



(11)

EP 2 510 201 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.01.2015 Patentblatt 2015/02

(51) Int Cl.:
F01L 9/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10787355.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/068223

(22) Anmeldetag: **25.11.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/069836 (16.06.2011 Gazette 2011/24)

(54) BRENNKRAFTMASCHINE MIT ELEKTROHYDRAULISCHER VENTILSTEUERUNG UND VERFAHREN ZUM BETRIEB DER BRENNKRAFTMASCHINE

INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING ELECTROHYDRAULIC VALVE CONTROL AND METHOD FOR OPERATING SAID INTERNAL COMBUSTION ENGINE

MOTEUR À COMBUSTION INTERNE ÉQUIPÉ D'UNE COMMANDE DE SOUPAPE ÉLECTRO-HYDRAULIQUE ET PROCÉDÉ POUR LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

• **COSTA, Camilo**
91074 Herzogenaurach (DE)

(30) Priorität: **08.12.2009 US 267553 P**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 031 706 EP-A2- 1 344 900
EP-A2- 2 060 754 WO-A1-98/07965
JP-A- 61 164 009

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.10.2012 Patentblatt 2012/42

(73) Patentinhaber: **Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG**
91074 Herzogenaurach (DE)

• **HUGUES WANLIN: "Hydraulic valve lift mechanism for an engine", RESEARCH DISCLOSURE, MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, GB, Bd. 441, Nr. 101, 1. Januar 2001 (2001-01-01), XP007127490, ISSN: 0374-4353**

(72) Erfinder:
• **VON SCHIMONSKY, Lothar**
91466 Gerhardshofen (DE)

EP 2 510 201 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit elektrohydraulischer Ventilsteuerung zum hubvariablen Antrieb eines in Schließrichtung federkraftbeaufschlagten Gaswechselventils und ein Verfahren zum Betrieb der Brennkraftmaschine. Diese umfasst eine Nockenwelle und ein im Antriebssinn zwischen der Nockenwelle und dem Gaswechselventil angeordnetes Hydrauliksystem, das an eine Hydraulikmittelversorgung der Brennkraftmaschine angeschlossen ist und folgendes aufweist:

- einen von einem Nocken der Nockenwelle angetriebenen ersten Hydraulikkolben und einen das Gaswechselventil in Öffnungsrichtung antreibenden zweiten Hydraulikkolben,
- einen von dem ersten Hydraulikkolben und dem zweiten Hydraulikkolben begrenzten Druckraum mit veränderlichem Volumen und einen den Druckraum mit einem Druckentlastungsraum verbindenden Steuerkanal,
- ein im Steuerkanal angeordnetes, elektrisch angesteuertes Hydraulikventil, das einen Hydraulikmittelfluss durch den Steuerkanal in geöffneter Stellung des Hydraulikventils zulässt und in geschlossener Stellung des Hydraulikventils sperrt.

[0002] Die Brennkraftmaschine umfasst ferner ein elektronisches Ansteuermittel zur Ansteuerung des Hydraulikventils in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine.

Hintergrund der Erfindung

[0003] Brennkraftmaschinen mit elektrohydraulischen Ventiltrieben, bei denen ein Teilvolumen des als sogenannten hydraulisches Gestänge wirkenden Druckraums bei geöffnetem Hydraulikventil stufenlos in den Druckentlastungsraum absteuerbar ist und dementsprechend die vom Nocken vorgegebene Erhebung vollständig, teilweise oder gar nicht auf das Gaswechselventil übertragen wird, sind in der Patentliteratur aus einer Vielzahl von Druckschriften bekannt. Der konstruktive Aufbau der Ventilsteuerung einer gattungsgemäßen Brennkraftmaschine geht aus dem Artikel 'Elektrohydraulische Ventilsteuerung mit dem "MultiAir"-Verfahren' hervor, der jüngst in der Motortechnischen Zeitschrift (MTZ), Ausgabe 12/2009 veröffentlicht wurde. Dieser Artikel zeigt auch ein Motorkennfeld mit unterschiedlichen Hubkurven, die - ausgehend von der Nockenerhebung - mittels des nachgeschalteten Hydrauliksystems betriebsspunktabhängig in modifizierter Form auf das Gaswechselventil übertragen werden. Ebenfalls dargestellt ist das elektronische Ansteuermittel zur Ansteuerung des Hydraulikventils, dort in Form eines integrierten Motors-

teuergeräts. Die Druckschrift EP1344900 A2 offenbart auch eine Brennkraftmaschine mit einem elektrohydraulischen Ventiltrieb.

[0004] Naturgemäß ist das Betriebsverhalten elektrohydraulischer Ventiltriebe in signifikanter Höhe von den Eigenschaften des Hydraulikmittels und dabei insbesondere von dessen momentanem und hauptsächlich temperaturbedingtem Viskositätszustand abhängig. Eine wesentliche Ursache für diese Abhängigkeit liegt in der sogenannten hydraulischen Ventilbremse, die Teil des Hydrauliksystems ist und die bei konventionellen mechanischen Ventiltrieben vorgesehene Ventilschließrampe am Nocken ersetzt. Die hydraulische Ventilbremse hat bekanntlich die Aufgabe, einen von der Nockenerhebung entkoppelten Hub des Gaswechselventils so zu formen, dass das schließende Gaswechselventil den Ventilsitz stets mit mechanisch und akustisch akzeptabler Aufsetzgeschwindigkeit erreicht. Gleichzeitig ist die hydraulische Ventilbremse so zu gestalten, dass die den Ladungswechsel der Brennkraftmaschine beeinträchtigenden Soll-Ist-Abweichungen des Gaswechselventilschließzeitpunkts minimal sind.

[0005] Hydraulische Ventilbremsen sind üblicherweise so ausgeführt, dass das vom gaswechselventilseitigen zweiten Hydraulikkolben verdrängte Hydraulikmittel kurz vor dem Schließen des Gaswechselventils eine Drosselstelle passieren muss, deren hydraulischer Widerstand ein Abbremsen des Gaswechselventilhubes auf die vorgegebene Aufsetzgeschwindigkeit erzeugt. Der Viskosität-Temperaturgang des Hydraulikmittels, dessen Viskosität mit sinkender Temperatur stark zunimmt, begrenzt jedoch die Funktionalität der hydraulischen Ventilbremse auf ein Temperaturfenster in der Weise, dass der Schließzeitpunkt des Gaswechselventils unterhalb einer Grenztemperatur unzulässig stark schwankt und/oder verzögert wird. Im Extremfall erreicht das Gaswechselventil den Ventilsitz gar nicht und bleibt - hinsichtlich des Ladungswechsel- und Verbrennungsprozesses der Brennkraftmaschine - in unzulässiger Weise zwischen zwei Umdrehungen der Nockenwelle offen stehen.

