

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 2 und 3.

[0002] In Brennkraftmaschinen werden zur Betätigung der Gaswechselventile Nockenwellen eingesetzt. Nockenwellen sind in der Brennkraftmaschine derart angebracht, dass auf ihnen angebrachte Nocken an Nockenfolgern, beispielsweise Tassenstößeln, Schlepphebeln oder Schwinghebeln, anliegen. Wird eine Nockenwelle in Drehung versetzt, so wälzen die Nocken auf den Nockenfolgern ab, die wiederum die Gaswechselventile betätigen. Durch die Lage und die Form der Nocken sind somit sowohl die Öffnungsdauer als auch die Öffnungsamplitude aber auch die Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Gaswechselventile festgelegt.

[0003] Moderne Motorkonzepte gehen dahin, den Ventiltrieb variabel auszuliegen. Einerseits sollen Ventilhub und Ventilöffnungsdauer variabel gestaltbar sein, bis hin zur kompletten Abschaltung einzelner Zylinder. Dafür sind Konzepte wie schaltbare Nockenfolger oder elektrohydraulische oder elektrische Ventilbetätigungen vorgesehen. Weiterhin hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, während des Betriebs der Brennkraftmaschine Einfluss auf die Öffnungs- und Schließzeiten der Gaswechselventile nehmen zu können. Dabei ist es insbesondere wünschenswert auf die Öffnungs- bzw. Schließzeitpunkte der Einlass- bzw. Auslassventile getrennt Einfluss nehmen zu können, um beispielsweise gezielt eine definierte Ventilüberschneidung einzustellen. Durch die Einstellung der Öffnungs- bzw. Schließzeitpunkte der Gaswechselventile in Abhängigkeit vom aktuellen Kennfeldbereich des Motors, beispielsweise von der aktuellen Drehzahl bzw. der aktuellen Last, können der spezifische Treibstoffverbrauch gesenkt, das Abgasverhalten positiv beeinflusst, der Motorwirkungsgrad, das Maximaldrehmoment und die Maximalleistung erhöht werden.

[0004] Die beschriebene Variabilität der Ventilsteuerzeiten wird durch eine relative Änderung der Phasenlage der Nockenwelle zur Kurbelwelle erreicht. Dabei steht die Nockenwelle meist über einen Ketten-, Riemen-, Zahnradtrieb oder gleichwirkende Antriebskonzepte in Antriebsverbindung mit der Kurbelwelle. Zwischen dem von der Kurbelwelle angetriebenen Ketten-, Riemen- oder Zahnradtrieb und der Nockenwelle ist eine Vorrichtung zur Änderung der Steuerzeiten einer Brennkraftmaschine, im folgenden auch Nockenwellenversteller genannt, angebracht, die das Drehmoment von der Kurbelwelle auf die Nockenwelle überträgt. Dabei ist diese Vorrichtung derart ausgebildet, dass während des Betriebs der Brennkraftmaschine die Phasenlage zwischen Kurbelwelle und Nockenwelle sicher gehalten und, wenn gewünscht, die Nockenwelle in einem gewissen Winkelbereich gegenüber der Kurbelwelle verdreht werden kann.

[0005] In Brennkraftmaschinen mit je einer Nockenwelle für die Einlass- und die Auslassventile können die-

se mit je einem Nockenwellenversteller ausgerüstet werden. Dadurch können die Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Einlass- und Auslassventile zeitlich relativ zueinander verschoben und die Ventilüberschneidungen gezielt eingestellt werden.

[0006] Der Sitz moderner Nockenwellenversteller befindet sich meist am antriebsseitigen Ende der Nockenwelle. Der Nockenwellenversteller kann aber auch auf einer Zwischenwelle, einem nicht rotierenden Bauteil oder der Kurbelwelle angeordnet sein. Er besteht aus einem von der Kurbelwelle angetriebenen, eine feste Phasenbeziehung zu dieser haltenden Antriebsrad, einem in Antriebsverbindung mit der Nockenwelle stehenden Abtriebsteil und einem das Drehmoment vom Antriebsrad auf das Abtriebsteil übertragenden Verstellmechanismus. Das Antriebsrad kann im Fall eines nicht an der Kurbelwelle angeordneten Nockenwellenverstellers als Ketten-, Riemen- oder Zahnrad ausgeführt sein und wird mittels eines Ketten-, eines Riemen- oder eines Zahnradtriebs von der Kurbelwelle angetrieben. Der Verstellmechanismus kann elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch betrieben werden.

[0007] Zwei bevorzugte Ausführungsformen hydraulisch verstellbarer Nockenwellenverstellern stellen die sogenannten Axialkolbenversteller und Rotationskolbenversteller dar.

[0008] Bei den Axialkolbenverstellern steht das Antriebsrad mit einem Kolben und dieser mit dem Abtriebsteil jeweils über Schrägverzahnungen in Verbindung. Der Kolben trennt einen durch das Abtriebsteil und das Antriebsrad gebildeten Hohlraum in zwei axial zueinander angeordnete Druckkammern. Wird nun die eine Druckkammer mit Druckmittel beaufschlagt, während die andere Druckkammer mit einem Tank verbunden wird, so verschiebt sich der Kolben in axialer Richtung. Die axiale Verschiebung des Kolbens wird durch die Schrägverzahnungen in eine relative Verdrehung des Antriebsrades zum Abtriebsteil und damit der Nockenwelle zur Kurbelwelle übersetzt.

[0009] Eine zweite Ausführungsform hydraulischer Nockenwellenversteller sind die sogenannten Rotationskolbenversteller. In diesen ist das Antriebsrad drehfest mit einem Stator verbunden. Der Stator und ein Rotor sind konzentrisch zueinander angeordnet, wobei der Rotor kraft-, form- oder stoffschlüssig, beispielsweise mittels eines Presssitzes, einer Schraub- oder Schweißverbindung mit einer Nockenwelle, einer Verlängerung der Nockenwelle oder einer Zwischenwelle verbunden ist. Im Stator sind mehrere, in Umfangsrichtung beabstandete Hohlräume ausgebildet, die sich ausgehend vom Rotor radial nach außen erstrecken. Die Hohlräume sind in axialer Richtung durch Seitendeckel druckdicht begrenzt. In jeden dieser Hohlräume erstreckt sich ein mit dem Rotor verbundener Flügel, der jeden Hohlraum in zwei Druckkammern teilt. Durch gezieltes Verbinden der einzelnen Druckkammern mit einer Druckmittelpumpe bzw. mit einem Tank kann die Phase der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle eingestellt bzw. gehalten werden.

[0010] Zur Steuerung des Nockenwellenverstellers erfassen Sensoren die Kenndaten des Motors, wie beispielsweise den Lastzustand und die Drehzahl. Diese Daten werden einer elektronischen Kontrolleinheit zugeführt, die nach Vergleich der Daten mit einem Kenndatenfeld der Brennkraftmaschine den Zu- und den Abfluss von Druckmittel zu den verschiedenen Druckkammern steuert.

[0011] Um die Phasenlage der Nockenwelle gegenüber der Kurbelwelle zu verstellen wird in hydraulischen Nockenwellenverstellern eine der zwei gegeneinander wirkenden Druckkammern eines Hohlraums mit einer Druckmittelpumpe und die andere mit dem Tank verbunden. Der Zulauf von Druckmittel zur einen Kammer in Verbindung mit dem Ablauf von Druckmittel von der anderen Kammer verschiebt den die Druckkammern trennenden Kolben in axiale Richtung, wodurch in Axialkolbenverstellern über die Schrägverzahnungen die Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle verdreht wird. In Rotationskolbenverstellern wird durch die Druckbeaufschlagung der einen Kammer und die Druckentlastung der anderen Kammer eine Verschiebung des Flügels und damit direkt eine Verdrehung der Nockenwelle zur Kurbelwelle bewirkt. Um die Phasenlage zu halten werden beide Druckkammern entweder mit der Druckmittelpumpe verbunden oder sowohl von der Druckmittelpumpe als auch vom Tank getrennt.

[0012] Die Steuerung der Druckmittelströme zu bzw. von den Druckkammern erfolgt mittels eines Steuerventils, meist ein 4/3-Proportionalventil. Ein Ventilgehäuse ist mit je einem Anschluss für die Druckkammern (Arbeitsanschluss), einem Anschluss zur Druckmittelpumpe und mindestens einem Anschluss zu einem Tank versehen. Innerhalb des im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgeführten Ventilgehäuses ist ein axial verschiebbarer Steuerkolben angeordnet. Der Steuerkolben kann mittels eines elektromagnetischen Stellgliedes entgegen der Federkraft eines Federelements axial in jede Position zwischen zwei definierte Endstellungen gebracht werden. Der Steuerkolben ist weiterhin mit Ringnuten und Steuerkanten versehen, wodurch die einzelnen Druckkammern wahlweise mit der Druckmittelpumpe oder dem Tank verbunden werden können. Ebenso kann eine Stellung des Steuerkolbens vorgesehen sein, in der die Druckmittelkammern sowohl von der Druckmittelpumpe als auch vom Druckmitteltank getrennt sind.

[0013] In der DE 100 64 222 A1 ist eine derartige Vorrichtung dargestellt. Dabei handelt es sich um eine Vorrichtung in Rotationskolbenbauart. Ein in Antriebsverbindung mit der Nockenwelle stehender Stator ist drehbar auf einem drehfest mit einer Nockenwelle verbundenen Rotor gelagert. Der Stator ist mit zum Rotor offenen Ausnehmungen ausgebildet. In axialer Richtung der Vorrichtung sind Seitendeckel vorgesehen, welche die Vorrichtung begrenzen. Die Ausnehmungen sind durch den Rotor, den Stator und die Seitendeckel druckdicht abgeschlossen und bilden somit Druckräume. In die Außenmantelfläche des Rotors sind axiale Nuten eingebracht,

in welchen Flügel angeordnet sind welche sich in die Ausnehmungen erstrecken. Die Flügel sind derart ausgebildet, dass sie die Druckräume in jeweils zwei gegeneinander wirkende Druckkammern teilen. Durch zu- bzw. ableiten von Druckmittel zu bzw. von den Druckkammern kann die Phasenlage der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle wahlweise gehalten oder verstellt werden.

[0014] In den Seitendeckeln sind zwei Verriegelungspins angeordnet, welche mittels eines Federmittels mit einer Kraft in Richtung Rotor beaufschlagt werden. In die Stirnseite des Rotors, welche den Verriegelungspins zugewandt ist, sind sich in Umfangsrichtung erstreckende Nuten angebracht. Die Nuten sind derart angeordnet und ausgebildet, dass in einer definierten mittleren Position beide Verriegelungspins in jeweils eine Nut eingreifen, wenn keine der Nuten mit Druckmittel beaufschlagt wird. Dabei liegt jeder Pin an einem umfangsseitigen Ende der jeweiligen Nut an. Der Rotor ist somit relativ zum Stator verriegelt wodurch eine Relativverdrehung verhindert wird. Über erste und zweite Druckmittelleitungen können die Druckmittelkammern mit Druckmittel befüllt werden. Wird eine erste Druckmittelkammer mit Druckmittel befüllt, so wird ebenfalls eine Stirnfläche eines Verriegelungspins mit Druckmittel beaufschlagt. Dadurch wird der entsprechende Pin in die Aufnahmebohrung des Seitendeckels gedrückt und eine Verstellung des Rotors relativ zum Stator in eine Richtung ermöglicht. Dabei ist die andere Nut, in die der andere Verriegelungspin noch eingreift, derart ausgebildet, dass eine Verstellung des Rotors von der Mittenlage aus bis zu einem Maximalwert ermöglicht wird. Entsprechend verläuft die Verstellung des Rotors gegenüber dem Stator in die andere Richtung. Die Vorrichtung ist mit einer Kompensationsfeder ausgestattet, die an ihrem einen Ende am Rotor und an ihrem anderen Ende am Stator befestigt ist und das Schleppmoment, welches die Nockenwelle auf den Rotor ausübt ausgleicht.

[0015] In DE 198 53 670 A1 ist ein Steuerventil dargestellt, welches zur Steuerung des Druckmittelflusses zu den Druckkammern abhängig vom aktuellen Lastzustand der Brennkraftmaschine dient. Das Steuerventil besteht aus einer Stelleinheit, einem im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgeführten Ventilgehäuse und einem im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgeführten Steuerkolben, welcher axial verschiebbar innerhalb des Ventilgehäuses aufgenommen ist. Am Ventilgehäuse sind zwei Arbeitsanschlüsse, ein Zu- und ein Ablaufanschluss ausgebildet. Die Stelleinheit kann beispielsweise ein Elektromagnet sein, welcher durch Anlegen eines Steuerstroms über eine Stößelstange den Steuerkolben entgegen der Kraft einer Feder verschiebt. Abhängig von der Stellung des Steuerkolbens innerhalb des Ventilgehäuses wird der Zulaufanschluss mit einem der beiden Arbeitsanschlüsse und der Tankanschluss mit dem jeweils anderen Arbeitsanschluss verbunden oder die Arbeitsanschlüsse vom Zu- bzw. Ablaufanschluss getrennt. Dadurch wird einer Druckkammer Druckmittel zugeleitet, während Druckmittel aus der anderen Druck-

kammer abfließt, was zu einer Veränderung der Phasenlage der Nockenwelle zur Kurbelwelle bewirkt.

[0016] Ein gravierender Nachteil dieses Steuerventils in Verbindung mit einem Nockenwellenversteller mit Mittenlagenverriegelung ist die Tatsache, dass in unbelasteten Zustand der Druckmittelanschluss mit einem der beiden Arbeitsanschlüsse verbunden ist. Im Falle einer Fehlfunktion des Stellgliedes wird also Druckmittel zu einer der beiden Druckkammern und gleichzeitig zu einem der beiden Pins geleitet. Dadurch wird der Nockenwellenversteller, abhängig von der Konfiguration des Steuerventils, nach Ausfall der Stelleinheit in eine der beiden Maximalpositionen verdreht und diese Phasenlage über den gesamten Betrieb der Brennkraftmaschine gehalten. Da die Mittenlage, in der der Nockenwellenversteller bei drucklosen Zustand der Vorrichtung verriegelt ist, derart gewählt ist, dass die Brennkraftmaschine in dieser Phasenlage der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle gute Start- und Laufeigenschaften aufweist, resultieren aus einer maximalen Phasenverschiebung relativ zur Mittenlage schlechtere Start- und Laufeigenschaften der Brennkraftmaschine.

Zusammenfassung der Erfindung

[0017] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde diese geschilderten Nachteile zu vermeiden und somit eine Vorrichtung zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine zu schaffen welche in einer Mittenlage verriegelt werden kann, wobei die Mittenlagenverriegelungsposition nach Ausfall der Stelleinheit des Steuerventil, zumindest nach einem Neustart der Brennkraftmaschine, automatisch erreicht und die Verriegelung in dieser Position gehalten wird.

