbelwelle entnommen wird. Es wird lediglich eine Energie, insbesondere elektrischer Strom, zum Versorgen der Piezo-Stacks 24 mit der elektrischen Spannung benötigt. Diese Energie ist jedoch besonders gering.

Die Piezo-Stacks 24 sind weiterhin insofern vorteilhaft, dass sie nur geringe Massenträgheiten aufweisen und somit sehr schnell zwischen den jeweiligen Freigabezuständen F und den jeweiligen Bremszuständen B schaltbar sind. So können

die Verdichtungsverhältnisse in einer kurzen Zeit verstellt und bedarfsgerecht eingestellt werden.

Die Fig. 6 zeigt, wie geschildert, eine Drehung der Stellwelle 44 bzw. der Teilwellen 46, 48, 50 und 52 bzw. einer der Teilwellen 46, 48, 50 und 52 unabhängig von den anderen Teilwellen 46, 48, 50 und 52 in eine, beispielsweise die erste, Drehrichtung. Die Fig. 7 zeigt eine Drehung der Stellwelle 44 bzw. der Teilwellen 46, 48, 50 und 52 bzw. einer der Teilwellen 46, 48, 50 und 52 zunächst in die erste und zeitlich anschließend in die der ersten Drehrichtung entgegengesetzte zweite Drehrichtung.

Die Fig. 8 zeigt eine Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98, welche eine Mehrzahl von, beispielsweise vier, Brennräumen in Form von Zylindern aufweist. Die Zylinder weisen dabei ein jeweiliges Verdichtungsverhältnis auf, das gemeinsam, d. h. gleichzeitig und somit abhängig voneinander variabel einstellbar ist.

Dazu umfasst die Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98 eine Stelleinrichtung 42, welche sich dahingehend von der Stelleinrichtung 42 gemäß Fig. 5 unterscheidet, dass die Stellwelle 44 einstückig ausgebildet ist. Die Stellwelle 44 ist dabei um die Drehachse 54 relativ zu einem Kurbelgehäuse 56 der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98 drehbar an diesem gelagert. Zum Lagern der Stellwelle 44 ist die Lagerungsanordnung 10 gemäß Fig. 1 vorgesehen, wobei das Gestell 18 durch das Kurbelgehäuse 56 gebildet ist.

Die einstückige Stellwelle 44 ist als Exzenterwelle ausgebildet, welche eine Mehrzahl von Exzenterzapfen umfasst. Die Anzahl der Exzenterzapfen korrespondiert dabei zur Anzahl der Zylinder der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98. Durch Drehen der Stellwelle 44 um ihre Drehachse 54 relativ zum Kurbelgehäuse 56 werden die Verdichtungsverhältnisse der Zylinder gemeinsam eingestellt und verstellt, wodurch die Verdichtungsverhältnisse an thermodynamische Erfordernisse der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98 angepasst werden können. Die Stellwelle 44 ist dabei die Welle 12 der Lagerungsanordnung gemäß Fig. 1 bzw. umgekehrt.

An den Exzenterzapfen der Stellwelle 44 sind jeweilige Nebenpleuel relativ zu den jeweiligen Exzenterzapfen drehbar gelagert. Die einerseits an den Exzenterzapfen gelagerten Nebenpleuel sind andererseits mit einem jeweiligen Querhebel gelenkig gekoppelt. Die Querhebel wiederum sind an jeweiligen Hubzapfen einer Kurbelwelle der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98 relativ zu den Zapfen drehbar gelagert. Die einerseits mit den Nebenpleueln gelenkig gekoppelten Querhebel sind andererseits

gelenkig mit jeweiligen Pleuel eines Kurbeltriebs gelenkig gekoppelt, wobei die Pleuel ihrerseits gelenkig mit jeweiligen Kolben gelenkig gekoppelt sind. Die Kolben sind in den jeweiligen Zylindern translatorisch relativ zu den Zylindern verschiebbar aufgenommen.

Der Kurbeltrieb umfasst auch eine in der Fig. 8 nicht dargestellte Kurbelwelle der Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98, wobei die Kurbelwelle eine Mehrzahl von Hubzapfen aufweist, an denen die Querhebel relativ zu den Hubzapfen drehbar gelagert sind. Dadurch können die translatorischen Bewegungen der Kolben in den Zylindern relativ zu diesen in eine rotatorische Bewegung der Kurbelwelle umgewandelt werden.

Ein Verdrehen der Stellwelle 44 (Welle 12) um die Drehachse 54 (Drehachse 16) bewirkt ein Verdrehen der Querhebel relativ zu den Kurbelzapfen, was wiederum eine Verschiebung der Kolben in den Zylindern relativ zu diesen bewirkt. So können die Verdichtungsverhältnisse der Zylinder variabel eingestellt werden.

Das Verdrehen der Kurbelwelle 44 um die Drehachse 54 erfolgt dabei ausschließlich passiv unter Ausnutzung von Kräften und/oder Drehmomenten, die von den Zylindern her über die Kolben und somit vom Kurbeltrieb her auf die Stellwelle 44 wirken. Es ist nicht vorgesehen, die Stellwelle 44 aktiv, beispielsweise mittels eines Elektromotors oder dergleichen Aktor, um die Drehachse 54 zu drehen.