Aufgabe der Erfindung

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Brennkraftmaschine mit elektrohydraulischer Ventilsteuerung der eingangs genannten Art so fortzubilden bzw. ein Verfahren zum Betrieb der Brennkraftmaschine anzugeben, dass die Funktionalität der elektrohydraulischen Ventilsteuerung auch bei sehr hoher Viskosität des Hydraulikmittels, d.h. in einem zu tieferen Temperaturen hin erweiterten Temperaturfenster gegeben ist.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Diese Aufgabe wird vorrichtungsseitig dadurch gelöst, dass das elektronische Ansteuermittel konfigu-

riert ist, um das Hydraulikventil in Abhängigkeit der betrieblichen Hydraulikmitteltemperatur oder -viskosität und/oder des betrieblichen Drucks in der Hydraulikmittelversorgung derart anzusteuern, dass während einer Maschinenbetriebsphase, die eine oder unmittelbar aufeinanderfolgende Umdrehungen der Nockenwelle umfasst, lediglich ein vorbestimmtes Teilvolumen des Druckraums mit Hydraulikmittel befüllt ist und sich das Hydraulikventil zumindest während jeder gesamten Erhebungsphase des Nockens in der geschlossenen Stellung befindet.

[0008] Mit anderen Worten ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass für eine bestimmte Anzahl von Arbeitspielen der Brennkraftmaschine lediglich ein Teilvolumen des Druckraums mit Hydraulikmittel befüllt ist und dieses Teilvolumen zumindest während der Nockenerhebungsphase (von unvermeidbaren Leckagen abgesehen) unverändert bleibt. Eine durch gezielte Ansteuerung des Hydraulikventils kontrollierte Absteuerung von Hydraulikmittel aus dem Druckraum erfolgt also in keiner Phase der Nockenerhebung.

[0009] Die definierte Voreinstellung des im Druckraum befindlichen Teilvolumens an Hydraulikmittel erfolgt durch einen gezielten Hubverlust des hydraulischen Gestänges während einer oder mehrerer Umdrehungen der Nockenwelle vor der Maschinenbetriebsphase und bewirkt während der Maschinenbetriebsphase, dass das Gaswechselventil bezüglich der Nockenerhebung später öffnet und bei entsprechend reduzierter Hubhöhe früher schließt. Im Falle hochviskosen Hydraulikmittels verbleibt der hydraulischen Ventilbremse zwischen zwei Nockenwellenumdrehungen ein längeres Zeitintervall, in dem das Gaswechselventil sicher den Ventilsitz erreichen kann. Die Menge des Teilvolumens ist im Hinblick auf einen erfolgreichen Ladungswechsel so einzustellen, dass das Gaswechselventil eine minimale Hubhöhe nicht unterschreitet und einen maximalen Schließzeitpunkt nicht überschreitet. Dies gilt auch für den Fall, dass das Hydraulikventil in den Phasen zwischen den Nockenerhebungen geöffnet wird und somit eine Wiederbefüllung des Druckraums mit Hydraulikmittel aus dem Druckentlastungsraum ermöglicht.

[0010] Der Erfindung vorausgehende Versuche der Anmelderin haben demgegenüber folgendes gezeigt: ein zyklustreues, d.h. bei jeder Nockenwellenumdrehung erfolgendes Absteuern und Wiederbefüllen des Druckraums mit dem Ziel, den Hub und somit die Öffnungsdauer des Gaswechselventils deutlich zu reduzieren, kann zum einen daran scheitern, dass die hohe Viskosität des Hydraulikmittels eine ausreichend schnelle und vollständige Wiederbefüllung des Druckraums mit Hydraulikmittel aus dem Druckentlastungsraum verhindert. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Druck in der Hydraulikmittelversorgung der Brennkraftmaschine (noch) unzureichend ist. Zum anderen hat das Hydraulikventil die Eigenschaft, bei niedrigen Temperaturen nicht mehr gegen den dann hochviskosen Hydraulikmittelstrom durch den Steuerkanal schließen zu können. Letzteres

verhindert also, dass das Hydraulikventil erst während der in Eingriff befindlichen Nockenerhebung schließt, um ein gegenüber der Nockenerhebung späteres Öffnen und dementsprechend früheres Schließen des Gaswechselventils zu erzeugen.

[0011] Aus den vorstehenden Erläuterungen wird deutlich, dass die Erfindung insbesondere eine erfolgreiche Start- und initiale Warmlaufphase der kalten Brennkraftmaschine bei sehr niedrigen Umgebungstemperaturen begünstigt (typischerweise ist auch bei -30°C Umgebungs- und Maschinentemperatur ein erfolgreicher Startvorgang zu gewährleisten), zumal unter solchen Bedingungen der Druckaufbau in der Hydraulikmittelversorgung der Brennkraftmaschine besonders stark verzögert einsetzt. Wie oben erwähnt, kann ein unzureichender Druck in der Hydraulikmittelversorgung der Brennkraftmaschine eine vollständige Wiederbefüllung des Druckraums soweit verhindern, dass während der Nockenerhebungsphase eine kontrollierte Modifizierung oder Reduzierung des Gaswechselventilhubes durch zyklustreues Absteuern von Hydraulikmittel aus dem Druckraum nicht möglich ist. Insbesondere ermöglicht die Erfindung auch bei kaltem, d.h. hochviskosem Hydraulikmittel ein gegenüber der Nockenerhebung späteres Einlassöffnen. Wie vorstehend erläutert, ist dies bei einer herkömmlichen Ansteuerung des Hydraulikventils nicht möglich, da das Hydraulikventil nicht oder nicht ausreichend schnell gegen hochviskosen Hydraulikmittelstrom im Steuerkanal schließt.

[0012] Die Erfindung ist jedoch nicht nur auf ihre Anwendung bei kaltem Hydraulikmittel beschränkt, sondern kann auch bei anderen Betriebstemperaturen der Brennkraftmaschine zur Anwendung kommen.