[0018] In einer ersten Ausführungsform nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in einer ersten Steuerstellung des Steuerventils, die der Steuerstellung bei nicht aktivierter Stelleinheit entspricht, weder der erste Arbeitsanschluss noch der zweite Arbeitsanschluss mit dem Zulaufanschluss kommuniziert.

[0019] In einer zweiten Ausführungsform nach dem Oberbegriff des Anspruchs 2 wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Steuerventil vier Steuerstellungen einnehmen kann, wobei in einer ersten Steuerstellung des Steuerventils der Volumenstrom vom Zulaufanschluss zu einem der beiden Druckkammern gleich Null ist, wobei in einer zweiten Steuerstellung des Steuerventils der Volumenstrom vom Zulaufanschluss zu einem der beiden Druckkammern größer Null ist, wobei in einer dritten Steuerstellung des Steuerventils der Volumenstrom vom Zulaufanschluss zu einem der beiden Druckkammern, annähernd Null ist und wobei in einer vierten Steuerstellung des Steuerventils der Volumenstrom vom Zulaufanschluss zu einem der beiden Druckkammern größer Null ist.

[0020] In einer dritten Ausführungsform nach dem Oberbegriff des Anspruchs 3 wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Steuerkolben mit

einem dritten Ringsteg versehen ist, dessen Außendurchmesser dem Innendurchmesser des Ventilgehäuses angepasst ist und der Außendurchmesser des Steuerkolbens zwischen den Ringstegen kleiner als der Innendurchmesser des Ventilgehäuses ausgeführt ist.

[0021] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die hydraulischen Stellvorrichtung mindestens einen Verriegelungspin und eine Kulisse aufweist, in die der Verriegelungspin in mindestens einer Stellung der hydraulischen Stellvorrichtung eingreifen und damit die Phasenlage der Nockenwelle zur Kurbelwelle fixieren kann und wobei bei fixierter Phasenlage die hydraulische Stellvorrichtung in einer Mittenposition verriegelt ist.

[0022] Ebenfalls denkbar ist, dass die hydraulischen Stellvorrichtung, zwei Verriegelungspins und zwei Kulissen aufweist, wobei jeder Verriegelungspin in mindestens einer Stellung der hydraulischen Stellvorrichtung in eine der Kulissen eingreifen kann, wobei die Phasenlage der Nockenwelle zur Kurbelwelle fixieren ist, wenn beide Verriegelungspins in die jeweilige Kulissee eingreifen, und wobei bei fixierter Phasenlage die hydraulische Stellvorrichtung in einer Mittenposition verriegelt ist.

[0023] In einer vorteilhaften Weiterbildung der ersten und dritten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass in der ersten Steuerstellung, die der Steuerstellung bei nicht aktivierter Stelleinheit entspricht, kein oder ein Arbeitsanschluss oder beide Arbeitsanschlüsse mit dem Ablaufanschluss T verbunden sind.

[0024] In einer vorteilhaften Weiterbildung der ersten und zweiten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Ventilkörper aus einem hohl ausgeführten Ventilgehäuse und einem darin verschiebbar angeordneten Steuerkolben besteht, wobei die Stelleinheit den Steuerkolben innerhalb des Ventilgehäuses in eine beliebige Position zwischen zwei Endanschlägen bewegen und dort halten kann.

[0025] In einer vorteilhaften Weiterbildung der ersten und dritten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Steuerventil mittels der Stelleinheit in vier Steuerstellungen gebracht werden kann.

Dabei kommuniziert in einer ersten Steuerstellung des Steuerventils, die der Steuerstellung bei nicht aktivierter Stelleinheit entspricht, der erste Arbeitsanschluss mit dem Ablaufanschluss, wobei der zweite Arbeitsanschluss weder mit dem Ablauf- noch mit dem Zulaufanschluss kommuniziert, während in einer zweiten Steuerstellung des Steuerventils der erste Arbeitsanschluss mit dem Ablaufanschluss und der zweite Arbeitsanschluss mit dem Zulaufanschluss kommuniziert, in einer dritten Steuerstellung des Steuerventils der erste und der zweite Arbeitsanschluss weder mit dem Ablaufanschluss noch mit dem Zulaufanschluss kommunizieren, in einer vierten Steuerstellung des Steuerventils der zweite Arbeitsanschluss mit dem Ablaufanschluss und der erste Arbeitsanschluss mit dem Zulaufanschluss kommunizieren.

Alternativ kommuniziert in einer ersten Steuerstellung

des Steuerventils, die der Steuerstellung bei nicht aktivierter Stelleinheit entspricht, der erste Arbeitsanschluss mit dem Ablaufanschluss, wobei der zweite Arbeitsanschluss weder mit dem Ablauf- noch mit dem Zulaufanschluss kommuniziert, während in einer zweiten Steuerstellung des Steuerventils der erste Arbeitsanschluss mit dem Ablaufanschluss kommuniziert und der zweite Arbeitsanschluss mit dem Zulaufanschluss kommuniziert, in einer dritten Steuerstellung des Steuerventils der erste und der zweite Arbeitsanschluss mit dem Zulaufanschluss kommunizieren, in einer vierten Steuerstellung des Steuerventils der zweite Arbeitsanschluss mit dem Ablaufanschluss und der erste Arbeitsanschluss mit dem Zulaufanschluss kommunizieren.

[0026] Die Vorrichtung ist derart ausgebildet, dass sich das Steuerventil in der ersten Steuerstellung befindet, wenn eine Kraft zwischen der minimal möglichen Kraft F_0 und einer kleinen Kraft F_1 von der Stelleinheit auf den Steuerkolben ausgeübt wird, dass sich das Steuerventil in der zweiten Steuerstellung befindet, wenn eine Kraft zwischen einer kleinen Kraft F_1 und einer mittleren Kraft F_2 von der Stelleinheit auf den Steuerkolben ausgeübt wird, dass sich das Steuerventil in der dritten Steuerstellung befindet, wenn eine Kraft zwischen einer mittleren Kraft F_2 und einer großen Kraft F_3 von der Stelleinheit auf den Steuerkolben ausgeübt wird, dass sich das Steuerventil in der vierten Steuerstellung befindet, wenn eine Kraft zwischen einer großen Kraft F_3 und einer maximalen Kraft F_4 von der Stelleinheit auf den Steuerkolben ausgeübt wird, wobei $F_0 < F_1 < F_2 < F_3 < F_4$.

[0027] Die Vorrichtung ist derart ausgebildet, dass sich das Steuerventil in der ersten Steuerstellung befindet, wenn der Steuerkolben um eine Wegstrecke zwischen 0 und s_1 relativ zur Position verschoben wurde, die er einnimmt, wenn die Stelleinheit die minimal mögliche Kraft auf den Steuerkolben ausübt, dass sich das Steuerventil in der zweiten Steuerstellung befindet, wenn der Steuerkolben um eine Wegstrecke zwischen s_1 und s_2 relativ zur Position verschoben wurde, die er einnimmt, wenn die Stelleinheit die minimal mögliche Kraft auf den Steuerkolben ausübt, dass sich das Steuerventil in der dritten Steuerstellung befindet, wenn der Steuerkolben um eine Wegstrecke zwischen S_2 und S_3 relativ zur Position verschoben wurde, die er einnimmt, wenn die Stelleinheit die minimal mögliche Kraft auf den Steuerkolben ausübt, dass sich das Steuerventil in der ersten Steuerstellung befindet, wenn der Steuerkolben um eine Wegstrecke zwischen S_3 und S_4 relativ zur Position verschoben wurde, die er einnimmt, wenn die Stelleinheit die minimal mögliche Kraft auf den Steuerkolben ausübt, wobei $0 < S_1 < S_2 < S_3 < S_4$.

[0028] Vorteilhafterweise ist in der dritten Ausführungsform der Vorrichtung der dritte Ringsteg derart ausgeführt und am Steuerkolben angeordnet, dass dieser die Verbindung zwischen dem ersten Arbeitsanschluss und dem Zulaufanschluss blockiert, wenn der Steuerkolben eine Position einnimmt, die zwischen einer Position liegt, die der dieser einnimmt, wenn die Stelleinheit eine

minimal mögliche Kraft auf ihn ausübt, und einer Position S_1 , während dieser diese Verbindung in jeder anderen Position des Steuerkolbens nicht blockiert.

Dabei können die Ringstege einteilig mit dem Steuerkolben ausgebildet oder separat gefertigte Hülsen sein, die kraft-, form-, oder stoffschlüssig mit dem Steuerkolben verbunden sind, und der Steuerkolben ist im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgeführt.

[0029] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist mit einem Steuerventil versehen, welches im Vergleich zu dem im Stand der Technik offenbarten 4/3 Wegeventil um eine weitere vierte Steuerstellung erweitert ist. Die zweite, dritte und vierte Steuerstellung entspricht den drei Steuerstellungen des Steuerventils im Stand der Technik. Die zweite Steuerstellung entspricht dem unbestromten Zustand des im Stand der Technik dargestellten Steuerventils, in dem Druckmittel über den Zulaufanschluss zum ersten Arbeitsanschluss fließt, während Druckmittel vom zweiten Anschluss zum Ablaufanschluss fließt. Die dritte Steuerstellung entspricht einem zweiten Zustand des Steuerventils aus dem Stand der Technik in dem beide Arbeitsanschlüsse weder mit dem Zulaufanschluss noch mit dem Ablaufanschluss verbunden sind. Die vierte Steuerstellung entspricht einem dritten Zustand des Steuerventils aus dem Stand der Technik in dem Druckmittel vom Zulaufanschluss zum zweiten Arbeitsanschluss geführt wird und Druckmittel vom ersten Arbeitsanschluss zum Ablaufanschluss geführt wird. Im Unterschied zum Steuerventil im Stand der Technik wird bei dem Steuerventil der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine der erste Zustand des Steuerventils aus dem Stand der Technik erst nach einer definierten Verschiebung des Steuerkolbens relativ zum Ventilgehäuse erreicht. Bei kleineren Verschiebungen bzw. wenn keine Verschiebung vorliegt ist eine zusätzliche (erste) Steuerstellung des Steuerventils vorgesehen, in welchem weder der erste noch der zweite Arbeitsanschluss mit dem Zulaufanschluss verbunden ist. Ist die Stelleinheit defekt, beispielsweise die Stromzuführung zu einem Elektromagneten, so wird der Steuerkolben mittels eines Federmittels an den stelleinheitsseitigen Endanschlag gedrängt. Als Konsequenz werden beide Arbeitsanschlüsse vom Zulaufanschluss abgekoppelt und somit beide Druckkammern und beide Verriegelungspins nicht mehr mit Druckmittel beaufschlagt. Nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine entleeren sich die Druckkammern und die Zuleitungen zu den Druckkammern und den Verriegelungspins aufgrund von Leckage. Beim Neustart der Brennkraftmaschine wird aufgrund des fehlenden Druckmittels und den Schlepp- bzw. Wechselmomenten der Nockenwelle der Rotor relativ zum Stator in eine Position gebracht in der die Verriegelungspins in die Verriegelungskulisse eingreifen können. Aufgrund der nun weiterhin nicht stattfindenden Druckmittelzufuhr zu den Verriegelungspins bleibt die Verriegelung zwischen Rotor und Stator in dieser Position bestehen. Dadurch ist gewährleistet, dass die Phasenlage

der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle in einer für den Start der Brennkraftmaschine günstigen Position gehalten wird und während des Betriebs der Brennkraftmaschine gute Laufeigenschaften erzielt werden.

[0030] Im Gegensatz zum im Stand der Technik dargestellten Steuerventil ist in diesem Steuerventil der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine in der Ringnut, die die radialen Arbeitsanschlüsse mit dem in axialer Richtung zwischen ihnen liegenden weiteren Anschluss verbindet, mit einem zusätzlichen Ringsteg versehen, der bei einer Verschiebung des Steuerkolbens gegen die Kraft des Federmittels unterhalb eines gewissen Grenzwerts den ersten Arbeitsanschluss vom Zulaufanschluss trennt. Gleichzeitig wird durch den zweiten Ringsteg ebenfalls der zweite Arbeitsanschluss vom Druckanschluss getrennt. Dies führt dazu, dass beim Start der Brennkraftmaschine oder beim Ausfall der Stelleinheit kein Druckmittel zu den Verriegelungspins geleitet wird. Dadurch wird erreicht, dass die Verriegelung zwischen Rotor und Stator bestehen bleibt und die für günstige Start- und Laufeigenschaften benötigte Phasenlage der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle bestehen bleibt.

Weiterhin wirkt sich in dieser Ausführungsform vorteilhaft aus, dass keine konstruktiven Änderungen am Zylinderkopf oder des Nockenwellenverstellers im Vergleich zu Ausführungsformen aus dem Stand der Technik nötig sind. Weiterhin fallen keine zusätzlichen Kosten bei der Herstellung des Steuerventils an. Diese Ausführungsform stellt also eine kostengünstige, keine konstruktiven Veränderungen an der Brennkraftmaschine benötigende Lösung dar.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0031] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und aus den Zeichnungen, in der Ausführungsbeispiele der Erfindung vereinfacht dargestellt sind. Es zeigen:

- Figur 1 einen Längsschnitt durch eine hydraulische Stellvorrichtung,
- Figur 2 einen Querschnitt durch eine hydraulische Stellvorrichtung nach Figur 1,
- Figur 3 ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen,
- Figur 4 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine,
- Figur 5a einen Längsschnitt durch ein Steuerventil ei-

- 5
- Figur 5b einen Längsschnitt durch das Steuerventil aus Figur 5a in einer zweiten Steuerstellung,
- Figur 5c einen Längsschnitt durch das Steuerventil aus Figur 5a in einer dritten Steuerstellung,
- 10
- Figur 5d einen Längsschnitt durch das Steuerventil aus Figur 5a in einer vierten Steuerstellung,
- Figur 6 den Volumenstrom vom Zulaufanschluss zu den Druckkammern in Abhängigkeit von der Stellung des Steuerkolbens relativ zum Ventilgehäuse,
- 15
- Figur 7 ein Verfahren zum geregelten Abschalten einer Brennkraftmaschine mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen und
- 20
- Figur 8 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine aus dem Stand der Technik.
- 25
- 30

Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

[0032] Die Figuren 1 und 2 zeigen eine hydraulische Stellvorrichtung 1a einer Vorrichtung 1 zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine. Die Stellvorrichtung 1a besteht im Wesentlichen aus einem Stator 2 und einem konzentrisch dazu angeordneten Rotor 3. Ein Antriebsrad 4 ist drehfest mit dem Stator 2 verbunden und in der dargestellten Ausführungsform als Kettenrad ausgebildet. Ebenso denkbar sind Ausführungsformen des Antriebsrads 4 als Riemen- oder Zahnrad. Der Stator 2 ist drehbar auf dem Rotor 3 gelagert, wobei an der Innenmantelfläche des Stators 2 in der dargestellten Ausführungsform fünf in Umfangsrichtung beabstandete Ausnehmungen 5 vorgesehen sind. Die Ausnehmungen 5 werden in radialer Richtung vom Stator 2 und dem Rotor 3, in Umfangsrichtung von zwei Seitenwänden 6 des Stators 2 und in axialer Richtung durch einen ersten und einen zweiten Seitendeckel 7, 8 begrenzt. Jede der Ausnehmungen 5 ist auf diese Weise druckdicht verschlossen. Der erste und der zweite Seitendeckel 7, 8 sind mit dem Stator 2 mittels Verbindungselementen 9, beispielsweise Schrauben, verbunden.