Zur Darstellung dieser passiven Verdrehung der Stellwelle 44 und damit dieser passiven Einstellung der Verdichtungsverhältnisse wird die durch die Lagerungsanordnung 10 gebildete Klemmbremse dann geöffnet, wenn die von den Zylindern auf die Stellwelle 44 wirkenden Kräfte und/oder Drehmomente ein Verdrehung der Stellwelle 44 um ihre Drehachse 54 in eine gewünschte erste Bewegungsrichtung bewirken würden bzw. bewirken. Die Klemmbremse wird geschlossen bzw. geschlossen gehalten, wenn die von den Zylindern her auf die Stellwelle 44 wirkenden Kräfte und/oder Drehmomente eine Verdrehung der Stellwelle 44 in eine zweite, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung bewirken würden bzw. bewirken. Mit anderen Worten wird die Klemmbremse bedarfsgerecht nur dann geöffnet, wenn die Drehmomente und/oder die Kräfte aus den Zylindern eine gewünschte Bewegung der Stellwelle 44 auch tatsächlich bewirken. So wird mittels der Klemmbremse eine bedarfsgerechte Bewegung der Stellwelle 44 bewirkt und das Verdichtungsverhältnis präzise und mit einem sehr geringen Energieaufwand eingestellt bzw. verstellt.

Die Fig. 9 zeigt die Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98 gemäß Fig. 8, wobei die Stellwelle 44 mittels der Lagerungsanordnung 10 gemäß den Fig. 2 und 3 an dem Kurbelgehäuse 56 gelagert ist. Im Übrigen trifft das zur Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98 gemäß Fig. 8 geschilderte auf die Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine 98 gemäß Fig. 9 analog zu.

Bezugszeichenliste

10	Lagerungsanordnung
12	Welle
14	Lagerelement
16	Drehachse
18	Gestell
20	Lagerdeckel
22	Spannschraube
24	Piezo-Stack
26	Lagerring
28	Erstes Lagerteil
30	Zweites Lagerteil
32	Schlitz
34	Verbindungsflansch
36	Flanschschraube
38	Aussparung
40	Verstärkungselement
42	Stelleinrichtung
44	Stellwelle
46	Teilwelle
48	Teilwelle
50	Teilwelle
52	Teilwelle
54	Drehachse
56	Kurbelgehäuse
58	Lagerdeckel
60	Lagedeckel
62	Lagerdeckel
64	Lagerdeckel

66	Lagerdeckel
68	Lagergasse
70	Lageraufnahme
72	Lageraufnahme
74	Lageraufnahme
76	Diagramm
78	Diagramm
80	Diagramm
82	Abszisse
84	Richtungspfeil
85	Ordinate
86	Richtungspfeil
88	Verlauf
90	Verlauf
92	Ordinate
94	Verlauf
96	Ordinate
B	Bremszustand
F	Freigabezustand
N	negativer Bereich
P	positiver Bereich

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungskraftmaschine (98), insbesondere einer Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine (98), mit wenigstens einem variabel einstellbaren Verdichtungsverhältnis, bei welchem zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses eine Bewegung wenigstens eines Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52), über welches das Verdichtungsverhältnis einstellbar ist, in eine erste Bewegungsrichtung und/oder in eine zweite, der ersten Bewegungsrichtung entgegengesetzte Bewegungsrichtung mittels zumindest eines Stellglieds (24) bewirkt wird,
gekennzeichnet durch den Schritt:
 - Schalten des als eine Bremseinrichtung (24) ausgebildeten Stellglieds (24) zum Bewirken der Bewegung des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) in die erste oder die zweite Bewegungsrichtung von einem die Bewegung verhindernden und das Verdichtungsverhältnis zumindest im Wesentlichen haltenden Bremszustand in einen die Bewegung ermöglichende Freigabezustand, wenn eine Kraft und/oder ein Drehmoment zumindest mittelbar auf das Übertragungselement (12, 44, 46, 48, 50, 52) wirkt, welche eine Bewegung des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) in die erste oder zweite Bewegungsrichtung zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses bewirkt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die auf das Übertragungselement (12, 44, 46, 48, 50, 52) wirkende Kraft und/oder das Drehmoment mittels wenigstens einer Erfassungseinrichtung erfasst wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremseinrichtung (24) während einer Zeitdauer, während welcher die Bewegung in die erste oder zweite Bewegungsrichtung bewirkende Kraft und/oder Drehmoment wirkt, mehrmals zwischen dem Bremszustand und dem Freigabezustand geschaltet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abbremsen des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) die Bremseinrichtung (24) zumindest vorübergehend nach einer Bewegung des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) in die erste Bewegungsrichtung in dem Freigabezustand gehalten wird, wenn die Kraft und/oder das Drehmoment nach dem Bewirken der Bewegung in die erste Bewegungsrichtung der Bewegung in die erste Bewegungsrichtung entgegenwirkt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremseinrichtung (24) erst dann von dem Freigabezustand in den Bremszustand geschaltet wird, wenn die Geschwindigkeit des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) in eine der Bewegungsrichtungen einen vorgebbaren Schwellenwert unterschreitet.
6. Stalleinrichtung (42) zum variablen Einstellen wenigstens eines Verdichtungsverhältnisses einer Verbrennungskraftmaschine (98), insbesondere einer Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine (98), mit wenigstens einem Stellglied (24), mittels welchem zum variablen Einstellen des Verdichtungsverhältnisses eine Bewegung wenigstens eines Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52), über welches das Verdichtungsverhältnis einstellbar ist, der Stalleinrichtung (42) in eine erste Bewegungsrichtung und/oder in eine zweite, der ersten Bewegungsrichtung entgegengesetzte Bewegungsrichtung bewirkbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das als eine Bremseinrichtung (24) ausgebildete Stellglied (24) zum Bewirken der Bewegung des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) in die erste oder die zweite Bewegungsrichtung von einem die Bewegung verhindernden und das