[0013] Im Sinne der Erfindung kann auf eine zyklustreue Wiederbefüllung des Druckraums zwischen den Nockenerhebungsphasen verzichtet werden, wenn die Wiederbefüllung lediglich dem Ausgleich von unvermeidlichen Spaltleckagen aus dem Druckraum dient und die Leckagen im Falle sehr hoher Hydraulikmittelviskosität vernachlässigbar klein sind. Insoweit kann während der eingangs genannten Maschinenbetriebsphase auch eine Ansteuerung des Hydraulikventils in der Weise vorgesehen sein, dass das Hydraulikventil nicht nur während der in Eingriff befindlichen Nockenerhebungsphase, sondern während der gesamten Maschinenbetriebsphase geschlossen bleibt.

[0014] Außerdem kann es vorgesehen sein, dass die Anzahl der Umdrehungen der Nockenwelle während der Maschinenbetriebsphase in Abhängigkeit der zum Zeitpunkt des Startvorgangs der Brennkraftmaschine ermittelten Hydraulikmitteltemperatur durch das elektronische Ansteuermittel vorbestimmt ist. Parameter für diese vorbestimmte Umdrehungsanzahl ist im wesentlichen die Temperatur des Hydraulikmittels beim Startvorgang, wobei die parameterabhängige Umdrehungsanzahl durch Prüfstandsversuche ermittelt und in einem Kennfeld des elektronischen Ansteuermittels als Steuergröße abgelegt werden kann. Alternativ zu der vorbestimmten Dauer

der Maschinenbetriebsphase kann es auch vorgesehen sein, diese Dauer in Abhängigkeit von aktuellen Betriebsparametern, insbesondere der Hydraulikmittelmtemperatur einzustellen.

[0015] Ferner kann die genannte Maschinenbetriebsphase einmal oder, falls erforderlich, auch mehrmals aufeinanderfolgend durchfahren werden. Für den sich daran anschließenden "Normalbetrieb" der elektrohydraulischen Ventilsteuerung mit zyklustreuer Absteuerung und Wiederbefüllung des Druckraums soll das elektronische Ansteuerermittel konfiguriert sein, das Hydraulikventil derart anzusteuern, dass während einer der Maschinenbetriebsphase folgenden weiteren Maschinenbetriebsphase, die unmittelbar aufeinanderfolgende Umdrehungen der Nockenwelle umfasst, der Druckraum vor jeder Erhebungsphase des Nockens zumindest nahezu vollständig mit Hydraulikmittel wiederbefüllt ist.

[0016] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird verfahrensseitig dadurch gelöst, dass das elektronische Ansteuerermittel konfiguriert ist, das Hydraulikventil in Abhängigkeit der betrieblichen Hydraulikmittelmtemperatur oder -viskosität und/oder des betrieblichen Drucks in der Hydraulikmittelversorgung anzusteuern, wobei folgende Verfahrensschritte vorgesehen sind, die zeitlich aufeinanderfolgen:

- Öffnen des Hydraulikventils zu einem Zeitpunkt innerhalb der Erhebungsphase des Nockens und Schließen des Hydraulikventils zu einem Zeitpunkt derart, dass lediglich ein vorbestimmtes Teilvolumen des Druckraums mit Hydraulikmittel befüllt ist, und
- Halten des Hydraulikventils in der geschlossenen Stellung während einer Maschinenbetriebsphase, die eine oder unmittelbar aufeinanderfolgende Umdrehungen der Nockenwelle umfasst, wobei sich das Hydraulikventil zumindest während jeder gesamten Erhebungsphase des Nockens in der geschlossenen Stellung befindet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und aus den Zeichnungen. Es zeigen:

Figur 1 eine zeitliche Sequenz von Erhebungen des Nockens und des Gaswechselventils mit zugehörigen Stromverläufen am Hydraulikventil;

Figur 2 eine zeitliche Sequenz entsprechend Figur 1, wobei sich das Hydraulikventil während der gesamten Maschinenbetriebsphase in der geschlossenen Stellung befindet;

Figur 3 die Erhebung des Nockens und des Gaswechselventils während der Maschinenbetriebsphase in vergrößerter Darstellung und

Figur 4 eine Prinzipdarstellung der elektrohydraulischen Ventilsteuerung.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Ausgangspunkt der Beschreibung ist die in Figur 4 dargestellte Prinzipdarstellung einer an sich bekannten elektrohydraulischen Ventilsteuerung 1. Die Ventilsteuerung 1 dient zum hubvariablen Antrieb eines in Schließrichtung durch eine Ventiltfeder 2 kraftbeaufschlagten Gaswechselventils 3 einer Brennkraftmaschine 4 und umfasst als wesentliche Bauteile einen Nocken 5 einer Nockenwelle 6, einen vom Nocken 5 hier mittels eines Tassenstößels 7 angetriebenen ersten Hydraulikkolben 8, einen das Gaswechselventil 3 in dessen Öffnungsrichtung antreibenden zweiten Hydraulikkolben 9, einen zwischen dem ersten Hydraulikkolben 8 und dem zweiten Hydraulikkolben 9 verlaufenden Druckraum 10 mit veränderlichem Volumen und einen Druckentlastungsraum 11, der mit dem Druckraum 10 über einen Steuerkanal 12 verbunden ist und einen federbelasteten Druckspeicher 13 umfasst. Das im Antriebssinn zwischen der Nockenwelle 6 und dem Gaswechselventil 3 angeordnete Hydrauliksystem ist an eine Hydraulikmittelversorgung 14 der Brennkraftmaschine, hier deren Schmiermittelkreislauf angeschlossen.

[0019] Im Steuerkanal 12 ist ein elektrisch angesteuertes Hydraulikventil 15 in der Bauart eines 2/2-Wege-Schaltventils angeordnet, das in dessen stromlos geöffneten Stellung einen Hydraulikmittelfluss durch den Steuerkanal 12 zulässt und in dessen bestromt geschlossener Stellung sperrt. Die elektrische Ansteuerung des Hydraulikventils 15 in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine 4 erfolgt über ein elektronisches Ansteuerermittel 16 als integrierter Bestandteil des Motorsteuergeräts.