[0033] An der Außenmantelfläche des Rotors 3 sind axial verlaufende Flügelnuten 10 ausgebildet, wobei in jeder Flügelnut 10 ein sich radial erstreckender Flügel 11 angeordnet ist. In jede Ausnehmung 5 erstreckt sich

ein Flügel 11, wobei die Flügel 11 in radialer Richtung am Stator 2 und in axialer Richtung an den Seitendeckeln 7, 8 anliegen. Jeder Flügel 11 unterteilt eine Ausnehmung 5 in zwei gegeneinander arbeitende Druckkammern 12, 13. Um ein druckdichtes Anliegen der Flügel 11 am Stator 2 zu gewährleisten, sind zwischen den Nutgründen 14 der Flügelnuten 10 und den Flügeln 11 Blattfederelemente 15 angebracht, die den Flügel 11 in radialer Richtung mit einer Kraft beaufschlagen.

[0034] Mittels ersten und zweiten Druckmittelleitungen 16, 17 können die ersten und zweiten Druckkammern 12, 13 über ein nicht dargestelltes Steuerventil mit einer ebenfalls nicht dargestellten Druckmittelpumpe oder einem ebenfalls nicht dargestellten Tank verbunden werden. Dadurch wird ein Stellantrieb ausgebildet, der eine Relativverdrehung des Stators 2 gegenüber dem Rotor 3 ermöglicht. Dabei ist vorgesehen, dass entweder alle ersten Druckkammern 12 mit der Druckmittelpumpe und alle zweiten Druckkammern 13 mit dem Tank verbunden werden bzw. die genau entgegengesetzte Konfiguration. Werden die ersten Druckkammern 12 mit der Druckmittelpumpe und die zweiten Druckkammern 13 mit dem Tank verbunden, so dehnen sich die ersten Druckkammern 12 auf Kosten der zweiten Druckkammern 13 aus. Daraus resultiert eine Verschiebung der Flügel 11 in Umfangsrichtung, in der durch den ersten Pfeil 21 dargestellten Richtung. Durch das Verschieben der Flügel 11 wird der Rotor 3 relativ zum Stator 2 verdreht.

[0035] Der Stator 2 wird in der dargestellten Ausführungsform mittels eines an seinem Antriebsrad 4 angreifenden, nicht dargestellten Kettentriebs von der Kurbelwelle angetrieben. Ebenso denkbar ist der Antrieb des Stators 2 mittels eines Riemen- oder Zahnradtriebs. Der Rotor 3 ist kraft-, form- oder stoffschlüssig, beispielsweise mittels Presssitz oder durch eine Schraubverbindung mittels einer Zentralschraube, mit einer nicht dargestellten Nockenwelle verbunden. Aus der Relativverdrehung des Rotors 3 relativ zum Stator 2, als Folge des Zu- bzw. Ableitens von Druckmittel zu bzw. aus den Druckkammern 12, 13, resultiert eine Phasenverschiebung zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle. Durch gezieltes Ein- bzw. Ableiten von Druckmittel in die Druckkammern 12, 13 können somit die Steuerzeiten der Gaswechselventile der Brennkraftmaschine gezielt variiert werden.

[0036] Die Druckmittelleitungen 16, 17 sind in der dargestellten Ausführungsform als im Wesentlichen radial angeordnete Bohrungen ausgeführt, die sich von einer Zentralbohrung 22 des Rotors 3 zur dessen äußerer Mantelfläche erstrecken. Innerhalb der Zentralbohrung 22 kann ein nicht dargestelltes Zentralventil angeordnet sein, über welches die Druckkammern 12, 13 gezielt mit der Druckmittelpumpe bzw. dem Tank verbunden werden können. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, innerhalb der Zentralbohrung 22 einen Druckmittelverteiler anzuordnen, der die Druckmittelleitungen 16, 17 über Druckmittelkanäle und Ringnuten mit den Anschlüssen eines extern angebrachten Steuerventils verbindet.

[0037] Die im Wesentlichen radial verlaufenden Sei-

tenwände 6 der Ausnehmungen 5 sind mit Ausformungen 23 versehen, die in Umfangsrichtung in die Ausnehmungen 5 hineinreichen. Die Ausformungen 23 dienen als Anschlag für die Flügel 11 und gewährleisten, dass die Druckkammern 12, 13 mit Druckmittel versorgt werden können, selbst wenn der Rotor 3 eine seiner beiden Extremstellungen relativ zum Stator 2 einnimmt, in denen die Flügel 11 an einer der Seitenwände 6 anliegen.

[0038] Bei ungenügender Druckmittelversorgung der Vorrichtung 1, beispielsweise während der Startphase der Brennkraftmaschine, wird der Rotor 3 aufgrund der Wechsel- und Schleppmomente, die die Nockenwelle auf diesen ausübt, unkontrolliert relativ zum Stator 2 bewegt. In einer ersten Phase drängen die Schleppmomente der Nockenwelle den Rotor relativ zum Stator in eine Umfangsrichtung, die entgegengesetzt zur Drehrichtung des Stators liegt, bis diese an den Seitenwänden 6 anschlagen. Im Folgenden führen die Wechselmomente, die die Nockenwelle auf den Rotor 3 ausübt zu einem Hin- und Herschwingen des Rotors 3 und damit der Flügel 11 in den Ausnehmungen 5, bis zumindest eine der Druckkammern 12, 13 vollständig mit Druckmittel befüllt ist. Dies führt zu höherem Verschleiß und zu Geräuschentwicklungen in der Vorrichtung 1. Um dies zu verhindern sind in der Vorrichtung 1 zwei Verriegelungselemente 24 vorgesehen. Jedes Verriegelungselement 24 besteht aus einem topfförmigen Kolben 26, welcher in einer Axialbohrung 25 des Rotors 3 angeordnet ist. Der Kolben 26 wird durch eine Feder 27 in axialer Richtung mit einer Kraft beaufschlagt. Die Feder 27 stützt sich in axialer Richtung auf der einen Seite an einem Entlüftungselement 28 ab und ist mit ihrem davon abgewandten axialen Ende innerhalb des topfförmig ausgeführten Kolbens 26 angeordnet.

[0039] Im ersten Seitendeckel 7 ist pro Verriegelungselement 24 eine Kulisze 29 derart ausgebildet, dass der Rotor 3 relativ zum Stator 2 in einer Position verriegelt werden kann, die der Position während des Starts der Brennkraftmaschine entspricht. In dieser Stellung werden die Kolben 26 bei ungenügender Druckmittelversorgung der Vorrichtung 1 mittels der Federn 27 in die Kuliszen 29 gedrängt. Weiterhin sind Mittel vorgesehen, um die Kolben 26 bei ausreichender Versorgung der Vorrichtung 1 mit Druckmittel in die Axialbohrungen 25 zurückzudrängen und damit die Verriegelung aufzuheben. Dies wird üblicherweise mit Druckmittel bewerkstelligt, welches über nicht dargestellte Druckmittelleitungen in eine Aussparungen 30 geleitet wird, welche am deckelseitigen Stirnende der Kolben 26 ausgebildet ist. Entspricht die Phasenlage ϕ , die der Startposition der Brennkraftmaschine entspricht, einer Mittenstellung der Flügel 11 zwischen den jeweiligen Seitenwänden 6, so kann eine Verriegelung der Hydraulischen Stellvorrichtung 1a in dieser Position durch die Verwendung zweier Verriegelungselemente 24 und angepasster Kuliszen 29 bewerkstelligt werden.

[0040] Um Leckageöl aus dem Federraum der Axialbohrung 25 ableiten zu können ist das Entlüftungsele-

ment 28 mit axial verlaufenden Nuten versehen, entlang derer das Druckmittel zu einer Bohrung im zweiten Seitendeckel 8 geleitet werden kann.

[0041] Figur 8 zeigt eine Vorrichtung 101 zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine aus dem Stand der Technik. Diese besteht aus einer hydraulischen Stellvorrichtung 102 und einem Steuerventil 103.

Die Stellvorrichtung 102 besteht aus einem Druckraum 104, der durch ein verschiebbares Element 105 in zwei gegeneinander wirkende Druckkammern 106, 107 unterteilt wird. Das verschiebbare Element 105 ist drehfest mit der Nockenwelle oder der Kurbelwelle verbunden, während das andere Bauteil drehfest mit dem Druckraum 104 verbunden ist. Das verschiebbare Element 105 ist bewegungsfest mit zwei Kulissen 108, 109 verbunden. Weiterhin ist mit 110 bzw. 111 jeweils ein Verriegelungspin bezeichnet, wobei diese ortsfest zum Druckraum 104 angebracht sind. Jeder Kulisse 108, 109 ist je ein Verriegelungspin 110, 111 zugeordnet. Alternativ können die Verriegelungspins 110, 111 sich mit dem Element 105 mitbewegen und die Kulissen 108, 109 in einem zum Druckraum 104 ortsfesten Bauteil ausgebildet sein.

[0042] Das Steuerventil 103 besteht aus einer Stelleinheit 112, einem ersten Federelement 113 und einem Ventilkörper 114. Die Stelleinheit 112 kann beispielsweise in Form einer elektrischen oder hydraulischen Stelleinheit 112 ausgebildet sein. Im Folgenden soll ohne Beschränkung der Allgemeinheit eine elektrische Stelleinheit 112 angenommen werden, die als Elektromagnet ausgeführt ist. Am Ventilkörper 114 ist ein erster Arbeitsanschluss A, ein zweiter Arbeitsanschluss B, ein Zulaufanschluss P und ein Ablaufanschluss T ausgebildet. Der erste Arbeitsanschluss A steht über eine erste Druckmittelleitung 115 mit der ersten Druckkammer 106 und der zweite Arbeitsanschluss B über eine zweite Druckmittelleitung 116 mit der zweiten Druckkammer 107 in Verbindung. Weiterhin steht der Ablaufanschluss T mit einem Druckmittelreservoir 117 in Verbindung. Über eine Druckmittelpumpe 118 einen Filter 119 und ein Rückschlagventil 120 wird der Zulaufanschluss P mit Druckmittel beaufschlagt. Über eine dritte Druckmittelleitung 121 steht die erste Kulisse 108 in Verbindung mit der ersten Druckmittelleitung 115. Ebenso steht die zweite Kulisse 109 über eine vierte Druckmittelleitung 122 in Verbindung mit der zweiten Druckmittelleitung 116. Die erste und zweite Kulisse 108, 109 sind jeweils als eine Nut ausgebildet, wobei deren Abmessung in Bewegungsrichtung des bewegbaren Elements 105 größer ist, als die des jeweiligen Verriegelungspins 110, 111. Beide Verriegelungspins 110, 111 greifen bei der dargestellten Mittenstellung des verschiebbaren Elements 105 in die jeweilige Kulisse 108, 109 ein und sind in Verschieberichtung des bewegbaren Elements 105 an einem Ende der jeweiligen Nut angeordnet.

[0043] Mittels der Stelleinheit 112 kann das Ventil gegen die Federkraft des ersten Federelements 113 in eine zweite, eine dritte und eine vierte Steuerstellung 130,

131, 132 gebracht werden. Befindet sich das Ventil in der zweiten Steuerstellung 130 was bei niedriger bis keiner Bestromung der Stelleinheit 112 der Fall ist, ist der zweite Arbeitsanschluss B ausschließlich mit dem Zulaufanschluss P und der erste Arbeitsanschluss A ausschließlich mit dem Ablaufanschluss T verbunden.

Befindet sich das Ventil in der dritten Steuerstellung 131, was bei niedriger bis mittlerer Bestromung der Stelleinheit 112 der Fall ist, sind beide Arbeitsanschlüsse A, B weder mit dem Zulaufanschluss P noch mit dem Ablaufanschluss T verbunden. Alternativ kann vorgesehen sein, dass beide Arbeitsanschlüsse A, B ausschließlich mit dem Zulaufanschluss P verbunden sind, um Leckageverluste auszugleichen. Befindet sich das Ventil in der vierten Steuerstellung 132, was bei mittlerer bis maximaler Bestromung der Stelleinheit 112 der Fall ist, ist der erste Arbeitsanschluss A ausschließlich mit dem Zulaufanschluss P und der zweite Arbeitsanschluss B ausschließlich mit dem Ablaufanschluss T verbunden.

[0044] Im geregelten Betrieb der Brennkraftmaschine wird das Steuerventil 103 in die zweite Steuerstellung 130 gebracht um eine Verstellung des bewegbaren Elements 105 in Richtung spät, gekennzeichnet durch den zweiten Pfeil 126, zu erreichen. Druckmittel wird vom Zulaufanschluss P über den zweiten Arbeitsanschluss B und die zweite Druckmittelleitung 116 zur zweiten Druckkammer 107 geleitet. Gleichzeitig wird über die vierte Druckmittelleitung 122 Druckmittel in die zweite Kulisse 109 geleitet. Dadurch wird der zweite Verriegelungspin 111 gegen die Kraft einer zweiten Feder 129 aus der zweiten Kulisse 109 gedrängt.

Gleichzeitig ist die erste Druckkammer 106 über die erste Druckmittelleitung 115 und den Ablaufanschluss T mit dem Druckmittelreservoir 117 verbunden. Durch den Abfluss von Druckmittel aus der ersten Druckkammer 106 und den Zulauf von Druckmittel zur zweiten Druckkammer 107 wird das bewegbare Element 105 in Richtung spät verschoben. Gleichzeitig wird die erste und die zweite Kulisse 108, 109 ebenfalls in Richtung spät verschoben. Dabei bewegt sich der erste Verriegelungspin 110 innerhalb der ersten Kulisse 108, während der zweite Verriegelungspin 111 sich außerhalb der zweiten Kulisse 109 befindet.

Um eine Phasenlage ϕ der hydraulischen Stellvorrichtung 102 zu halten wird das Steuerventil 103 in die dritte Steuerstellung 131 gebracht. Beide Arbeitsanschlüsse A, B sind weder mit dem Zu- P noch mit dem Ablaufanschluss T verbunden. es findet kein Zu- bzw. Abfluss von Druckmittel zu bzw. aus den Druckkammern 106, 107 statt und die Phasenlage ϕ wird konstant gehalten.