Verdichtungsverhältnis zumindest im Wesentlichen haltenden Bremszustand in einen die Bewegung ermöglichenden Freigabezustand schaltbar ist, wenn eine Kraft und/oder ein Drehmoment zumindest mittelbar auf das Übertragungselement (12, 44, 46, 48, 50, 52) wirkt, welche eine Bewegung des Übertragungselements (12, 44, 46, 48, 50, 52) in die erste oder zweite Bewegungsrichtung zum Einstellen des Verdichtungsverhältnisses bewirkt.

1/8

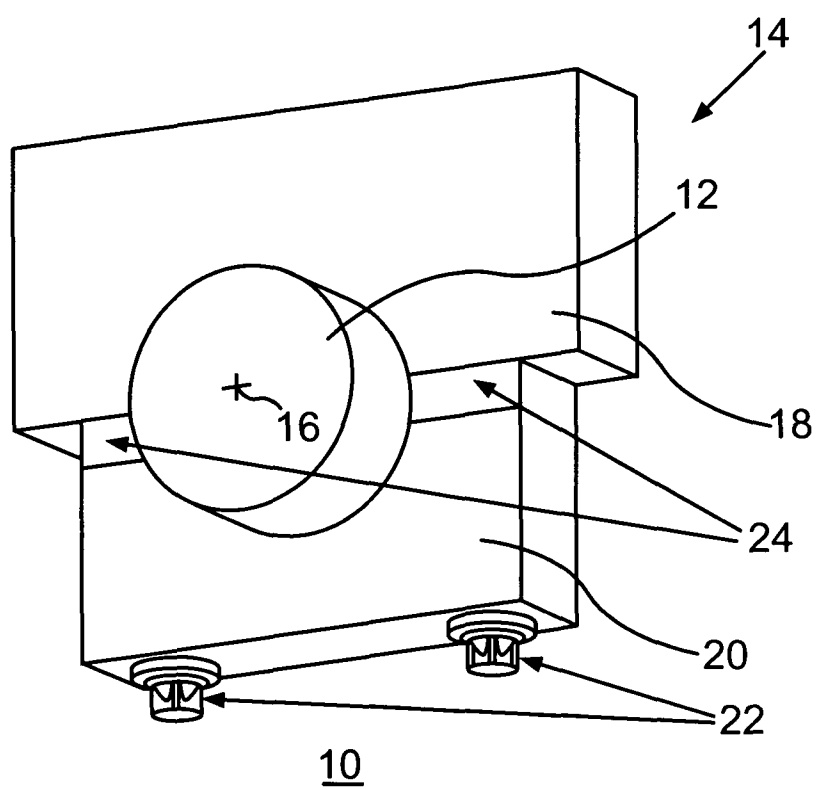
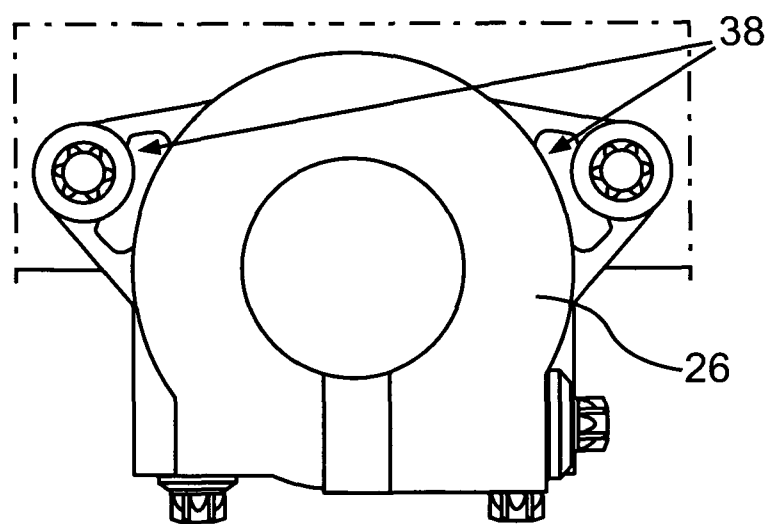
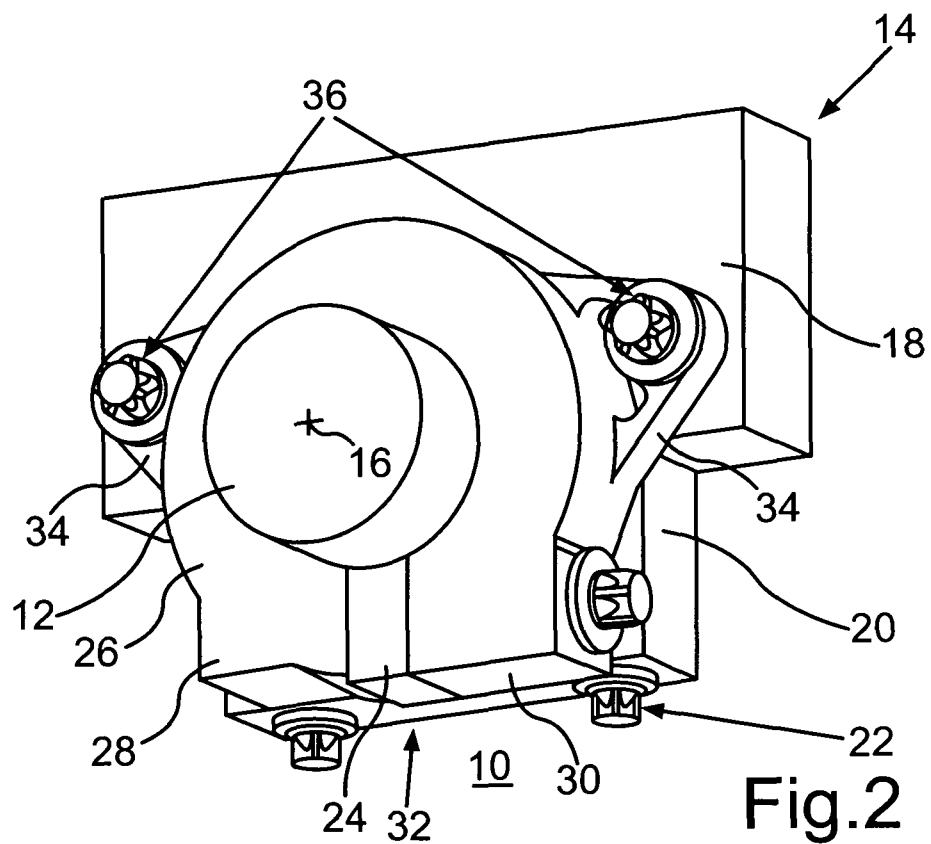