[0020] Die an sich bekannte Funktionsweise der Ventilsteuerung 1 lässt sich dahingehend zusammenfassen, dass das im Druckraum 10 befindliche Hydraulikmittel als hydraulisches Gestänge wirkt, wobei die vom Nocken 5 vorgegebene Erhebung bei geschlossenem Hydraulikventil 15 auf das Gaswechselventil 3 übertragen wird und bei geöffnetem Hydraulikventil 15 teilweise oder ganz in den Druckentlastungsraum 11 abgesteuert wird. Die hydraulische Entkopplung der Nockenerhebung und des Gaswechselventilhubs erfordert eine hydraulische Ventiltbremse 17, die das vom zweiten Hydraulikkolben 9 zurückverdrängte Hydraulikmittel drosselt und so das schließende Gaswechselventil 3 auf eine mechanisch und akustisch akzeptable Aufsetzgeschwindigkeit am Ventilsitz 18 abbremst.

[0021] In den Figuren 1 und 2 ist jeweils in einer zeitlichen Sequenz dargestellt, wie das stromlos geöffnete Hydraulikventil 15 während des Startvorgangs der Brennkraftmaschine 4 bei einer Umgebungs- und Maschinentemperatur deutlich unter 0°C bei entsprechend hochviskosem Hydraulikmittel angesteuert wird und welche Hübe 19 sich dabei am Gaswechselventil 3 relativ

zur Nockenerhebung 20 einstellen. In den Diagrammen sind der Stromverlauf 21 am Hydraulikventil 15 jeweils unten und der Hub 19 des Gaswechselventils 3 bzw. die Nockenerhebung 20 oben dargestellt.

[0022] Figur 1: im Verlauf der ersten Nockenerhebung 20 wird das bestromte Hydraulikventil 15 stromlos geschaltet, so dass bei dann geöffnetem Steuerkanal 12 ein Teil des im Druckraum 10 befindlichen Hydraulikmittels in den Druckentlastungsraum 11 verdrängt und dementsprechend die Nockenerhebung 20 nur teilweise auf das Gaswechselventil 3 übertragen wird. Die Zeitpunkte, zu denen die Bestromung 21 des Hydraulikventils 15 abgeschaltet und anschließend wieder angeschaltet wird, und das dementsprechende Zeitintervall, in dem das Hydraulikventil 15 geöffnet ist und eine Wiederbefüllung des Druckraums 10 zulässt, sind so bemessen, dass zu Beginn der zweiten Nockenerhebung lediglich ein vorbestimmtes Teilvolumen des Druckraums 10 mit Hydraulikmittel befüllt ist. Dies führt in Verbindung mit einer geeigneten Ansteuerung des Hydraulikventils 15 dazu, dass in der nachfolgenden Maschinenbetriebsphase die vom Nockenerhebung 20 nur teilweise auf das Gaswechselventil 3 übertragen wird, und ist deutlich erkennbar an dem späten Öffnungs- und frühen Schließzeitpunkt sowie dem kleineren Maximalhub 19 des Gaswechselventils 3, jeweils bezogen auf die Nockenerhebung 20. Die Dauer der Maschinenbetriebsphase umfasst die Umdrehungen 2 bis n der Nockenwelle 6. Die Ansteuerung des Hydraulikventils 15 erfolgt in der Weise, dass zum einen das Hydraulikventil 15 während jeder gesamten Nockenerhebungsphase 20 bestromt wird und folglich dabei durchgehend geschlossen bleibt. Zum anderen sind die Zeitintervalle zwischen den Nockenerhebungen 20, in denen das Hydraulikventil 15 nicht bestromt und folglich geöffnet ist, so bemessen, dass trotz möglicher Wiederbefüllung des Druckraums 10 lediglich ein Teilvolumen mit vorbestimmter maximaler Hydraulikmittelmenge darin enthalten ist. Wie oben erläutert, bewegt sich der jeweils nachfolgende Gaswechselventilhub 19 in den vorgegebenen Grenzen der minimal erforderlichen Hubhöhe $h_{\min}$ und des maximal zulässigen Schließzeitpunkts $\alpha_{\max}$, wie es in Figur 3 vergrößert dargestellt ist.

[0023] Die vom elektronischen Ansteuermittel 16 vorbestimmte Anzahl der Umdrehungen der Nockenwelle 6 während der Maschinenbetriebsphase ist abhängig von der Temperatur des Hydraulikmittels beim Startvorgang der Brennkraftmaschine 4. Im Falle der von der Anmelderin untersuchten Prüfstands-Hardware wurden bei einer Hydraulikmitteltemperatur von -20°C 40 Umdrehungen und von -30°C 120 Umdrehungen als optimal ermittelt.

[0024] Nach Abschluss der initialen Warmlaufphase der Brennkraftmaschine 4, d.h. nach der Maschinenbetriebsphase mit den Nockenerhebungen 2 bis n wird das Hydraulikventil 15 zwischen der n-ten und n+1-ten Nockenerhebung 20 so bestromt, dass der Druckraum 10 vollständig mit Hydraulikmittel wiederbefüllt werden kann. Das elektronische Ansteuermittel 16 ist so konfi-

guriert, dass dies auch für alle weiteren Umdrehungen der Nockenwelle 6 während der nachfolgenden weiteren Maschinenbetriebsphase gilt, die mit der n+1-ten Nockenerhebung 20 beginnt und in der das Hydraulikventil 15 auch während der Nockenerhebungsphase 20 geschlossen und geöffnet wird, um in bekannter Weise die Hubvariabilität am Gaswechselventil 3 zu erzeugen.

[0025] Figur 2: der wesentliche Unterschied gegenüber der Sequenz gemäß Figur 1 besteht in der Ansteuerung des Hydraulikventils 15 während der Maschinenbetriebsphase mit den Umdrehungen 2 bis n der Nockenwelle 6. In diesem Fall wird auf die Möglichkeit einer zyklustreuen Teilwiederbefüllung des Druckraums 10 zwischen den Nockenerhebungsphasen 20 verzichtet, indem das Hydraulikventil 15 während der gesamten Maschinenbetriebsphase bestromt wird (Stromverlauf 21 bei Umdrehungen 2 bis n der Nockenwelle 6) und folglich permanent geschlossen bleibt. Dies ist dann zweckmäßig, wenn eine Wiederbefüllung des Druckraums 10 lediglich dem Ausgleich von unvermeidlichen Spaltleckagen aus dem Druckraum 10 dient und die Leckagen im Falle sehr hoher Hydraulikmittelviskosität vernachlässigbar klein sind.