Um eine Verstellung des bewegbaren Elements 105 in Richtung früh, gekennzeichnet durch den dritten Pfeil 128, zu erreichen wird das Steuerventil 103 in die vierte Steuerstellung 132 gebracht. Druckmittel wird vom Zulaufanschluss P über den ersten Arbeitsanschluss A und die erste Druckmittelleitung 115 zur ersten Druckkammer 106 geleitet. Gleichzeitig wird über die dritte Druckmittelleitung 121 Druckmittel in die erste Kulisse 108 geleitet.

tet. Dadurch wird der erste Verriegelungspin 110 entgegen die Kraft einer ersten Feder 127 aus der ersten Kulisse 108 gedrängt. Gleichzeitig ist die zweite Druckkammer 107 über die zweite Druckmittelleitung 116 und den Ablaufanschluss T mit dem Druckmittelreservoir 117 verbunden. Durch den Ablauf von Druckmittel aus der zweiten Druckkammer 107 und den Zulauf von Druckmittel zur ersten Druckkammer 106 wird das bewegbare Element 105 in Richtung früh verschoben. Gleichzeitig wird die erste und die zweite Kulisse 108, 109 ebenfalls in Richtung früh verschoben. Dabei bewegt sich der zweite Verriegelungspin 111 innerhalb der zweiten Kulisse 109, während der erste Verriegelungspin 110 sich außerhalb der ersten Kulisse 108 befindet.

Wird das bewegbare Element 105 von einer Position, die von der in Figur 8 dargestellten Mittenlage abweicht über die Mittenlage verstellt, so rastet der Verriegelungspin 110, 111, der nicht mit Druckmittel beaufschlagt wird in die jeweilige Kulisse 108, 109 ein. Gleichzeitig wird der andere Verriegelungspin 110, 111 mit Druckmittel beaufschlagt so, dass er sich außerhalb der Kulisse 108, 109 befindet. Die Bewegung wird ausschließlich durch den eingerasteten Verriegelungspin 110, 111 eingeschränkt. Befindet sich die hydraulische Stellvorrichtung 102 in der in Figur 8 dargestellten mittleren Position und ist die Vorrichtung 101 nicht mit ausreichend Druckmittel versorgt, was beispielsweise beim Start der Brennkraftmaschine der Fall ist, so sind beide Verriegelungspins in 110, 111 in der jeweiligen Kulisse 108, 109 eingerastet. Dabei sind die Verriegelungspins 110, 111 derart angeordnet und die Kulissen 108, 109 derart ausgeführt, dass sich die Verriegelungspins 110, 111 an den Enden der Kulissen 108, 109 befinden, die am weitesten voneinander beabstandeten sind. Dadurch ist das bewegbare Element 105 relativ zum Druckraum 104 fixiert. Alternativ können sich die Verriegelungspins 110, 111 an den Enden der Kulissen 108, 109 befinden, die sich am nächsten stehen. In dieser alternativen Ausführungsform müssten die erste Kulisse 108 von der zweiten Druckmittelleitung 116 und die zweite Kulisse 109 von der ersten Druckmittelleitung 115 mit Druckmittel beaufschlagt werden. Ebenfalls denkbar ist eine Beaufschlagung der Kulissen 108, 109 über die jeweilige Druckkammer 106, 107, beispielsweise mittels einer Wurmnut.

[0045] Beim Stoppvorgang der Brennkraftmaschine besteht die Möglichkeit, dass das verschiebbare Element 105 in einer relativ zur Mittenlage späten Stellung positioniert wird. Beim Neustart der ist die Vorrichtung 101 noch nicht ausreichend mit Druckmittel befüllt. Aufgrund des Schleppmoments der Nockenwelle wird das Element 105 in Richtung des Spätanschlages 133 getrieben und schlägt dort an. Dies führt zu einem erhöhten Verschleiß der Komponenten und unangenehmer Geräuschentwicklung.

[0046] Fällt die Stelleinheit 112 des Steuerventils 103 aus, wird die Stromversorgung beispielsweise durch einen Defekt des Elektromagneten oder der Stromverbindungen unterbrochen, so wird das Steuerventil 103 in

die zweiten Steuerstellung 130 versetzt. Dies führt dazu, dass der zweite Verriegelungspin 111 entriegelt wird und die Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle in Richtung spät verstellt wird. Das hat zur Folge, dass die Start- und Laufeigenschaften der Brennkraftmaschine, die in der in Figur 8 dargestellten Mittenlage optimal sind, sich verschlechtern.

[0047] Bei der schematisch dargestellten hydraulischen Stellvorrichtung 102 kann es sich beispielsweise um einen Axialkolbenversteller oder einen Rotationskolbenversteller handeln. Im Folgenden soll ohne Beschränkung der Allgemeinheit nur die Ausführungsform eines Rotationskolbenverstellers behandelt werden. Der Druckraum 104 entspricht den Ausnehmungen 5 aus Figur 1. Das bewegbare Element 105 den Flügeln 11. Die Verriegelungspins 110, 111 können in der Ausführungsform nach Figur 1 entweder in einem Seitendeckel des Rotationskolbenverstellers oder im Rotor des Rotationskolbenverstellers innerhalb einer Bohrung, vorzugsweise eines Sacklochs, angeordnet sein. Die jeweiligen Kulissen 108, 109 sind in dem jeweils anderen Bauteil ausgebildet.

[0048] In Figur 4 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung 101 schematisch, analog Figur 8, dargestellt. Diese ist größtenteils mit der in Figur 8 gezeigten identisch, weshalb für gleiche Bauteile die gleichen Bezugszahlen verwendet wurden. Der Unterschied der erfindungsgemäßen Vorrichtung 101 besteht darin, dass das Steuerventil 103 zusätzlich eine erste Steuerstellung 140 aufweist. Die erste Steuerstellung 140 wird aktiviert, wenn die Stelleinheit 112 einen Zustand einnimmt, der einer niedrigen bis keiner Bestromung entspricht. Das erste Federelement 113 sorgt in diesem Fall dafür, dass die erste Steuerstellung 140 erreicht wird. In dieser Stellung ist weder der erste noch der zweite Arbeitsanschluss A, B mit dem Zulaufanschluss P verbunden. Je nach Konfiguration der hydraulischen Stellvorrichtung 102 kann nun entweder der erste oder der zweite Arbeitsanschluss A, B mit dem Ablaufanschluss T verbunden werden, während der jeweils andere Arbeitsanschluss A, B nicht mit dem Ablaufanschluss T kommuniziert. Ebenfalls denkbar ist eine Ausführungsform in der in der ersten Steuerstellung 140 der erste und der zweite Arbeitsanschluss A, B weder mit dem Zulaufanschluss P noch mit dem Ablaufanschluss T kommuniziert oder beide Arbeitsanschlüsse A, B ausschließlich mit dem Ablaufanschluss T in Verbindung stehen.

Neben der ersten Steuerstellung 140 weist das Steuerventil 103 ebenfalls die in Figur 8 dargestellten zweiten, dritten und vierten Steuerstellungen 103, 131, 132 auf, wobei die zweite Steuerstellung 130 bei einer niedrigen bis mittleren Bestromung, die dritte Steuerstellung 131 bei einer mittleren bis hohen Bestromung und die vierte Steuerstellung 132 bei einer hohen bis maximalen Bestromung, der Stelleinheit 112 eingenommen wird.

Im Falle eines Defekts der Stelleinheit 112 oder eines Fehlers in deren Stromzuführung gelangt das Steuerventil 103 automatisch in die erste Steuerstellung 140, wobei

das Schaltventil 103 diese Stellung bis zur Reparatur der Stelleinheit 112 bzw. deren Stromversorgung hält. Nach einem erneuten Start der Brennkraftmaschine wird aufgrund der ungenügenden Druckmittelversorgung der hydraulischen Stellvorrichtung 102 das bewegbare Element 105 unabhängig von dessen Stellung am Abschalten der Brennkraftmaschine aufgrund der Schlepp- und Wechsellmomente in die mittlere Position verfahren. Dort können beide Verriegelungspins 110, 111 in die jeweilige Kulissee 108, 109 einriegeln, wodurch die Stellung des bewegbaren Elements 105 im Druckraum 104 fixiert wird. Aufgrund der Konfiguration der ersten Steuerstellung 140 wird während des Betriebs der Brennkraftmaschine kein Druckmittel zu den Druckkammern 106, 107 und somit zu den Kulissen 108, 109 geführt. Dies hat zur Konsequenz, dass das bewegbare Element 105 relativ zum Druckraum 104 ortsfest gehalten wird und damit die Phasenlage ϕ zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle konstant in der Notlaufposition gehalten wird, in der die Brennkraftmaschine gute Start- und Laufeigenschaften aufweist.

[0049] Die Figuren 5a bis 5d zeigen exemplarisch einen Ventilkörper 114 eines Steuerventils 103 einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 101. Der Ventilkörper 114 besteht aus einem Ventilgehäuse 141 und einem Steuerkolben 142. Das Ventilgehäuse 141 ist im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgeführt, wobei in dessen Außenmantelfläche drei axial beabstandete Ringnuten 143, 144, 145 ausgebildet sind. Jede der Ringnuten 143 bis 145 stellt einen Anschluss des Ventils dar, wobei die in axialer Richtung äußeren Ringnuten 143, 145 die Arbeitsanschlüsse A, B bilden und die mittlere Ringnut 144 den Zulaufanschluss P. Ein Ablaufanschluss T ist durch eine Öffnung in einer Stirnseite des Ventilgehäuses 141 ausgeführt. Jede der Ringnuten 143 bis 145 steht über erste Radialöffnungen 146 mit dem inneren des Ventilgehäuses 141 in Verbindung. Innerhalb des Ventilgehäuses 141 ist ein im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgeführter Steuerkolben 142 axial verschiebbar angeordnet. Der Steuerkolben 142 wird an einer Stirnseite von einem zweiten Federelement 147 und an der gegenüberliegenden Stirnfläche von einer Stößelstange 148 der Stelleinheit 112 mit einer Kraft beaufschlagt. Durch Bestromen der Stelleinheit 112 kann der Steuerkolben 142 gegen die Kraft des zweiten Federelements 147 in eine beliebige Position zwischen einem ersten und einem zweiten Endanschlag 149, 150 verschoben werden.

Der Steuerkolben 142 ist mit einem ersten und einem zweiten Ringsteg 151, 152 versehen. Die Außendurchmesser der Ringsteg 151, 152 sind dem Innendurchmesser des Ventilgehäuses 141 angepasst. Weiterhin sind in den Steuerkolben 142 zwischen dessen stirnseitigem Ende, an dem die Stößelstange 148 angreift, und dem zweiten Ringsteg 152 zweite Radialöffnungen 146a ausgebildet, wodurch das Innere des Steuerkolbens 142 mit dem Inneren des Ventilgehäuses 141 in Verbindung steht. Der erste und der zweite Ringsteg 151, 152 sind derart ausgebildet und an der Außenmantelfläche des

Steuerkolbens 142 angeordnet, dass Steuerkanten 153 bis 156 in Abhängigkeit von der Stellung des Steuerkolbens 142 relativ zum Ventilgehäuse 141 eine Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss P und den Arbeitsanschlüssen A, B freigibt oder sperrt und eine Verbindung zwischen den Arbeitsanschlüssen A, B und dem Ablaufanschluss T freigibt oder versperren. Der Außendurchmesser des Steuerkolbens 142 ist in den Bereichen zwischen der Stößelstange 148 und dem zweiten Ringsteg 152 und zwischen dem ersten Ringsteg 151 und dem zweiten Ringsteg 152 geringer ausgeführt als der Innendurchmesser des Ventilgehäuses 141. Dadurch wird zwischen dem ersten und dem zweiten Ringsteg 151, 152 eine vierte Ringnut 157 ausgebildet. Innerhalb der vierten Ringnut 157 ist ein dritter Ringsteg 158 ausgebildet. Der Außendurchmesser des dritten Ringstegs 158 ist dem Innendurchmesser des Ventilgehäuses 141 angepasst. Weiterhin ist der dritte Ringsteg 158 derart positioniert, dass er in der ersten Steuerstellung 140 des Steuerventils 103 die Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss P und dem zweiten Arbeitsanschluss B sperrt.

[0050] Figur 5a zeigt die erste Steuerstellung 140 des Steuerventils 103, in der der Steuerkolben 142 von der Stelleinheit 112 über die Stößelstange 148 mit einer Kraft zwischen einer minimalen Kraft F_0 und einer kleinen Kraft F_1 , wobei $F_1 > F_0$, beaufschlagt wird. Die stößelstangen-seitige Stirnfläche des Steuerkolbens 142 befindet in einem Bereich zwischen dem ersten Endanschlag 149 (Verschiebeweg = 0mm) und einem Verschiebeweg s_1 . Die Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss P und dem zweiten Arbeitsanschluss B ist durch den dritten Ringsteg 158 und die Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss P und dem ersten Arbeitsanschluss A durch den ersten Ringsteg 151 gesperrt. Weiterhin ist die Verbindung zwischen dem zweiten Arbeitsanschluss B und dem Ablaufanschluss T mittels des zweiten Ringstegs 152 gesperrt, während Druckmittel vom ersten Arbeitsanschluss A zum Ablaufanschluss T fließen kann. Da der Druckmittelfluss zu beiden Verriegelungspins 110, 111 und zu beiden Druckkammern 106, 107 blockiert ist kann in der ersten Steuerstellung 140 keine aktive Verstellung stattfinden. Durch die Verbindung der ersten Druckkammer 106 mit dem Reservoir 11 wird diese entleert. Abhängig von der Stellung der hydraulischen Stellvorrichtung 102 wird das bewegbare Element 105 sofort, oder nach einer gewissen Zeit, die benötigt wird um die zweite Druckkammer 107 aufgrund von Leckage zu leeren, aufgrund von Schlepp oder Wechsellmomenten der Nockenwelle in die Mittenlage getrieben und dort dauerhaft verriegelt.

Diese Steuerstellung entspricht einer Konfiguration des Steuerventils 103 in der die Stelleinheit 112 unbestromt ist und folglich der Steuerkolben 142 mittels des zweiten Federelements 147 an den ersten Endanschlag 149 verschoben ist, der Verschiebeweg also Null ist. In dieser Stellung befindet sich das Ventil, wenn die Stelleinheit 112 defekt oder deren Stromzufuhr unterbrochen ist.