Fig.1

2/8



3/8

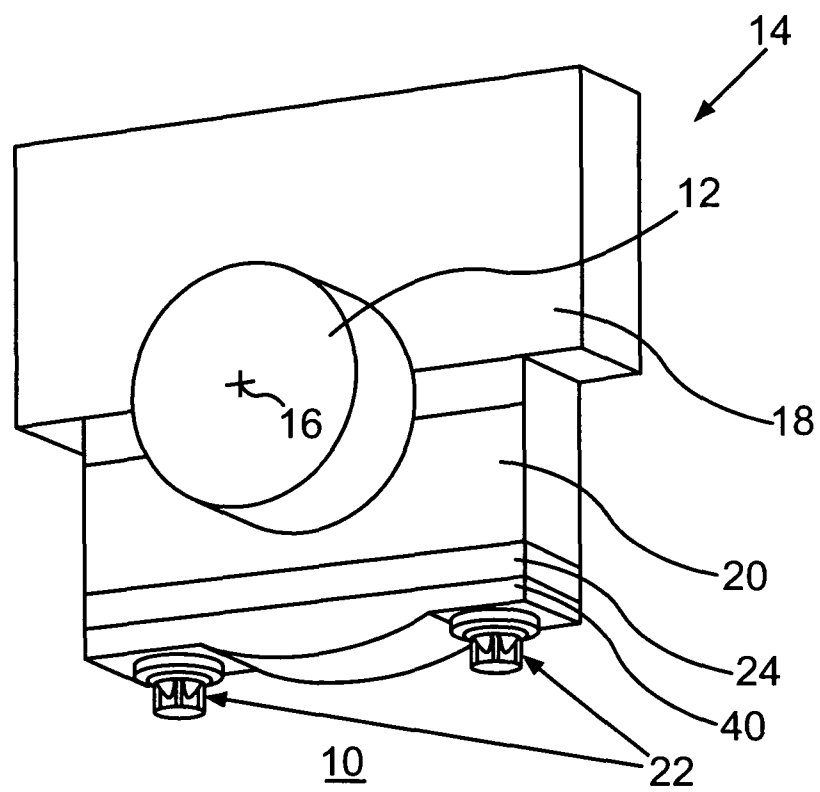


Fig.4

4/8

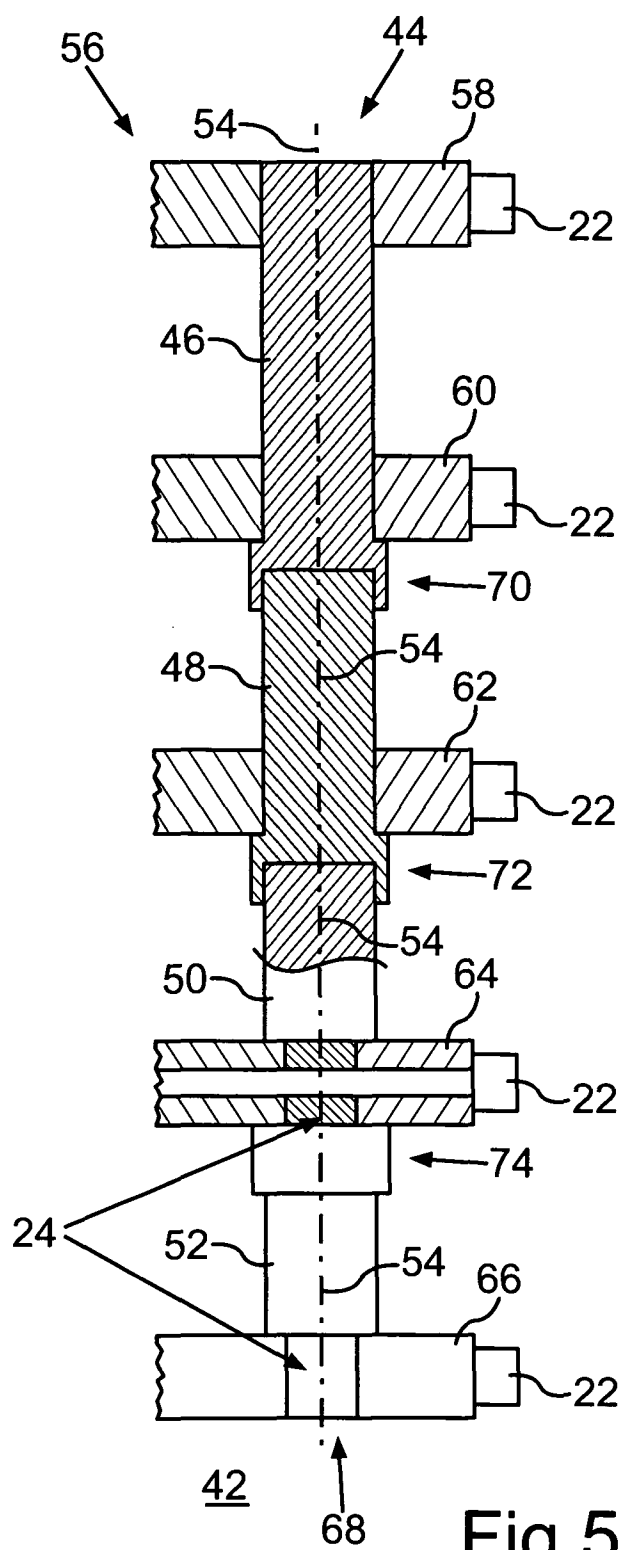


Fig.5

5/8

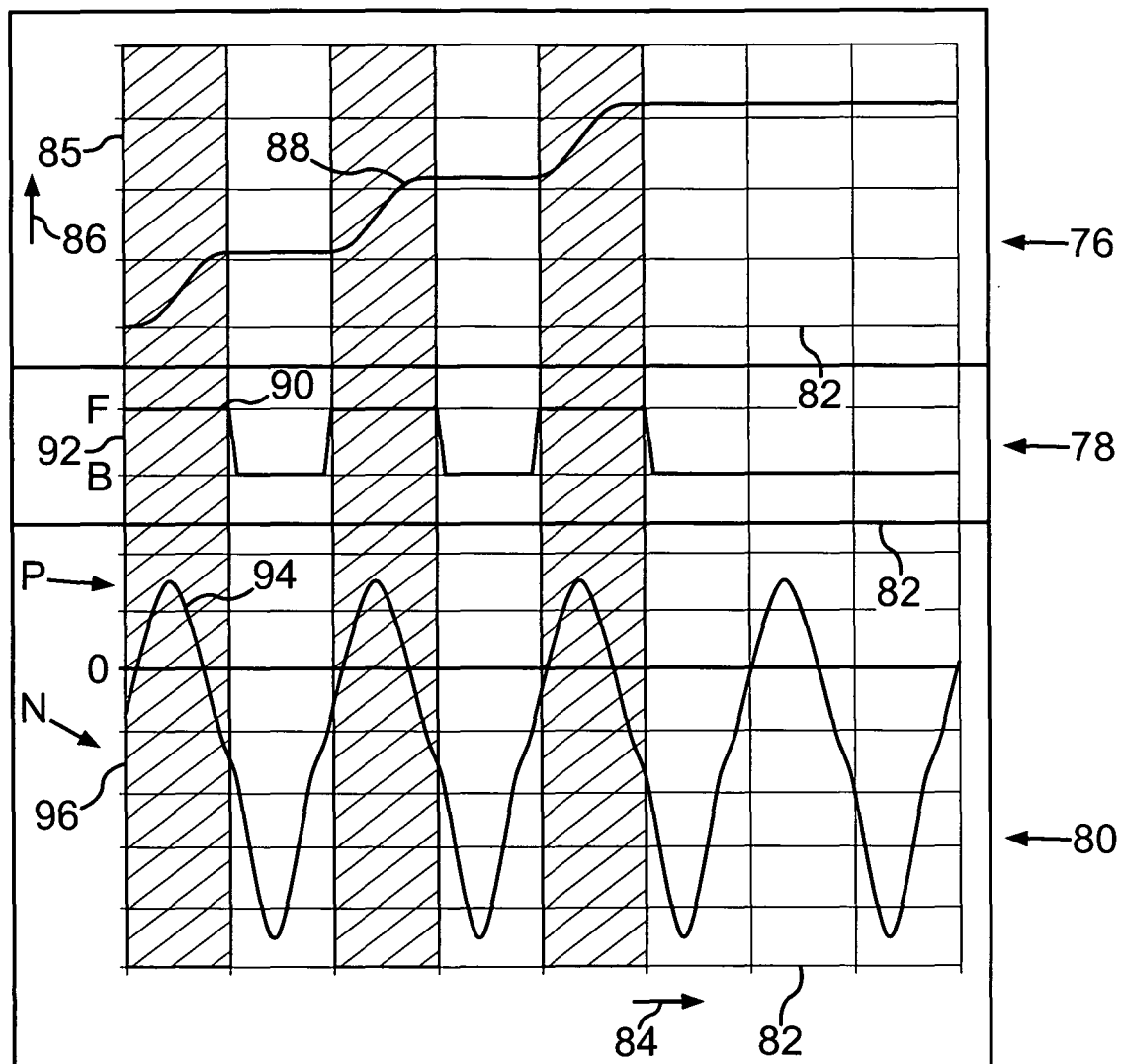


Fig.6

6/8

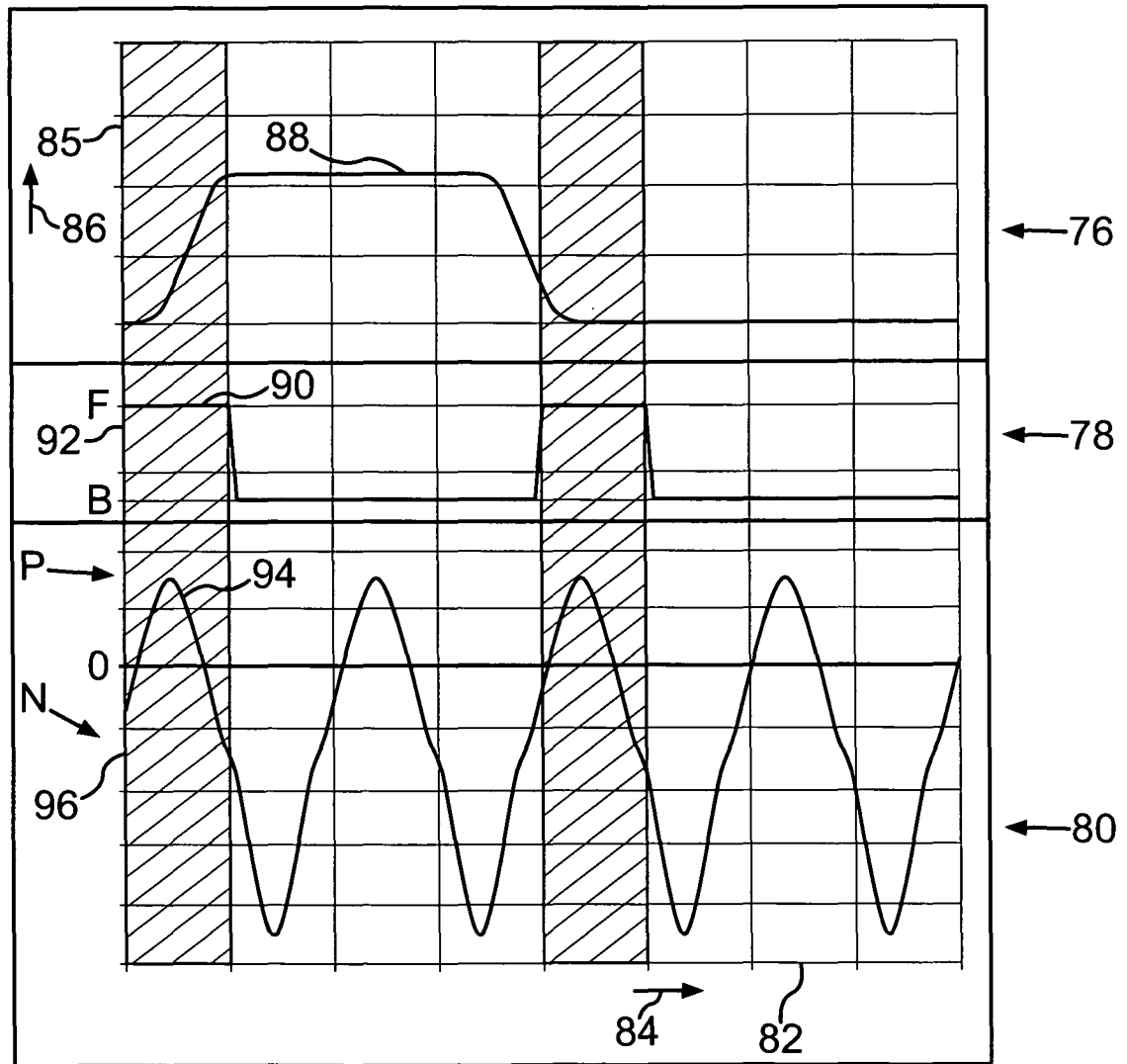


Fig.7

7/8

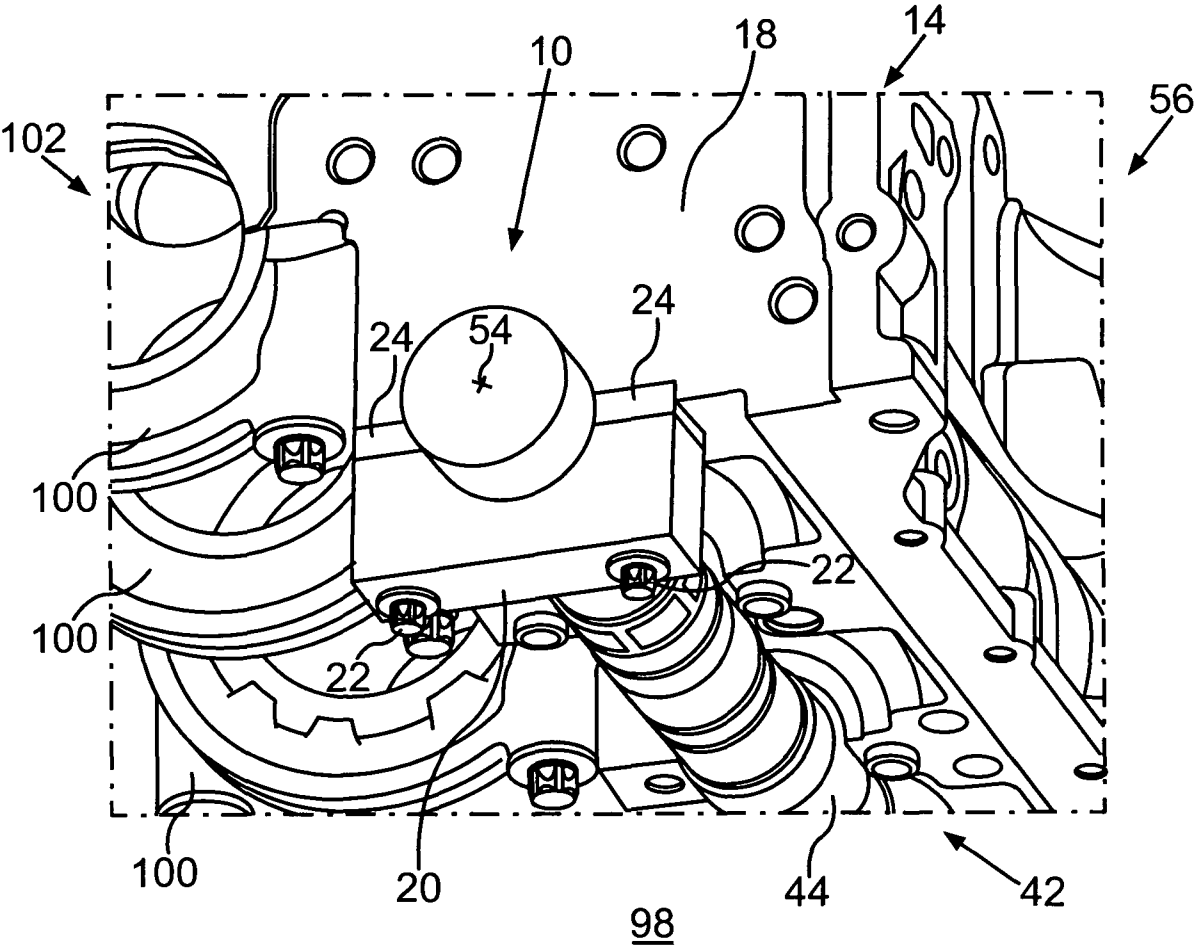


Fig.8

8/8

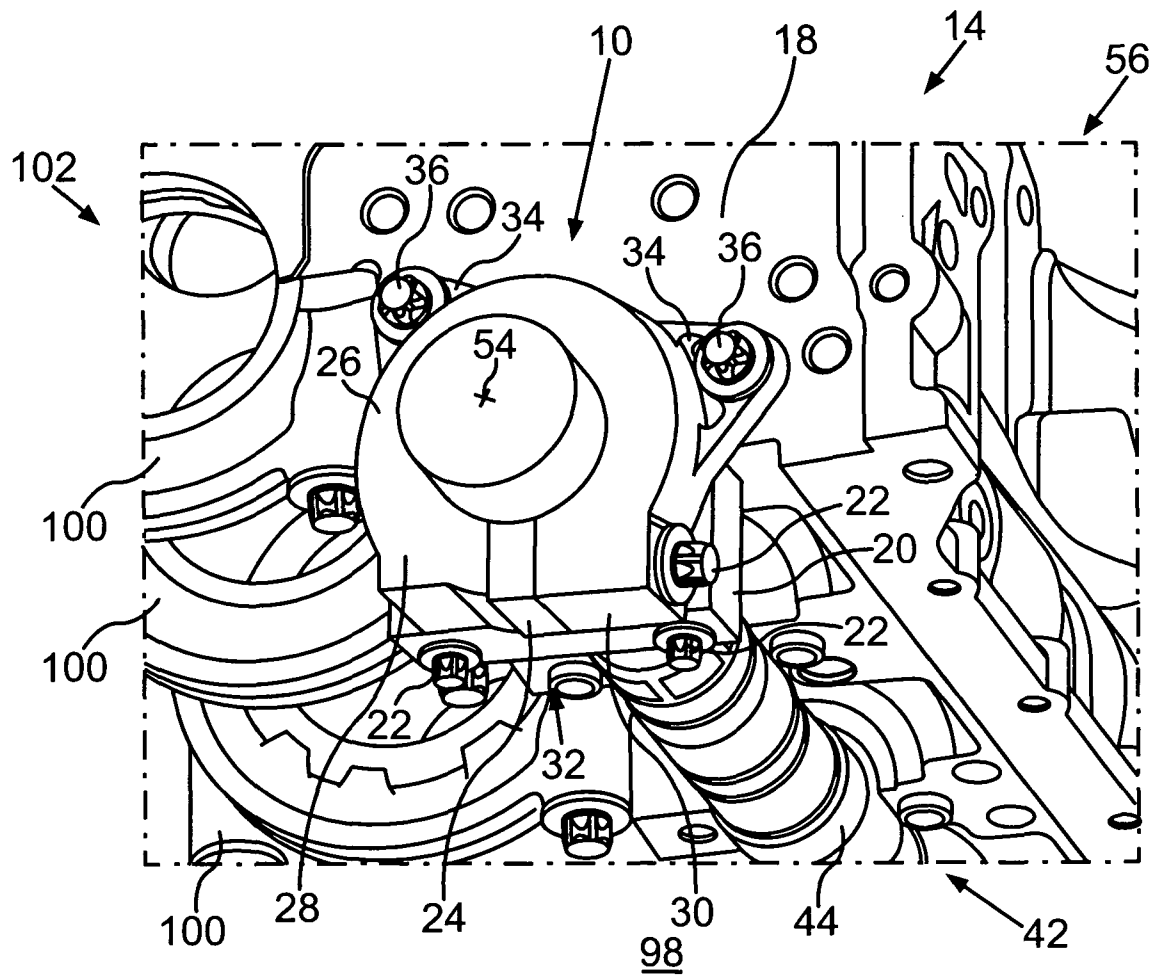


Fig.9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/006211

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02B75/04 F02D15/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02B F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2005 020270 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 9 November 2006 (2006-11-09) paragraph [0014] - paragraph [0041]; claims 8,9 -----	1,2,5,6
X	DE 10 2008 040459 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 21 January 2010 (2010-01-21) paragraph [0030]; figure 1 -----	1,2,5,6