Liste der Bezugszahlen

[0026]

1	Ventilsteuerung
2	Ventilfeder
3	Gaswechselventil
4	Brennkraftmaschine
5	Nocken
6	Nockenwelle
7	Tassenstößel
8	erster Hydraulikkolben
9	zweiter Hydraulikkolben
10	Druckraum
11	Druckentlastungsraum
12	Steuerkanal
13	Druckspeicher
14	Hydraulikmittelversorgung
15	Hydraulikventil
16	elektronisches Ansteuermittel
17	hydraulische Ventilbremse
18	Ventilsitz
19	Gaswechselventilhub
20	Nockenerhebung
21	Stromverlauf am Hydraulikventil

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit elektrohydraulischer Ventilsteuerung (1) zum hubvariablen Antrieb eines in Schließrichtung federkraftbeaufschlagten Gaswechselventils (3), umfassend eine Nockenwelle (6) und ein im Antriebssinn zwischen der Nockenwelle

(6) und dem Gaswechselventil (3) angeordnetes Hydrauliksystem, das an eine Hydraulikmittelversorgung (14) der Brennkraftmaschine (4) angeschlossen ist und folgendes aufweist:

- einen von einem Nocken (5) der Nockenwelle (6) angetriebenen ersten Hydraulikkolben (8) und einen das Gaswechselventil (3) in Öffnungsrichtung antreibenden zweiten Hydraulikkolben (9),
- einen von dem ersten Hydraulikkolben (8) und dem zweiten Hydraulikkolben (9) begrenzten Druckraum (10) mit veränderlichem Volumen und einen den Druckraum (10) mit einem Druckentlastungsraum (11) verbindenden Steuerkanal (12),
- ein im Steuerkanal (12) angeordnetes, elektrisch angesteuertes Hydraulikventil (15), das einen Hydraulikmittelfluss durch den Steuerkanal (12) in geöffneter Stellung des Hydraulikventils (15) zulässt und in geschlossener Stellung des Hydraulikventils (15) sperrt,

und umfassend ein elektronisches Ansteueremittel (16) zur Ansteuerung des Hydraulikventils (15) in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine (4), **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektronische Ansteueremittel (16) konfiguriert ist, das Hydraulikventil (15) in Abhängigkeit der betrieblichen Hydraulikmitteltemperatur oder -viskosität und/oder des betrieblichen Drucks in der Hydraulikmittelversorgung (14) derart anzusteuern, dass während einer Maschinenbetriebsphase, die eine oder unmittelbar aufeinanderfolgende Umdrehungen der Nockenwelle (6) umfasst, lediglich ein vorbestimmtes Teilvolumen des Druckraums (10) mit Hydraulikmittel befüllt ist und sich das Hydraulikventil (15) zumindest während jeder gesamten Erhebungsphase (20) des Nockens (5) in der geschlossenen Stellung befindet.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Hydraulikventil (15) während der gesamten Maschinenbetriebsphase in der geschlossenen Stellung befindet.
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maschinenbetriebsphase einen Startvorgang der Brennkraftmaschine (4) umfasst.
4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkraftmaschine (4) zum Zeitpunkt des Startvorgangs Umgebungstemperatur aufweist.
5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der Umdrehungen

der Nockenwelle (6) während der Maschinenbetriebsphase in Abhängigkeit der zum Zeitpunkt des Startvorgangs der Brennkraftmaschine (4) ermittelten Hydraulikmitteltemperatur durch das elektronische Ansteueremittel (16) vorbestimmt ist.

6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektronische Ansteueremittel (16) konfiguriert ist, das Hydraulikventil (15) derart anzusteuern, dass während einer der Maschinenbetriebsphase folgenden weiteren Maschinenbetriebsphase, die unmittelbar aufeinanderfolgende Umdrehungen der Nockenwelle (6) umfasst, der Druckraum (10) vor jeder Erhebungsphase (20) des Nockens (5) zumindest nahezu vollständig mit Hydraulikmittel wiederbefüllt ist.

7. Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit elektrohydraulischer Ventilsteuerung (1) zum hubvariablen Antrieb eines in Schließrichtung federkraftbeaufschlagten Gaswechselventils (3), umfassend eine Nockenwelle (6) und ein im Antriebssinn zwischen der Nockenwelle (6) und dem Gaswechselventil (3) angeordnetes Hydrauliksystem, das an eine Hydraulikmittelversorgung (14) der Brennkraftmaschine (4) angeschlossen ist und folgendes aufweist:

- einen von einem Nocken (5) der Nockenwelle (6) angetriebenen ersten Hydraulikkolben (8) und einen das Gaswechselventil (3) in Öffnungsrichtung antreibenden zweiten Hydraulikkolben (9),
- einen von dem ersten Hydraulikkolben (8) und dem zweiten Hydraulikkolben (9) begrenzten Druckraum (10) mit veränderlichem Volumen und einen den Druckraum (10) mit einem Druckentlastungsraum (11) verbindenden Steuerkanal (12),
- ein im Steuerkanal (12) angeordnetes, elektrisch angesteuertes Hydraulikventil (15), das einen Hydraulikmittelfluss durch den Steuerkanal (12) in geöffneter Stellung des Hydraulikventils (15) zulässt und in geschlossener Stellung des Hydraulikventils (15) sperrt, und umfassend ein elektronisches Ansteueremittel (16) zur Ansteuerung des Hydraulikventils (15) in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine (4), **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektronische Ansteueremittel (16) konfiguriert ist, das Hydraulikventil (15) in Abhängigkeit der betrieblichen Hydraulikmitteltemperatur oder -viskosität und/oder des betrieblichen Drucks in der Hydraulikmittelversorgung (14) anzusteuern, wobei folgende Verfahrensschritte vorgesehen sind, die zeitlich aufeinanderfolgen:
- Öffnen des Hydraulikventils (15) zu einem Zeit-

punkt innerhalb der Erhebungsphase (20) des Nockens (5) und Schließen des Hydraulikventils (15) zu einem Zeitpunkt derart, dass lediglich ein vorbestimmtes Teilvolumen des Druckraums (10) mit Hydraulikmittel befüllt ist, und
 - Halten des Hydraulikventils (15) in der geschlossenen Stellung während einer Maschinenbetriebsphase, die eine oder unmittelbar aufeinanderfolgende Umdrehungen der Nockenwelle (6) umfasst, wobei sich das Hydraulikventil (15) zumindest während jeder gesamten Erhebungsphase (20) des Nockens (5) in der geschlossenen Stellung befindet.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** während einer der Maschinenbetriebsphase folgenden weiteren Maschinenbetriebsphase, die unmittelbar aufeinanderfolgende Umdrehungen der Nockenwelle (6) umfasst, das Hydraulikventil (15) so angesteuert wird, dass der Druckraum (10) vor jeder Erhebungsphase (20) des Nockens (5) zumindest nahezu vollständig mit Hydraulikmittel wiederbefüllt wird.