[0051] Figur 5b zeigt die zweite Steuerstellung 130 des

Steuerventils 103, in der der Steuerkolben 142 von der Stelleinheit 112 über die Stößelstange 148 mit einer Kraft zwischen einer kleinen Kraft F_1 und einer mittleren Kraft F_2 beaufschlagt wird, wobei $F_2 > F_1$. Dadurch wird der Steuerkolben 142 um einen Weg S_1 bis S_2 vom stößelstangenseitigen ersten Endanschlag 149 verschoben, wobei $S_2 > S_1$. Der erste Ringsteg 151 blockiert weiterhin die Verbindung zwischen dem ersten Arbeitsanschluss A und dem Zulaufanschluss P, während weiterhin Druckmittel vom ersten Arbeitsabschluss zum Ablaufanschluss T fließen kann. Weiterhin blockiert der zweite Ringsteg 152 die Verbindung zwischen dem zweiten Arbeitsanschluss B und dem Ablaufanschluss T, während sowohl der zweite als auch der dritte Ringsteg 152, 158 eine Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss P und dem zweiten Arbeitsanschluss B freigibt. In dieser Stellung wird über den zweiten Arbeitsanschluss B, der zweiten und vierten Druckmittelleitung 116, 122 der zweiten Druckkammer 107 und der zweiten Kulissee 109 Druckmittel zugeführt, wodurch der zweite Verriegelungspin 111 entriegelt wird und die hydraulische Stellvorrichtung 102 Richtung spätverstellt. Gleichzeitig fließt Druckmittel aus der ersten Druckkammer 106 über die erste Druckmittelleitung 115 zum ersten Arbeitsanschluss A und von dort zum Ablaufanschluss T.

[0052] Figur 5c zeigt die dritte Steuerstellung 131 des Steuerventils 103, in dem der Steuerkolben 142 von der Stelleinheit 112 über die Stößelstange 148 mit einer Kraft zwischen einer mittleren Kraft F_2 und einer großen Kraft F_3 beaufschlagt wird, wobei $F_3 > F_2$. Dadurch wird der Steuerkolben 142 um einen Weg S_2 bis S_3 vom stößelstangenseitigen ersten Endanschlag 149 verschoben, wobei $S_3 > S_2$. In dieser Stellung des Schaltventils blockieren der erste und der zweite Ringsteg 151, 152 die Verbindungen zwischen den Arbeitsanschlüssen A, B und dem Zulaufanschluss P und die Verbindungen zwischen den Arbeitsanschlüssen A, B und dem Ablaufanschluss T. In dieser Stellung des Steuerventils 103 wird weder Druckmittel zu den Druckkammern 106, 107 zugeleitet, noch kann Druckmittel von den Druckkammern 106, 107 abfließen. Diese Steuerstellung entspricht also einer Haltestellung, in der die Phasenlage ϕ zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle konstant gehalten wird.

[0053] Figur 5d zeigt die vierte Steuerstellung 132 des Steuerventils 103, in der der Steuerkolben 142 von der Stelleinheit 112 über die Stößelstange 148 mit einer Kraft zwischen einer großen Kraft F_3 und einer maximalen Kraft F_4 beaufschlagt wird, wobei $F_4 > F_3$. Dadurch wird der Steuerkolben 142 um einen Weg S_3 bis S_4 vom stößelstangenseitigen ersten Endanschlag 149 verschoben, wobei $S_4 > S_3$. In dieser Konfiguration blockiert der erste Ringsteg 151 eine Verbindung zwischen den ersten Arbeitsanschluss A und dem Ablaufanschluss T, während die Verbindung zwischen den Zulaufanschluss P und dem ersten Arbeitsanschluss A sowohl vom ersten Ringsteg 151, als auch vom dritten Ringsteg 158 freigegeben wird. Weiterhin wird von dem zweiten Ringsteg 152 die Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss P

und dem zweiten Arbeitsanschluss B blockiert, während Druckmittel über den zweiten Arbeitsanschluss B und die zweiten Radialöffnungen 146a in das Innere des Steuerkolbens 142 und von dort zum Ablaufanschluss T gelangen kann. In dieser Stellung des Steuerventils 103 wird Druckmittel von der zweiten Druckkammer 107 über die zweite Druckmittelleitung 116 zum zweiten Arbeitsanschluss B und von dort zum Ablaufanschluss T geleitet. Gleichzeitig wird über den ersten Arbeitsanschluss A die erste Druckmittelleitung 115 und die dritte Druckmittelleitung 121 Druckmittel zur ersten Druckkammer 106 und zur ersten Kulissee 108 geleitet. Dadurch wird der erste Verriegelungspin 110 entriegelt und die hydraulische Stellvorrichtung 102 verstellt nach früh.

[0054] Durch den Einsatz des beschriebenen 4/4-Wegeventils, als Steuerventil 103 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 101, werden keine zusätzlichen Module, wie beispielsweise zusätzliche Steuerventile benötigt um eine Vorrichtung 101 mit Mittenlagenverriegelung darzustellen, die automatisch in einer verriegelten Mittenposition startet, wobei ein Anschlag des Elements 105 (Flügel bei Flügelzellenverstellern) an einem Anschlag unterbleibt. Weder der Bauraum, noch die Herstellungs- oder Montagekosten werden im Vergleich zu der im Stand der Technik beschriebenen Ausführungsform erhöht. Gleichzeitig wird die Vorrichtung 101 bei Ausfall der Stelleinheit 112 in die Mittenlage gebracht und dort bis zur Reparatur der Stelleinheit 112 verriegelt.

[0055] Figur 6 stellt den Volumenstrom vom Zulaufanschluss T zu den Druckkammern 106, 107 in Abhängigkeit des Tastverhältnisses der Stelleinheit 112 dar. Die Stelleinheit 112 kann mit einer Spannung beaufschlagt werden, wobei entweder Null Volt oder ein Maximalwert anliegt. Das Tastverhältnis gibt den Anteil der Zeit an, in welcher der Maximalwert der Spannung an der Stelleinheit 112 anliegt. Je höher das Tastverhältnis ist, umso höher ist die Kraft die von der Stelleinheit 112 über die Stößelstange 148 auf den Steuerkolben 142 ausgeübt wird. Somit ist das Tastverhältnis ein Maß für die Verschiebung des Steuerkolbens 142 innerhalb des Ventilgehäuses 141 relativ zum ersten Endanschlag 149.

In einem ersten Bereich, in dem das Tastverhältnis zwischen Null und einem ersten Wert TV 1 liegt nimmt das Steuerventil 103 die erste Steuerstellung 140 ein. In dieser Steuerstellung 140 sind die Verbindungen zwischen dem Zulaufanschluss P und den Arbeitsanschlüssen A, B gesperrt, der Volumenstrom ist abgesehen von Leckageströmen 0.

Liegt das Tastverhältnis zwischen einem ersten Wert TV 1 und einem zweiten Wert TV 2 so befindet sich das Steuerventil 103 in der zweiten Steuerstellung 130. Druckmittel kann vom Zulaufanschluss P zum zweiten Arbeitsanschluss B gelangen, während die Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss P und dem ersten Arbeitsanschluss A gesperrt ist. Der Volumenstrom nimmt bei Erhöhung des Tastverhältnisses von einem ersten Wert TV 1 zu einem dritten Wert TV 3 stetig zu, während es bei weiterer Erhöhung bis zu dem zweiten Wert TV 2

stetig abnimmt und schließlich bei dem Wert TV 2 nahe Null liegt. Vorteilhafterweise wird für die zweite Steuerstellung 130 nur der Bereich zwischen TV3 und TV2 genutzt.

In einem dritten Bereich zwischen dem Wert TV 2 und einem Wert TV 4, Tastverhältnisse, die in diesem Bereich liegen werden im folgenden als Haltetastverhältnis bezeichnet, des Tastverhältnisses ist der Volumenstrom nahezu null.

[0056] Dieser Bereich entspricht der dritten Steuerstellung 131 des Steuerventils 103, in der beide Arbeitsanschlüsse A, B nicht in Verbindung mit dem Zulaufanschluss P stehen.

Wird der Wert des Tastverhältnisses ausgehend vom Wert TV 4 weiter bis 100% erhöht, so nimmt der Volumenstrom vom Zulaufanschluss P zu den Druckkammer 106, 107 zunächst stetig zu. Der Volumenstrom kann bis zu einem Tastverhältnis von 100% stetig steigen, oder aber konstruktiv bedingt ein Maximum durchlaufen. Dieser Bereich entspricht der vierten Steuerstellung 132 des Steuerventils 103, in der Druckmittel vom Zulaufanschluss P zum ersten Arbeitsanschluss A geleitet wird, während die Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss P und dem zweiten Arbeitsanschluss B blockiert ist.

[0057] Neben dem Vorteil, dass bei Ausfall der St ellipseinheit 112 bei einem Neustart der Brennkraftmaschine die hydraulische Stellvorrichtung 102 in einer Mittenlage verriegelt wird und diese Verriegelung gehalten wird, ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung 101 bei intakter St ellipseinheit 112 eine Verriegelung der hydraulischen Stellvorrichtung 102 in der Mittenposition beim Abschalten der Brennkraftmaschine bzw. ein Positionieren der hydraulischen Stellvorrichtung 102 derart, dass beim Neustart der Brennkraftmaschine die hydraulische Stellvorrichtung 102 in die Mittenposition gebracht und dort verriegelt wird. Dies hat den Vorteil, dass während des Anlassvorgangs, in dem die Vorrichtung 101 noch nicht ausreichend mit Druckmittel befüllt ist, die hydraulische Stellvorrichtung 102 sicher in der Mittenlage verriegelt ist, wodurch ein Anschlagen des verschiebbaren Elements 105 an einer Seitenwand des Druckraums 104 vermieden wird, wodurch erhöhter Verschleiß und Geräuschentwicklung vermieden wird.

[0058] Zum Betrieb der Brennkraftmaschine müssen die verschiedenen Tastverhältnisse, insbesondere TV1 bis TV3 und das Haltetastverhältnis TV_{Halte} dem Motorsteuergerät bekannt sein. Das Haltetastverhältnis wird standardmäßig vom Motorsteuergerät ermittelt und in einer Speichereinheit abgelegt. Zur Ermittlung von TV1, TV2 und TV3 sind zwei Möglichkeiten denkbar.

[0059] Über die Konstruktive Auslegung und der daraus folgenden Ventilcharakteristik kann TV1, TV2 und TV3 in direkter Abhängigkeit vom Haltetastverhältnis TV_{Halte} bestimmt werden. Die Differenzwinkel Y_1 , Y_2 und Y_3 werden permanent in einer Speichereinheit abgelegt. Das Motorsteuergerät bestimmt in einer frühen Phase des Betriebs der Brennkraftmaschine das Haltetastverhältnis TV_{Halte} . Für TV1, TV2 und TV3 gilt dann:

$$TV1 = TV_{Halte} - Y_1,$$

$$TV2 = TV_{Halte} - Y_2,$$

$$TV3 = TV_{Halte} - Y_3.$$

[0060] Ein zweiter Weg ist, TV1 und TV2, gegebenenfalls nach jedem Neustart, vom Motorsteuergerät ermitteln zu lassen und im Kennfeld abzulegen. Zur Bestimmung von TV1 und TV3 können die Nockenwellewinkelsignale und Kurbelwellenwinkelsignale genutzt werden. Vor allem die relative Phasenlage der beiden Wellen und die zeitliche Änderung der Phasenlage kann dazu genutzt werden. Beispielsweise kann folgendes Verfahren angewandt werden. Es wird eine Rampe des Tastverhältnisses von 0% ansteigend gefahren. Der Wert TV1 ist erreicht, wenn ein Verstellvorgang startet (an diesem Punkt wird eine der Druckkammern 106, 107 und ein Verriegelungspin 110, 111 mit Druckmittel beaufschlagt und die hydraulische Stellvorrichtung verstellt, was über Nockenwellenwinkelsensoren und Kurbelwellenwinkelsensoren detektiert werden kann). Der Wert TV3 ist erreicht, wenn eine maximale Verstellgeschwindigkeit überschritten ist. TV2 ist erreicht, wenn die Phasenlage konstant gehalten wird. Die ermittelten Werte werden anschließend in einem Speicher abgelegt.

[0061] Figur 7 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Steuerung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 101 während eines Stoppvorgangs der Brennkraftmaschine, durch das die hydraulische Stellvorrichtung 102 in eine Position gebracht wird, in der sie nach dem Stopp der Brennkraftmaschine entweder verriegelt ist oder sich in einer Position befindet von der sie nach dem Neustart der Brennkraftmaschine direkt in die Mittenposition verschoben und dort verriegelt wird.

[0062] Bei Einleiten des Stoppvorgangs der Brennkraftmaschine ist die Drehzahl $n > \text{Null}$. Die Phasenlage φ zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle wird mit Hilfe des Steuerventils 103 in eine Abstellphasenlage gebracht, die um einen definierten Betrag X von der Verriegelungsphasenlage φ_{Mitte} abweicht. Die Abstellphasenlage liegt für eine Vorrichtung 101, die ohne Kompensationsfeder ausgeführt ist, relativ zur Verriegelungsphasenlage φ_{Mitte} in Richtung früh verschoben. Gleiches gilt für eine Vorrichtung 101, die mit einer Kompensationsfeder ausgerüstet ist, deren Drehmoment aber kleiner als das Schleppmoment der Nockenwelle. Für eine Vorrichtung 101 mit einer Kompensationsfeder, die ein Drehmoment ausübt, welches größer ist als das Schleppmoment der Nockenwelle, liegt die Abstellphase relativ zur Verriegelungsphasenlage φ_{Mitte} in Richtung spät verschoben. Ist die vorbestimmte Abstellphasenlage er-

reicht so wird die Zündung ausgeschaltet und der Wert des Tastverhältnisses wird derart eingestellt, dass diese Phasenlage ϕ sicher gehalten wird. Im Falle einer Einstellung einer nach früh verschobenen Abstellphasenlage liegt das Tastverhältnis also zwischen TV 2 und 100 %, im Falle einer Abstellphasenlage welche relativ zur Verriegelungsphasenlage ϕ_{Mitte} nach spät verstellt ist zwischen TV 4 und TV3. Dieses Tastverhältnis wird solange gehalten, bis die Drehzahlsensoren die Drehzahl Null melden. Danach wird das eingestellte Tastverhältnis für eine bestimmte Zeitspanne Y gehalten bevor schließlich die Stelleinheit 112 stromlos gehalten wird. Die Haltezeit von Y verhindert, dass während der letzten Umdrehung der Brennkraftmaschine, während der der Drehzahlsensor bereits die Drehzahl $n=0$ liefert, aufgrund von Druckschwankungen durch die Wechselmomente die Verriegelungspins 110, 111 entriegelt und das bewegbare Element 105 über die Mittenlage in die falsche Position geschoben wird. Die hydraulische Stellvorrichtung 102 befindet sich nun entweder ,aufgrund der letzten Umdrehung der Kurbelwelle, im verriegeltem Zustand oder in einer Position in der sie entweder von den Schleppmomenten der Nockenwelle oder dem Drehmoment der Kompensationsfeder beim Anlassen der Brennkraftmaschine automatisch und sofort in die verriegelte Position getrieben wird.