X	DE 101 51 508 A1 (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES DEARB [US]) 25 July 2002 (2002-07-25) paragraph [0061] - paragraph [0072]; figures 2,5,6,7 -----	1,2,6
A	EP 1 201 894 A2 (NISSAN MOTOR [JP]) 2 May 2002 (2002-05-02) paragraph [0019]; figures 9,10 ----- -/-	1,2,5,6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 March 2012

Date of mailing of the international search report

18/04/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tietje, Kai

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/006211

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 918 553 A2 (NISSAN MOTOR [JP]) 7 May 2008 (2008-05-07) paragraph [0087] - paragraph [0107]; figures 1,5,7 -----	1,2,5,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/006211

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102005020270 A1	09-11-2006	DE 102005020270 A1	09-11-2006
		JP 2008540889 A	20-11-2008
		US 2008173281 A1	24-07-2008
		WO 2006117079 A1	09-11-2006
DE 102008040459 A1	21-01-2010	DE 102008040459 A1	21-01-2010
		WO 2010006871 A1	21-01-2010
DE 10151508 A1	25-07-2002	DE 10151508 A1	25-07-2002
		US 6622669 B1	23-09-2003
EP 1201894 A2	02-05-2002	DE 60127919 T2	30-08-2007
		EP 1201894 A2	02-05-2002
		JP 3879385 B2	14-02-2007
		JP 2002138867 A	17-05-2002
		US 2002050252 A1	02-05-2002
EP 1918553 A2	07-05-2008	EP 1918553 A2	07-05-2008
		JP 4816410 B2	16-11-2011
		JP 2008111375 A	15-05-2008
		US 2008098990 A1	01-05-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02B75/04 F02D15/02