Claims

1. Internal combustion engine having electrohydraulic valve control (1) for the variable-stroke drive of a gas exchange valve (3) loaded with spring force in the closing direction, comprising a camshaft (6) and a hydraulic system which is arranged in the driving direction between the camshaft (6) and the gas exchange valve (3) and which is connected to a hydraulic medium supply (14) of the internal combustion engine (4) and has the following:

- a first hydraulic piston (8), driven by a cam (5) of the camshaft (6), and a second hydraulic piston (9), driving the gas exchange valve (3) in the opening direction,
- a pressure space (10), delimited by the first hydraulic piston (8) and the second hydraulic piston (9) and having a variable volume, and a control duct (12) connecting the pressure space (10) to a pressure relief space (11),
- an electrically activated hydraulic valve (15) which is arranged in the control duct (12) and which permits a hydraulic medium flow through the control duct (12) in the open position of the hydraulic valve (15) and shuts off the said hydraulic medium flow in the closed position of the hydraulic valve (15),

and comprising an electronic activation means (16) for activating the hydraulic valve (15) as a function of operating parameters of the internal combustion engine (4), characterized in that the electronic activa-

tion means (16) is configured to activate the hydraulic valve (15) as a function of the operational hydraulic medium temperature or viscosity and/or of the operational pressure in the hydraulic medium supply (14), in such a way that, during an engine operating phase which comprises one revolution or immediately succeeding revolutions of the camshaft (6), only a predetermined part-volume of the pressure space (10) is filled with hydraulic medium and, at least during each entire elevation phase (20) of the cam (5), the hydraulic valve (15) is in the closed position.

2. Internal combustion engine according to Claim 1, **characterized in that** the hydraulic valve (15) is in the closed position during the entire engine operating phase.
3. Internal combustion engine according to Claim 1, **characterized in that** the machine operating phase comprises a starting operation of the internal combustion engine (4).
4. Internal combustion engine according to Claim 3, **characterized in that** the internal combustion engine (4) has ambient temperature at the time of the starting operation.
5. Internal combustion engine according to Claim 3, characterized in that the number of revolutions of the camshaft (6) during the engine operating phase is predetermined by the electronic activation means (16) as a function of the hydraulic medium temperature ascertained at the time of the starting operation of the internal combustion engine (4).
6. Internal combustion engine according to Claim 1, **characterized in that** the electronic activation means (16) is configured to activate the hydraulic valve (15) in such a way that, during a further engine operating phase which follows the engine operating phase and which comprises immediately succeeding revolutions of the camshaft (6), the pressure space (10) is refilled at least almost completely with hydraulic medium before each elevation phase (20) of the cam (5).
7. Method for operating an internal combustion engine having electrohydraulic valve control (1) for the variable-stroke drive of a gas exchange valve (3) loaded with spring force in the closing direction, comprising a camshaft (6) and a hydraulic system which is arranged in the driving direction between the camshaft (6) and the gas exchange valve (3) and which is connected to a hydraulic medium supply (14) of the internal combustion engine (4) and has the following:

- a first hydraulic piston (8), driven by a cam (5)

of the camshaft (6), and a second hydraulic piston (9), driving the gas exchange valve (3) in the opening direction,

- a pressure space (10), delimited by the first hydraulic piston (8) and the second hydraulic piston (9) and having a variable volume, and a control duct (12) connecting the pressure space (10) to a pressure relief space (11),

- an electrically activated hydraulic valve (15) which is arranged in the control duct (12) and which permits a hydraulic medium flow through the control duct (12) in the open position of the hydraulic valve (15) and shuts off the said hydraulic medium flow in the closed position of the hydraulic valve (15),

and comprising an electronic activation means (16) for activating the hydraulic valve (15) as a function of operating parameters of the internal combustion engine (4), **characterized in that** the electronic activation means (16) is configured to activate the hydraulic valve (15) as a function of the operational hydraulic medium temperature or viscosity and/or of the operational pressure in the hydraulic medium supply (14), the following method steps being provided, which succeed one another in time:

- opening of the hydraulic valve (15) at a time point within the elevation phase (20) of the cam (5) and closing of the hydraulic valve (15) at a time point such that only a predetermined part-volume of the pressure space (10) is filled with hydraulic medium, and

- holding of the hydraulic valve (15) in the closed position during an engine operating phase which comprises one revolution or immediately succeeding revolutions of the camshaft (6), the hydraulic valve (15) being in the closed position at least during each entire elevation phase (20) of the cam (5).

8. Method according to Claim 7, **characterized in that**, during a further engine operating phase which follows the engine operating phase and which comprises immediately succeeding revolutions of the camshaft (6), the hydraulic valve (15) is activated such that the pressure space (10) is refilled at least almost completely with hydraulic medium before each elevation phase (20) of the cam (5).

Revendications

1. Moteur à combustion interne doté d'une commande de soupape (1) électrohydraulique servant à l'entraînement à course variable d'une soupape d'échange de gaz (3) alimentée par effort de ressort dans la direction de fermeture, comprenant un arbre à cames (6) et un système hydraulique disposé dans le

sens d'entraînement entre l'arbre à cames (6) et la soupape d'échange de gaz (3), raccordé à une alimentation en moyen hydraulique (14) du moteur à combustion interne (4) et comportant les éléments suivants :