[0063] Figur 3 zeigt ein Flussdiagramm Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 101, durch das gewährleistet ist, dass eine bereits bestehende bzw. eine während der ersten Umdrehung der Kurbelwelle hergestellte Verriegelung des bewegbaren Elements 105 gehalten wird, bis der Öldruck innerhalb der Brennkraftmaschine auf einen Wert gestiegen ist, der zum sicheren Betrieb der Vorrichtung 101 benötigt wird. Zu Beginn des Startvorgangs ist die Drehzahl n und das Tastverhältnis gleich Null. Solange der Drehzahlsensor eine Drehzahl $n = \text{Null}$ meldet wird das Tastverhältnis zwischen Null % und dem Wert TV 1 gehalten. Meldet der Drehzahlsensor eine Drehzahl $> \text{Null}$, so wird der Wert eines Öldrucksensor ausgelesen. Solange der Wert des Öldrucks p kleiner einem bestimmten minimalen Wert P_{min} ist, welcher nötig ist um die erfindungsgemäße Vorrichtung 101 sicher zu betreiben, wird der Wert des Tastverhältnisses zwischen Null % und dem Wert TV 1 gehalten. Übersteigt der Öldruck p den vorgegebenen Druck geht die Vorrichtung 101 in den geregelten Betrieb über und das Tastverhältnis wird je nach Lastzustand der Maschine zwischen TV 3 und 100 % verstellt.

[0064] Vorgenannte Ausführungen sind nur exemplarisch. Natürlich sind die Arbeitsanschlüsse A, B vertauschbar. Ebenfalls im Schutzzumfang eingeschlossen werden sollen Vorrichtungen 101 mit Mittenlagenverriegelung der hydraulischen Stelleinheit 102, wobei nur ein Verriegelungspin in eine Kulissee oder eine gestufte Kulissee eingreifen kann. Ebenfalls Vorrichtungen mit einer beliebigen Verriegelungsphasenlage mit einem oder mehreren Verriegelungspins. Bei den Betrachtungen zu den

Volumenströmen und den Verbindungen zwischen verschiedenen Anschlüssen des Schaltventils wurden Druckverluste auf Grund von Leckage vernachlässigt.

5 Bezugszeichen

[0065]

1	Vorrichtung
10 1a	hydraulische Stellvorrichtung
2	Stator
3	Rotor
4	Antriebsrad
5	Ausnehmungen
15 6	Seitenwand
7	erster Seitendeckel
8	zweiter Seitendeckel
9	Verbindungselement
10	Flügelnut
20 11	Flügel
12	erste Druckkammer
13	zweite Druckkammer
14	Nutgrund
15	Blattfederelement
25 16	erste Druckmittelleitung
17	zweite Druckmittelleitung
21	erster Pfeil
22	Zentralbohrung
23	Ausformungen
30 24	Verriegelungselement
25	Axialbohrung
26	Kolben
27	Feder
28	Entlüftungselement
35 29	Kulissee
30	Aussparung
101	Vorrichtung
102	hydraulische Stellvorrichtung
40 103	Steuerventil
104	Druckraum
105	Element
45 106	erste Druckkammer
107	zweite Druckkammer
50 108	erste Kulissee
109	zweite Kulissee
110	erster Verriegelungspin
55 111	zweiter Verriegelungspin
112	Stelleinheit

113 erstes Federelement
 114 Ventilkörper
 115 erste Druckmittelleitung
 116 zweite Druckmittelleitung
 117 Druckmittelreservoir
 118 Druckmittelpumpe
 119 Filter
 120 Rückschlagventil
 121 dritte Druckmittelleitung
 122 vierte Druckmittelleitung
 126 zweiter Pfeil
 127 erste Feder
 128 dritter Pfeil
 129 zweite Feder
 130 zweite Steuerstellung
 131 dritte Steuerstellung
 132 vierte Steuerstellung
 133 Spätanschlag
 140 erste Steuerstellung
 141 Ventilgehäuse
 142 Steuerkolben
 143 Ringnut
 144 Ringnut
 145 Ringnut
 146 erste Radialöffnungen
 146a zweite Radialöffnungen
 147 zweites Federelement
 148 Stößelstange
 149 erster Endanschlag
 150 zweiter Endanschlag
 151 erster Ringsteg
 152 zweiter Ringsteg
 153 erste Steuerkante
 154 zweite Steuerkante
 155 dritte Steuerkante
 156 vierte Steuerkante
 157 vierte Ringnut
 158 dritter Ringsteg

P Zulaufanschluss
 T Ablaufanschluss
 A erster Arbeitsanschluss
 B zweiter Arbeitsanschluss
 5 φ Phasenlage
 φ_{mitte} Verriegelungsphasenlage
 X Betrag
 Y_1 Differenzwinkel
 Y_2 Differenzwinkel
 10 Y_3 Differenzwinkel
 TV_{Halte} Haltetastverhältnis
 P_{min} Öldruck

15 Patentansprüche

1. Vorrichtung (101) zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine mit

20

- einer hydraulischen Stellvorrichtung (102), die zwei gegeneinander wirkende Druckkammern (106, 107) aufweist,

25

- wobei durch Zu- bzw. Abfuhr von Druckmittel zu und von den Druckkammern (106, 107) eine Phasenlage (φ) einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle gehalten bzw. gezielt verändert werden kann,

30

- und mit einem Steuerventil (103) mit zwei Arbeitsanschlüssen (A, B), einem Ablauf- (T) und einem Zulaufanschluss (P), wobei der erste Arbeitsanschluss (A) mit der ersten Druckkammer (106), der zweite Arbeitsanschluss (B) mit der zweiten Druckkammer (107) und der Ablaufanschluss (T) mit einem Tank kommuniziert und der Zulaufanschluss (P) mit Druckmittel beaufschlagt wird,

40

- wobei das Steuerventil (103) aus einem Ventilkörper (114) und einer Stelleinheit (112) besteht, wobei mittels der Stelleinheit (112) das Steuerventil (103) in mehrere Steuerstellungen (103, 131, 132, 140) gebracht werden kann,

45

- wobei abhängig von der Steuerstellung (103, 131, 132, 140) des Steuerventils (103) die Arbeitsanschlüsse (A, B) jeweils entweder mit dem Ablaufanschluss (T), dem Zulaufanschluss (P) oder mit keinem von beiden kommunizieren, **dadurch gekennzeichnet, dass**

50

- in einer ersten Steuerstellung (140) des Steuerventils (103), die der Steuerstellung bei nicht aktivierter Stelleinheit (112) entspricht, weder der erste Arbeitsanschluss (A) noch der zweite Arbeitsanschluss (B) mit dem Zulaufanschluss (T) kommuniziert.

55

2. Vorrichtung (101) zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine mit

- einer hydraulischen Stellvorrichtung (102), die zwei gegeneinander wirkende Druckkammern (106, 107) aufweist,

wobei durch Zu- bzw. Abfuhr von Druckmittel zu und von den Druckkammern (106, 107) eine Phasenlage (ϕ) einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle gehalten bzw. gezielt verändert werden kann,

- und mit einem Steuerventil (103) mit zwei Arbeitsanschlüssen (A, B), einem Ablauf- (T) und einem Zulaufanschluss (P), wobei der erste Arbeitsanschluss (A) mit der ersten Druckkammer (106), der zweite Arbeitsanschluss (B) mit der zweiten Druckkammer (107) und der Ablaufanschluss (T) mit einem Tank kommuniziert und der Zulaufanschluss (P) mit Druckmittel beaufschlagt wird,

- wobei das Steuerventil (103) aus einem Ventilkörper (114) und einer Stelleinheit (112) besteht, wobei mittels der Stelleinheit (112) das Steuerventil (103) in mehrere Steuerstellungen (103, 131, 132, 140) gebracht werden kann,

- wobei abhängig von der Steuerstellung (103, 131, 132, 140) des Steuerventils (103) die Arbeitsanschlüsse (A, B) jeweils entweder mit dem Ablaufanschluss (T), dem Zulaufanschluss (P) oder mit keinem von beiden kommunizieren, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Steuerventil (103) vier Steuerstellungen (130, 131, 132, 140) einnehmen kann,

- wobei in einer ersten Steuerstellung (140) des Steuerventils (103) der Volumenstrom vom Zulaufanschluss (P) zu einem der beiden Druckkammern (106, 107) gleich Null ist,

- wobei in einer zweiten Steuerstellung (130) des Steuerventils (103) der Volumenstrom vom Zulaufanschluss (P) zu einem der beiden Druckkammern (106, 107) größer Null ist,

- wobei in einer dritten Steuerstellung (131) des Steuerventils (103) der Volumenstrom vom Zulaufanschluss (P) zu einem der beiden Druckkammern (106, 107), annähernd Null ist,

- wobei in einer vierten Steuerstellung (132) des Steuerventils (103) der Volumenstrom vom Zulaufanschluss (P) zu einem der beiden Druckkammern (106, 107) größer Null ist.

3. Vorrichtung (101) zur Veränderung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine mit

- einer hydraulischen Stellvorrichtung, die zwei gegeneinander wirkende Druckkammern (106, 107) aufweist,

- wobei durch Zu- bzw. Abfuhr von Druckmittel zu und von den Druckkammern (106, 107) eine Phasenlage (ϕ) einer Nockenwelle relativ zu ei-

ner Kurbelwelle gehalten bzw. gezielt verändert werden kann,

- und mit einem Steuerventil (103) mit zwei Arbeitsanschlüssen (A, B), einem Ablauf- (T) und einem Zulaufanschluss (P), wobei der erste Arbeitsanschluss (A) mit der ersten Druckkammer (106), der zweite Arbeitsanschluss (B) mit der zweiten Druckkammer (107) und der Ablaufanschluss (T) mit einem Tank kommuniziert und der Zulaufanschluss (P) mit Druckmittel beaufschlagt wird,

- wobei das Steuerventil (103) aus einem im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgeführten Ventilgehäuse (141), und einem innerhalb des Ventilgehäuses (141) verschiebbar angeordneten Steuerkolben (142), mit einer im Wesentlichen zylindrisch ausgebildeten Außenmantelfläche, und einer Stelleinheit (112) besteht, wobei die Stelleinheit (112) den Steuerkolben (142) innerhalb des Ventilgehäuses (141) in eine beliebige Position zwischen zwei Endanschlägen (149, 150) bewegen und dort halten kann,

- wobei abhängig von der Stellung des Steuerkolbens (142) relativ zum Ventilgehäuse (141) die Arbeitsanschlüsse (A, B) jeweils entweder mit dem Ablaufanschluss (T), dem Zulaufanschluss (P) oder mit keinem von beiden kommunizieren,

- wobei die Arbeitsanschlüsse (A, B) und der Zulaufanschluss (P) als axial zueinander beabstandete Ringnuten (143, 144, 145) in der Außenmantelfläche des Ventilgehäuses (141) ausgebildet sind, wobei die Ringnuten (143, 144, 145) über erste Radialöffnungen (146) mit dem Inneren des Ventilgehäuses (141) kommunizieren,

- wobei der Steuerkolben (142) an dessen Außenmantelfläche mit einem ersten und einem dazu axial beabstandeten zweiten Ringsteg (151, 152) versehen ist, wobei der Außendurchmesser der Ringstege (151, 152) dem Innendurchmesser des Ventilgehäuses (141) angepasst ist,

- wobei abhängig von der Stellung des Steuerkolbens (142) relativ zum Ventilgehäuse (141) an dem ersten Ringsteg (151) ausgebildete Steuerkanten (153, 154) eine Verbindung zwischen dem ersten Arbeitsanschluss (A) und dem Ablauf- (T) und Zulaufanschluss (P) freigeben oder versperren

- wobei abhängig von der Stellung des Steuerkolbens (142) relativ zum Ventilgehäuse (141) an dem zweiten Ringsteg (152) ausgebildete Steuerkanten (155, 156) eine Verbindung zwischen dem ersten Arbeitsanschluss (A) und dem Ablauf- (T) und Zulaufanschluss (P) freigeben oder versperren, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Steuerkolben (142) mit einem dritten Ringsteg (158) versehen ist, dessen Außendurchmesser dem Innendurchmesser des Ventilgehäuses (141) angepasst ist
 - und der Außendurchmesser des Steuerkolbens (142) zwischen den Ringstegen (151, 152, 158) kleiner als der Innendurchmesser des Ventilgehäuses (141) ausgeführt ist. 5
4. Vorrichtung (101) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hydraulischen Stellvorrichtung (102) mindestens einen Verriegelungspin (110, 111) und eine Kulissee (108, 109) aufweist, in die der Verriegelungspin (110, 111) in mindestens einer Stellung der hydraulischen Stellvorrichtung (102) eingreifen und damit die Phasenlage (ϕ) der Nockenwelle zur Kurbelwelle fixieren kann und wobei bei fixierter Phasenlage (ϕ) die hydraulische Stellvorrichtung (102) in einer Mittenposition verriegelt ist. 10 15 20
5. Vorrichtung (101) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hydraulischen Stellvorrichtung, zwei Verriegelungspins (110, 111) und zwei Kulissen (108, 109) aufweist, wobei jeder Verriegelungspin (110, 111) in mindestens einer Stellung der hydraulischen Stellvorrichtung (102) in eine der Kulissen (108, 109) eingreifen kann, wobei die Phasenlage (ϕ) der Nockenwelle zur Kurbelwelle fixieren ist, wenn beide Verriegelungspins (110, 111) in die jeweilige Kulissee (108, 109) eingreifen, und wobei bei fixierter Phasenlage (ϕ) die hydraulische Stellvorrichtung (102) in einer Mittenposition verriegelt ist. 25 30 35
6. Vorrichtung (101) nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der ersten Steuerstellung (140), die der Steuerstellung bei nicht aktivierter Stelleinheit (112) entspricht, kein oder ein Arbeitsanschluss (A, B) oder beide Arbeitsanschlüsse (A, B) mit dem Ablaufanschluss (T) verbunden sind. 40
7. Vorrichtung (101) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** - der Ventilkörper (114) aus einem hohl ausgeführten Ventilgehäuse (141) und einem darin verschiebbar angeordneten Steuerkolben (142) besteht, wobei die Stelleinheit (112) den Steuerkolben (142) innerhalb des Ventilgehäuses (141) in eine beliebige Position zwischen zwei Endanschlüssen (149, 150) bewegen und dort halten kann. 45 50
8. Vorrichtung (101) nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerventil (103) mittels der Stelleinheit (112) in vier Steuerstellungen (103, 131, 132, 140) gebracht werden kann. 55
9. Vorrichtung (101) nach Anspruch 8, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass