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02B F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2005 020270 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 9. November 2006 (2006-11-09) Absatz [0014] - Absatz [0041]; Ansprüche 8,9	1,2,5,6
X	DE 10 2008 040459 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 21. Januar 2010 (2010-01-21) Absatz [0030]; Abbildung 1	1,2,5,6
X	DE 101 51 508 A1 (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES DEARB [US]) 25. Juli 2002 (2002-07-25) Absatz [0061] - Absatz [0072]; Abbildungen 2,5,6,7	1,2,6
A	EP 1 201 894 A2 (NISSAN MOTOR [JP]) 2. Mai 2002 (2002-05-02) Absatz [0019]; Abbildungen 9,10	1,2,5,6
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. März 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/04/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Tietje, Kai

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 918 553 A2 (NISSAN MOTOR [JP]) 7. Mai 2008 (2008-05-07) Absatz [0087] - Absatz [0107]; Abbildungen 1,5,7 -----	1,2,5,6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/006211

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005020270 A1	09-11-2006	DE 102005020270 A1	09-11-2006
		JP 2008540889 A	20-11-2008
		US 2008173281 A1	24-07-2008
		WO 2006117079 A1	09-11-2006
DE 102008040459 A1	21-01-2010	DE 102008040459 A1	21-01-2010
		WO 2010006871 A1	21-01-2010
DE 10151508 A1	25-07-2002	DE 10151508 A1	25-07-2002
		US 6622669 B1	23-09-2003
EP 1201894 A2	02-05-2002	DE 60127919 T2	30-08-2007
		EP 1201894 A2	02-05-2002
		JP 3879385 B2	14-02-2007
		JP 2002138867 A	17-05-2002
		US 2002050252 A1	02-05-2002
EP 1918553 A2	07-05-2008	EP 1918553 A2	07-05-2008
		JP 4816410 B2	16-11-2011
		JP 2008111375 A	15-05-2008
		US 2008098990 A1	01-05-2008