- un premier piston hydraulique (8) entraîné par une came (5) de l'arbre à cames (6) et un deuxième piston hydraulique (9) entraînant la soupape d'échange de gaz (3) dans la direction d'ouverture ;
- une chambre de pression (10) à volume variable délimitée par le premier piston hydraulique (8) et le deuxième piston hydraulique (9) et un canal de commande (12) reliant la chambre de pression (10) à une chambre de décharge de pression (11) ;
- une soupape hydraulique (15) disposée dans le canal de commande (12), commandée électriquement, admettant un flux de moyen hydraulique à travers le canal de commande (12) dans la position ouverte de la soupape hydraulique (15) et le bloquant dans la position fermée de la soupape hydraulique (15) ;

et comprenant un moyen de commande électronique (16) servant à exciter la soupape hydraulique (15) en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne (4), **caractérisé en ce que** le moyen de commande électronique (16) est configuré pour commander la soupape hydraulique (15) en fonction de la température ou viscosité du moyen hydraulique en fonctionnement et/ou de la pression en fonctionnement régnant dans l'alimentation en moyen hydraulique (14), de telle sorte que pendant une phase de fonctionnement de la machine comprenant une rotation ou des rotations immédiatement successives de l'arbre à cames (6), seul un volume partiel prédéfini de la chambre de pression (10) est rempli en moyen hydraulique et que la soupape hydraulique (15) se trouve dans la position fermée au moins pendant l'ensemble de chaque phase de soulèvement (20) de la came (5).

2. Moteur à combustion interne selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la soupape hydraulique (15) se trouve dans la position fermée pendant l'ensemble de la phase de fonctionnement de la machine.

3. Moteur à combustion interne selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la phase de fonctionnement de la machine comprend un processus de démarrage du moteur à combustion interne (4).

4. Moteur à combustion interne selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le moteur à combustion interne (4) présente une température ambiante à

l'instant du processus de démarrage.

5. Moteur à combustion interne selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le nombre de rotations de l'arbre à cames (6) pendant la phase de fonctionnement de la machine est prédéfinie par le moyen de commande électronique (16) en fonction de la température de moyen hydraulique déterminée à l'instant du processus de démarrage du moteur à combustion interne (4). 5
6. Moteur à combustion interne selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le moyen de commande électronique (16) est configuré pour exciter la soupape hydraulique (15) de telle sorte que pendant une phase de fonctionnement de la machine supplémentaire suivant la phase de fonctionnement de la machine et comprenant les rotations directement successives de l'arbre à cames (6), la chambre de pression (10) est au moins presque entièrement re-remplie en moyen hydraulique avant chaque phase de soulèvement (20) de la came (5). 10
7. Procédé pour le fonctionnement d'un moteur à combustion interne doté d'une commande de soupape (1) électrohydraulique servant à l'entraînement à course variable d'une soupape d'échange de gaz (3) alimentée par effort de ressort dans la direction de fermeture, comprenant un arbre à cames (6) et un système hydraulique disposé dans le sens d'entraînement entre l'arbre à cames (6) et la soupape d'échange de gaz (3), raccordé à une alimentation en moyen hydraulique (14) du moteur à combustion interne (4) et comportant les éléments suivants : 15
 - un premier piston hydraulique (8) entraîné par une came (5) de l'arbre à cames (6) et un deuxième piston hydraulique (9) entraînant la soupape d'échange de gaz (3) dans la direction d'ouverture ; 20
 - une chambre de pression (10) à volume variable délimitée par le premier piston hydraulique (8) et le deuxième piston hydraulique (9) et un canal de commande (12) reliant la chambre de pression (10) à une chambre de décharge de pression (11) ; 25
 - une soupape hydraulique (15) disposée dans le canal de commande (12), commandée électriquement, admettant un flux de moyen hydraulique à travers le canal de commande (12) dans la position ouverte de la soupape hydraulique (15) et le bloquant dans la position fermée de la soupape hydraulique (15) ; 30
 - et comprenant un moyen de commande électronique (16) servant à exciter la soupape hydraulique (15) en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne (4), **caractérisé en ce que** le moyen de com- 35

mande électronique (16) est configuré pour commander la soupape hydraulique (15) en fonction de la température ou viscosité du moyen hydraulique en fonctionnement et/ou de la pression en fonctionnement régnant dans l'alimentation en moyen hydraulique (14), les étapes de procédé suivantes étant prévues dans l'ordre suivant :

- ouverture de la soupape hydraulique (15) à un certain moment pendant la phase de soulèvement (20) de la came (5) et fermeture de la soupape hydraulique (15) à un certain moment de telle sorte que seul un volume partiel prédéfini de la chambre de pression (10) est rempli en moyen hydraulique ; et
- maintien de la soupape hydraulique (15) dans la position fermée pendant une phase de fonctionnement de la machine comprenant une rotation ou des rotations immédiatement successives de l'arbre à cames (6), la soupape hydraulique (15) se trouvant dans la position fermée au moins pendant l'ensemble de chaque phase de soulèvement (20) de la came (5). 40

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** pendant une phase de fonctionnement de la machine supplémentaire suivant la phase de fonctionnement de la machine commandant les rotations immédiatement successives de l'arbre à cames (6), la soupape hydraulique (15) est excitée de telle sorte que la chambre de pression (10) est au moins presque entièrement re-remplie en moyen hydraulique avant chaque phase de soulèvement (20) de la came (5). 45