- in einer ersten Steuerstellung (140) des Steuerventils (103), die der Steuerstellung bei nicht aktivierter Stelleinheit (112) entspricht, der erste Arbeitsanschluss (A) mit dem Ablaufanschluss (T) kommuniziert und der zweite Arbeitsanschluss (B) weder mit dem Ablauf- (T) noch mit dem Zulaufanschluss (P) kommuniziert,
 - in einer zweiten Steuerstellung (130) des Steuerventils (103) der erste Arbeitsanschluss (A) mit dem Ablaufanschluss (T) und der zweite Arbeitsanschluss (B) mit dem Zulaufanschluss (P) kommuniziert,
 - in einer dritten Steuerstellung (131) des Steuerventils (103) der erste und der zweite Arbeitsanschluss (A, B) weder mit dem Ablaufanschluss (T) noch mit dem Zulaufanschluss (P) kommuniziert,
 - in einer vierten Steuerstellung (132) des Steuerventils (103) der zweite Arbeitsanschluss (B) mit dem Ablaufanschluss (T) und der erste Arbeitsanschluss (A) mit dem Zulaufanschluss (P) kommuniziert.
10. Vorrichtung (101) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- in einer ersten Steuerstellung (140) des Steuerventils (103), die der Steuerstellung bei nicht aktivierter Stelleinheit (112) entspricht, der erste Arbeitsanschluss (A) mit dem Ablaufanschluss (T) kommuniziert und der zweite Arbeitsanschluss (B) weder mit dem Ablauf- (T) noch mit dem Zulaufanschluss (P) kommuniziert,
 - in einer zweiten Steuerstellung (130) des Steuerventils (103) der erste Arbeitsanschluss (A) mit dem Ablaufanschluss (T) und der zweite Arbeitsanschluss (B) mit dem Zulaufanschluss (P) kommuniziert,
 - in einer dritten Steuerstellung (131) des Steuerventils (103) der erste und der zweite Arbeitsanschluss (A, B) mit dem Zulaufanschluss (P) kommuniziert,
 - in einer vierten Steuerstellung (132) des Steuerventils (103) der zweite Arbeitsanschluss (B) mit dem Ablaufanschluss (T) und der erste Arbeitsanschluss (A) mit dem Zulaufanschluss (P) kommuniziert.
11. Vorrichtung (101) nach einem der Ansprüche 3 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Steuerventil (103) in der ersten Steuerstellung (140) befindet, wenn eine Kraft zwischen der minimal möglichen Kraft F_0 und F_1 von der Stelleinheit (112) auf den Steuerkolben (142) ausgeübt wird, dass sich das Steuerventil (103) in der zweiten Steuerstellung (130) befindet, wenn eine Kraft zwischen F_1 und F_2

von der Stelleinheit (112) auf den Steuerkolben (142) ausgeübt wird, dass sich das Steuerventil (103) in der dritten Steuerstellung (131) befindet, wenn eine Kraft zwischen F_2 und F_3 von der Stelleinheit (112) auf den Steuerkolben (142) ausgeübt wird, dass sich das Steuerventil (103) in der vierten Steuerstellung (132) befindet, wenn eine Kraft zwischen F_3 und F_4 von der Stelleinheit (112) auf den Steuerkolben (142) ausgeübt wird, wobei $F_0 < F_1 < F_2 < F_3 < F_4$.

12. Vorrichtung (101) nach einem der Ansprüche 3 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** sich das Steuerventil (103) in der ersten Steuerstellung (140) befindet, wenn der Steuerkolben (142) um eine Wegstrecke zwischen 0 und s_1 relativ zur Position verschoben wurde, die er einnimmt, wenn die Stelleinheit (112) die minimal mögliche Kraft auf den Steuerkolben (142) ausübt,

- **dass** sich das Steuerventil (103) in der zweiten Steuerstellung (130) befindet, wenn der Steuerkolben (142) um eine Wegstrecke zwischen S_1 und S_2 relativ zur Position verschoben wurde, die er einnimmt, wenn die Stelleinheit (112) die minimal mögliche Kraft auf den Steuerkolben (142) ausübt,

- **dass** sich das Steuerventil (103) in der dritten Steuerstellung (131) befindet, wenn der Steuerkolben (142) um eine Wegstrecke zwischen S_2 und S_3 relativ zur Position verschoben wurde, die er einnimmt, wenn die Stelleinheit (112) die minimal mögliche Kraft auf den Steuerkolben (142) ausübt,

- **dass** sich das Steuerventil (103) in der vierten Steuerstellung (132) befindet, wenn der Steuerkolben (142) um eine Wegstrecke zwischen S_3 und S_4 relativ zur Position verschoben wurde, die er einnimmt, wenn die Stelleinheit (112) die minimal mögliche Kraft auf den Steuerkolben (142) ausübt,

wobei $0 < S_1 < S_2 < S_3 < S_4$.

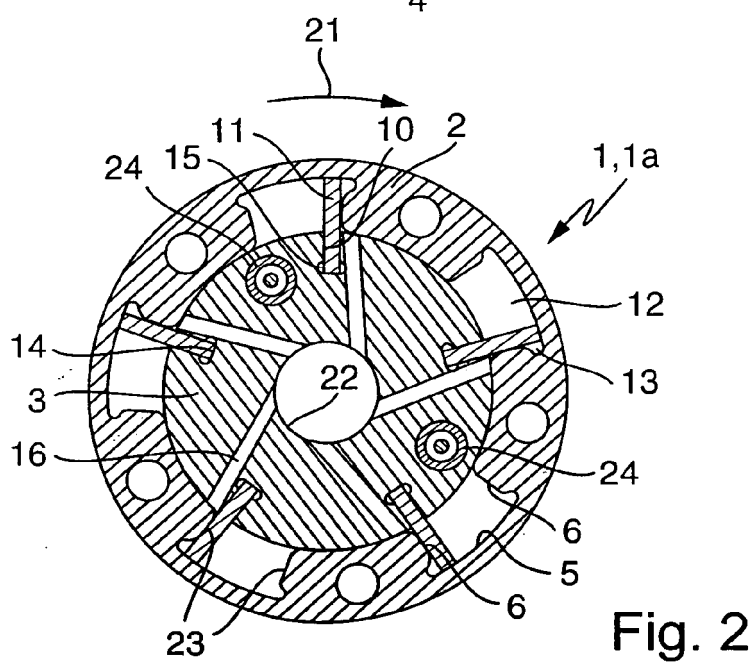
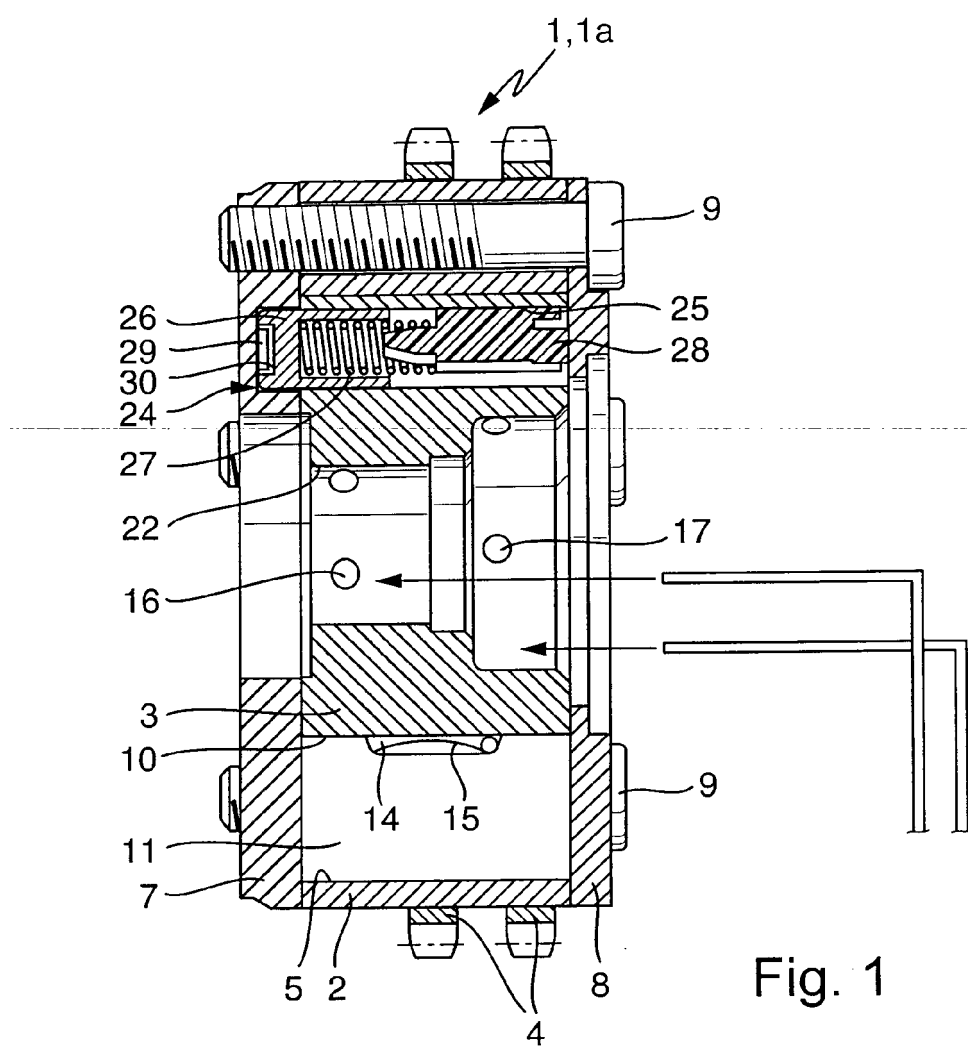
13. Vorrichtung (101) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Ringsteg (158) derart ausgeführt und am Steuerkolben (142) angeordnet ist, dass dieser die Verbindung zwischen dem ersten Arbeitsanschluss (A) und dem Zulaufanschluss (P) blockiert, wenn der Steuerkolben (142) eine Position einnimmt, die zwischen einer Position liegt, die der dieser einnimmt, wenn die Stelleinheit (112) eine minimal mögliche Kraft auf ihn ausübt, und einer Position S_1 , während dieser diese Verbindung in jeder anderen Position des Steuerkolbens (142) nicht blockiert.

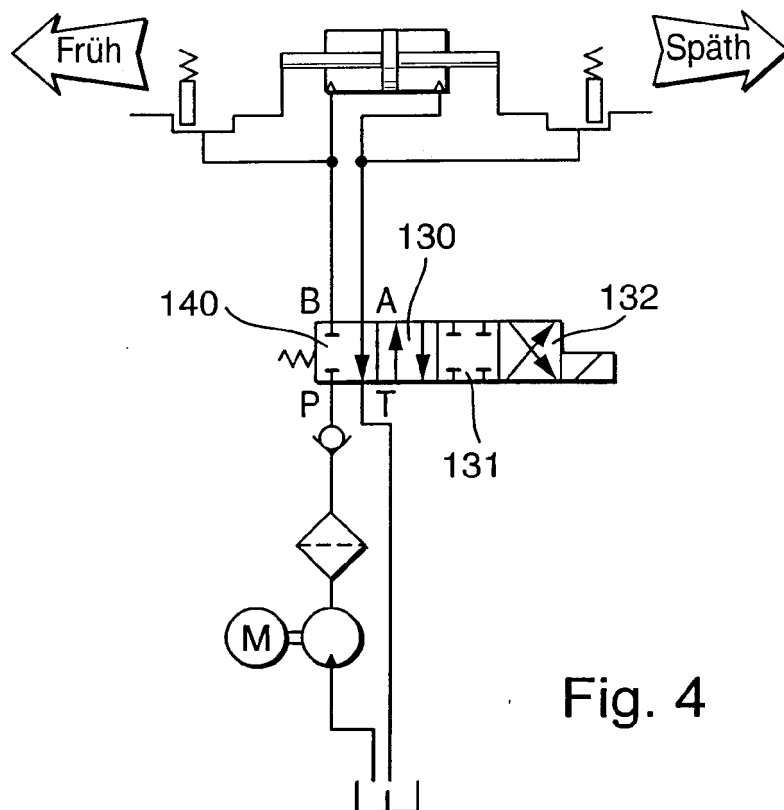
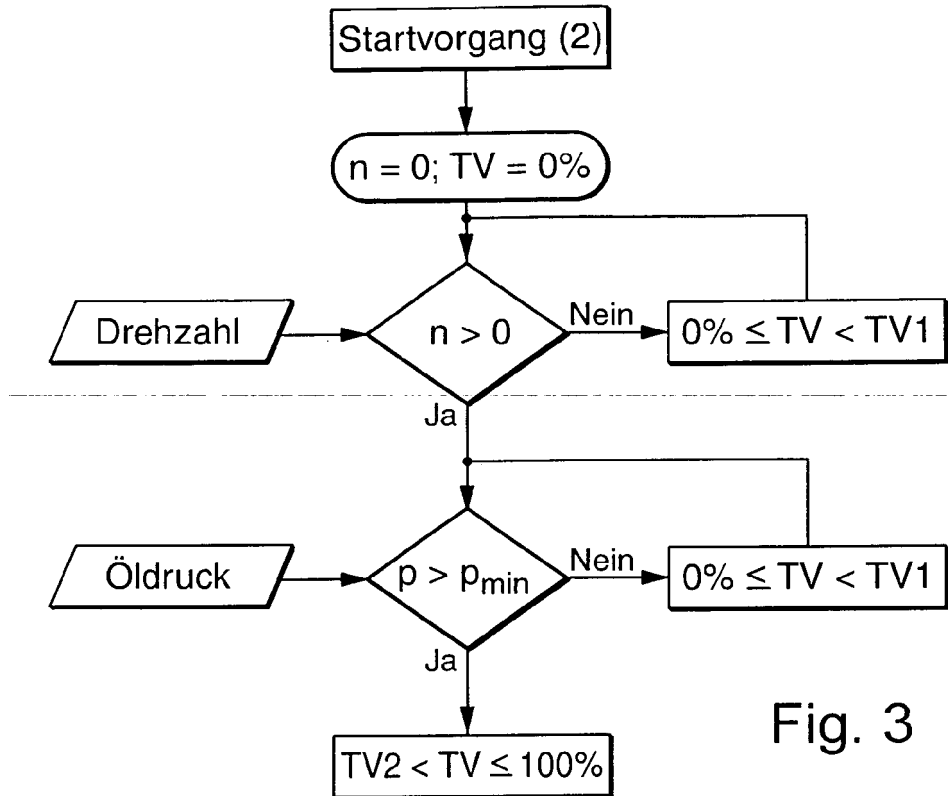
14. Vorrichtung (101) nach Anspruch 3, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass die Ringstege (151, 152, 158) einteilig mit dem Steuerkolben (142) ausgebildet sind.

15. Vorrichtung (101) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ringstege (151, 152, 158) separat gefertigte Hülsen sind und kraft-, form-, oder stoffschlüssig mit dem Steuerkolben (142) verbunden sind.