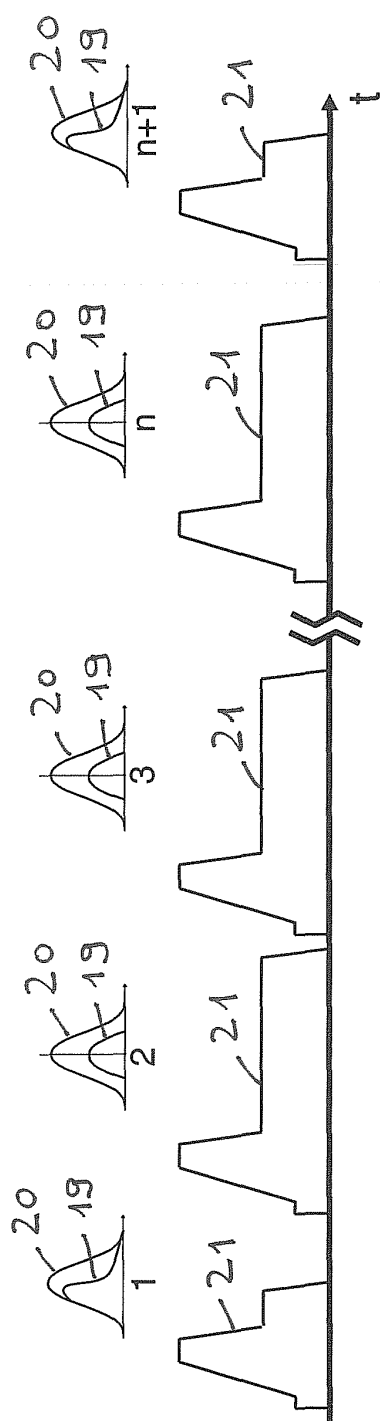


Fig. 1

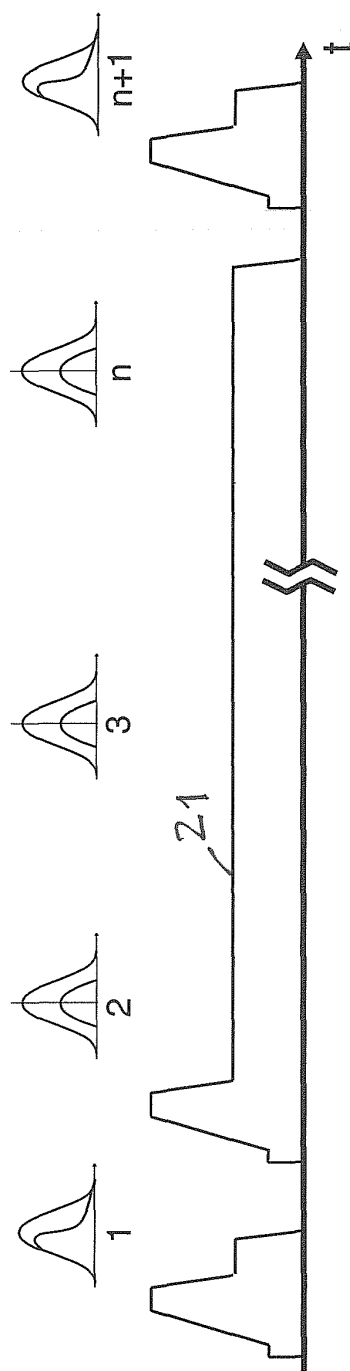


Fig. 2

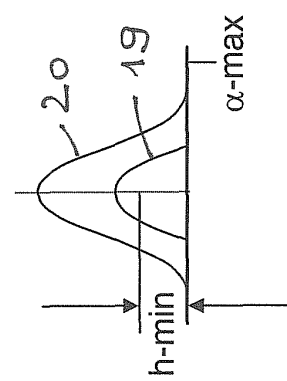
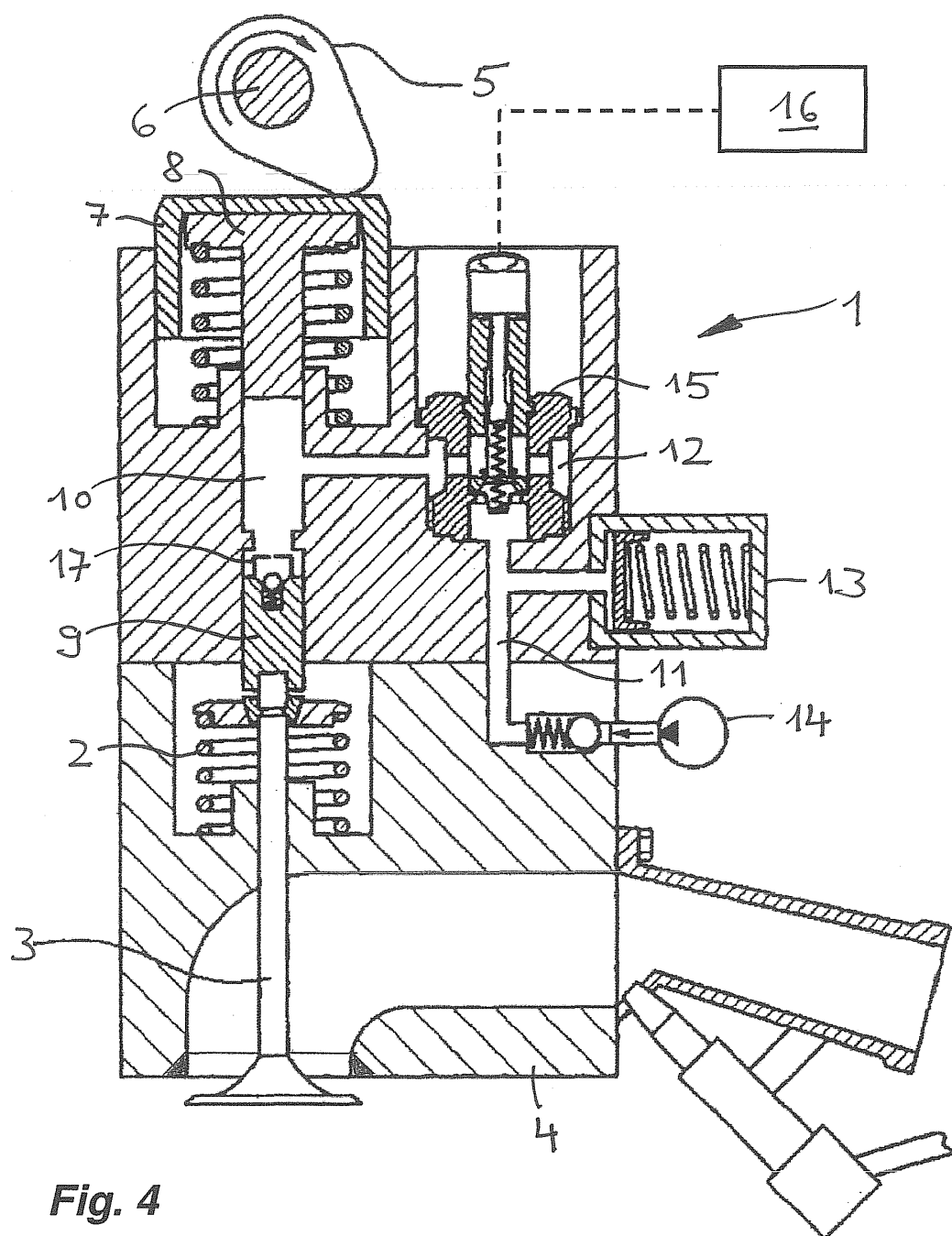


Fig. 3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1344900 A2 [0003]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Elektrohydraulische Ventilsteuerung mit dem "Multi-Air"-Verfahren. Motortechnischen Zeitschrift. Dezember 2009 [0003]