16. Vorrichtung (101) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerkolben (142) im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgeführt ist.





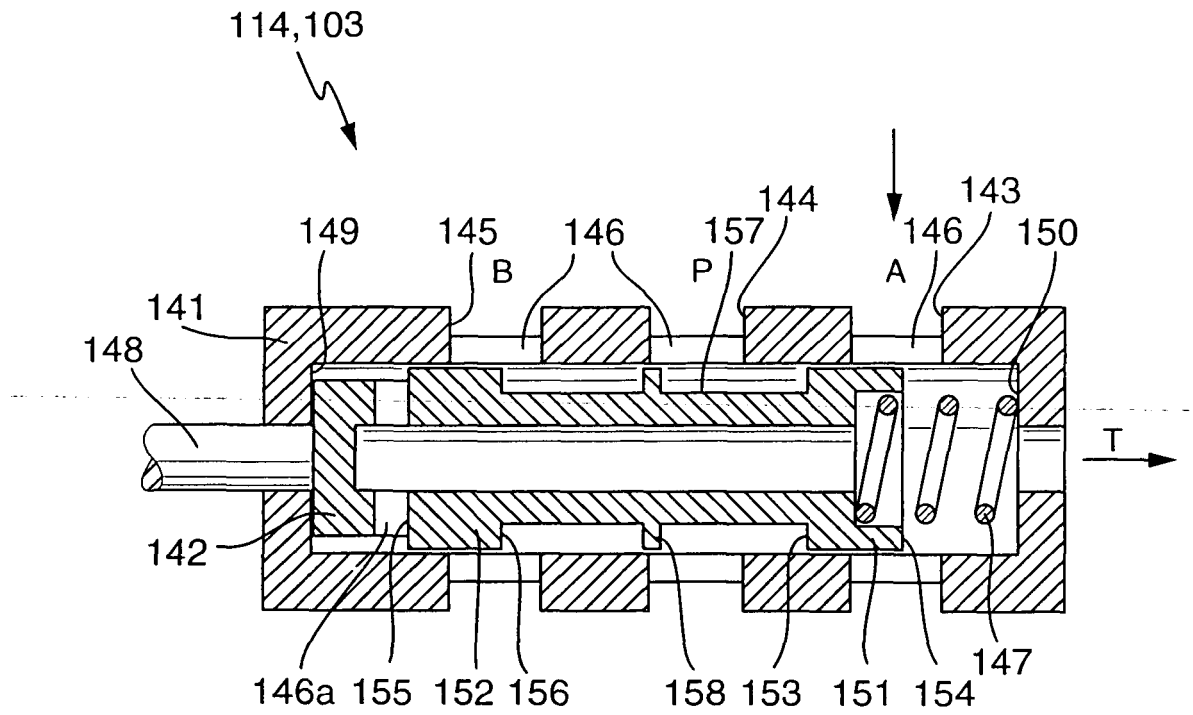


Fig. 5a

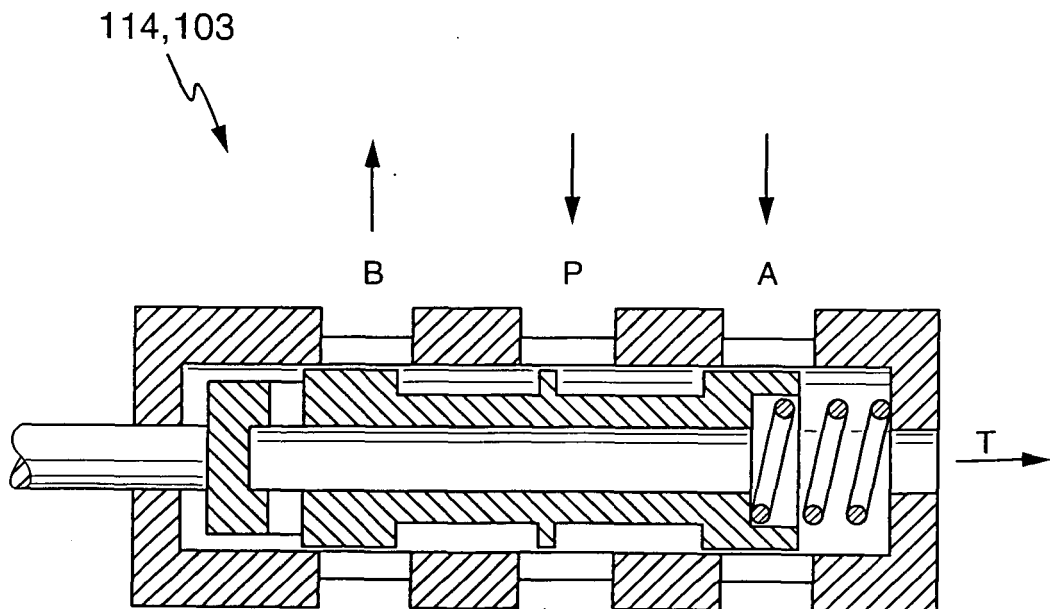


Fig. 5b

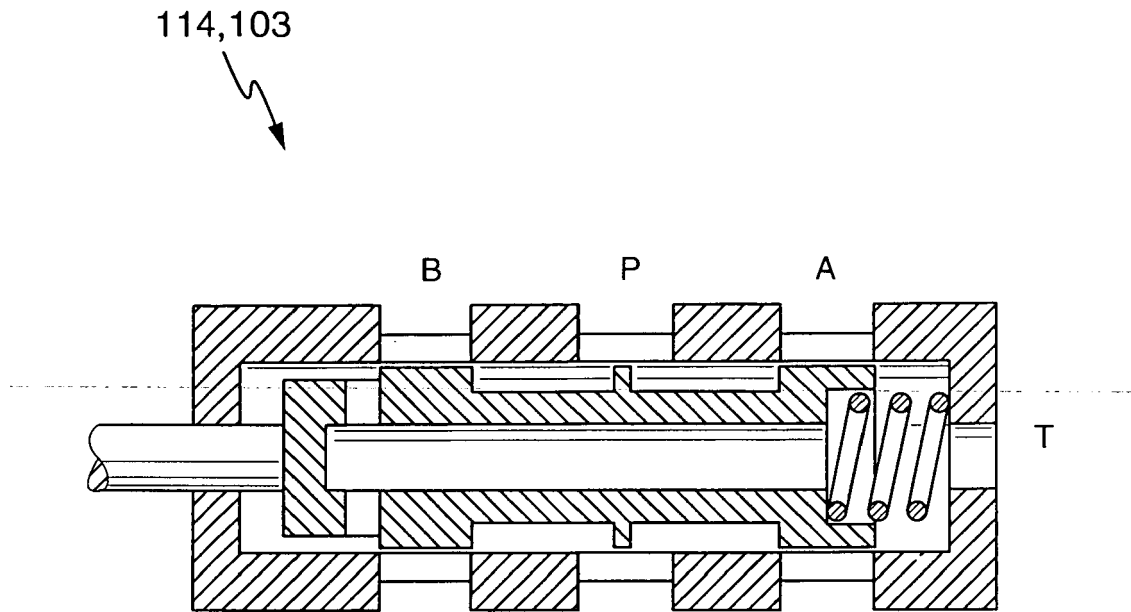


Fig. 5c

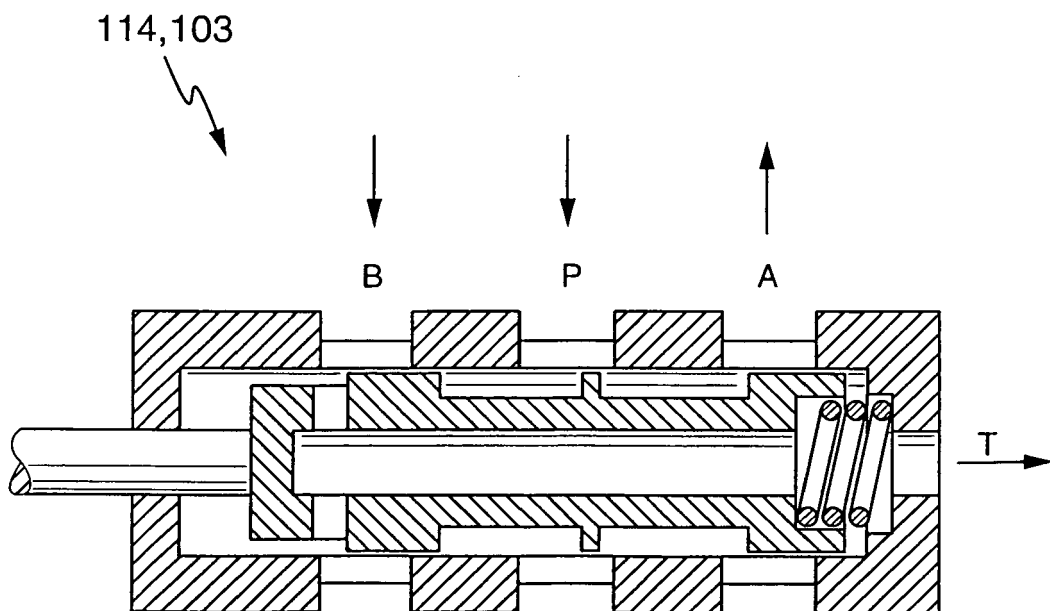


Fig. 5d

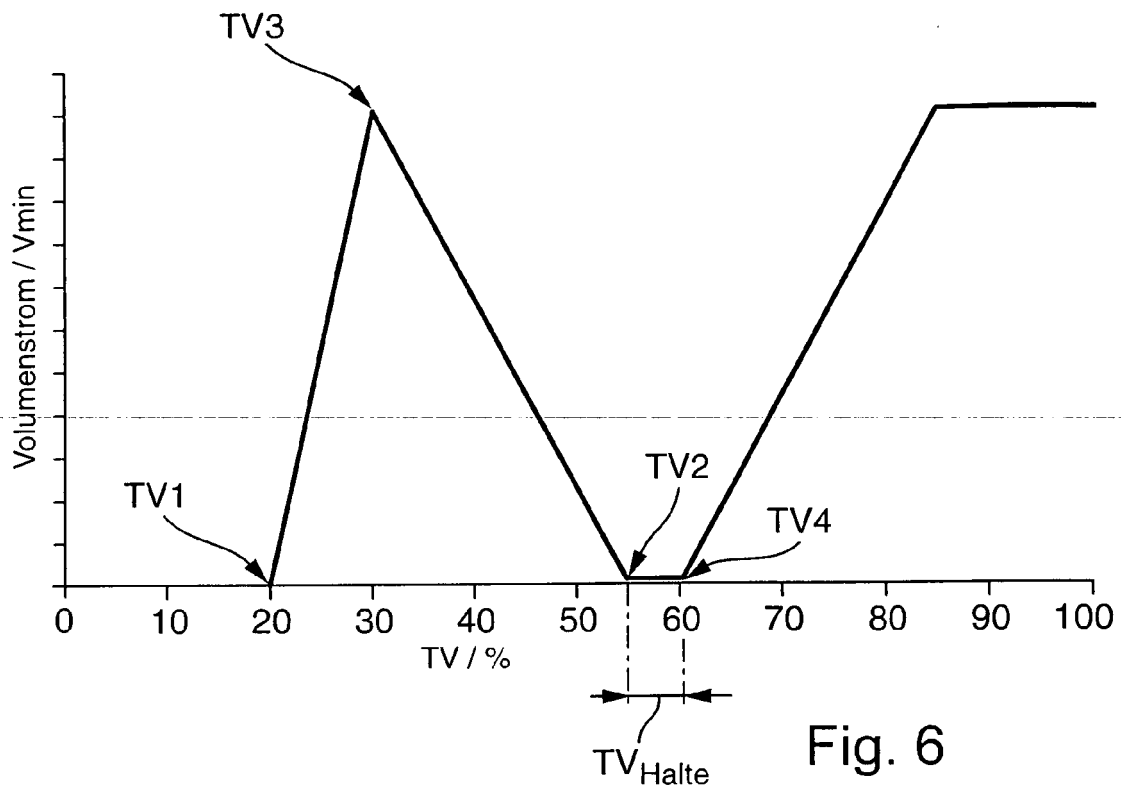


Fig. 6

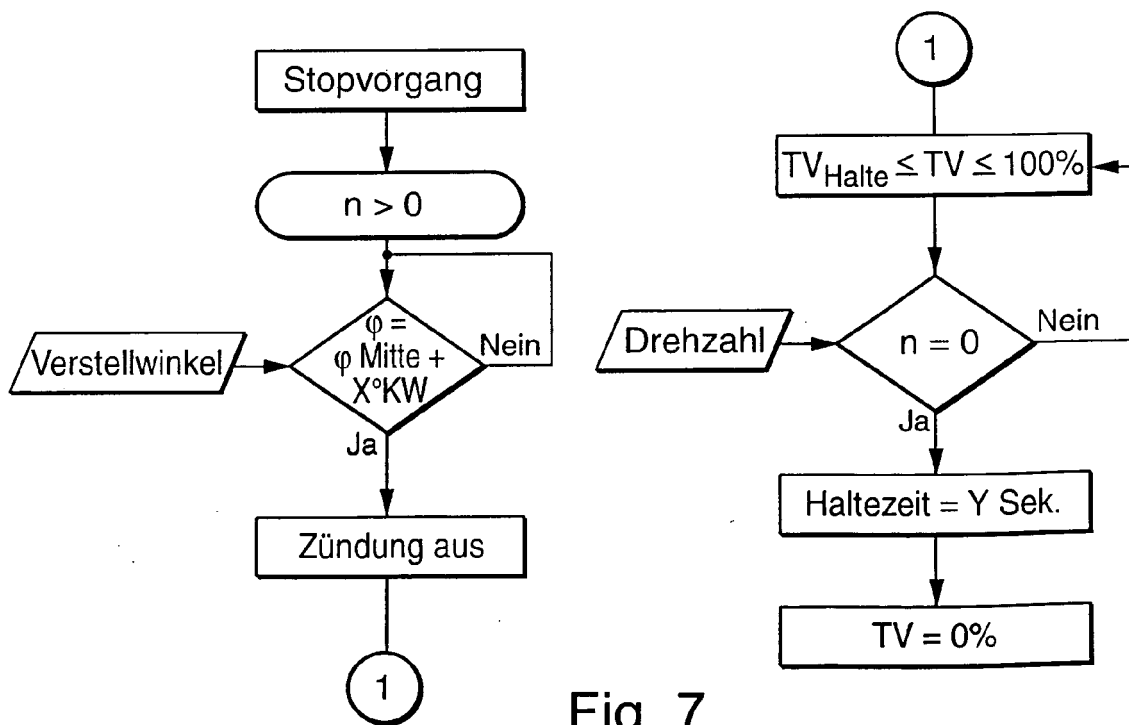


Fig. 7

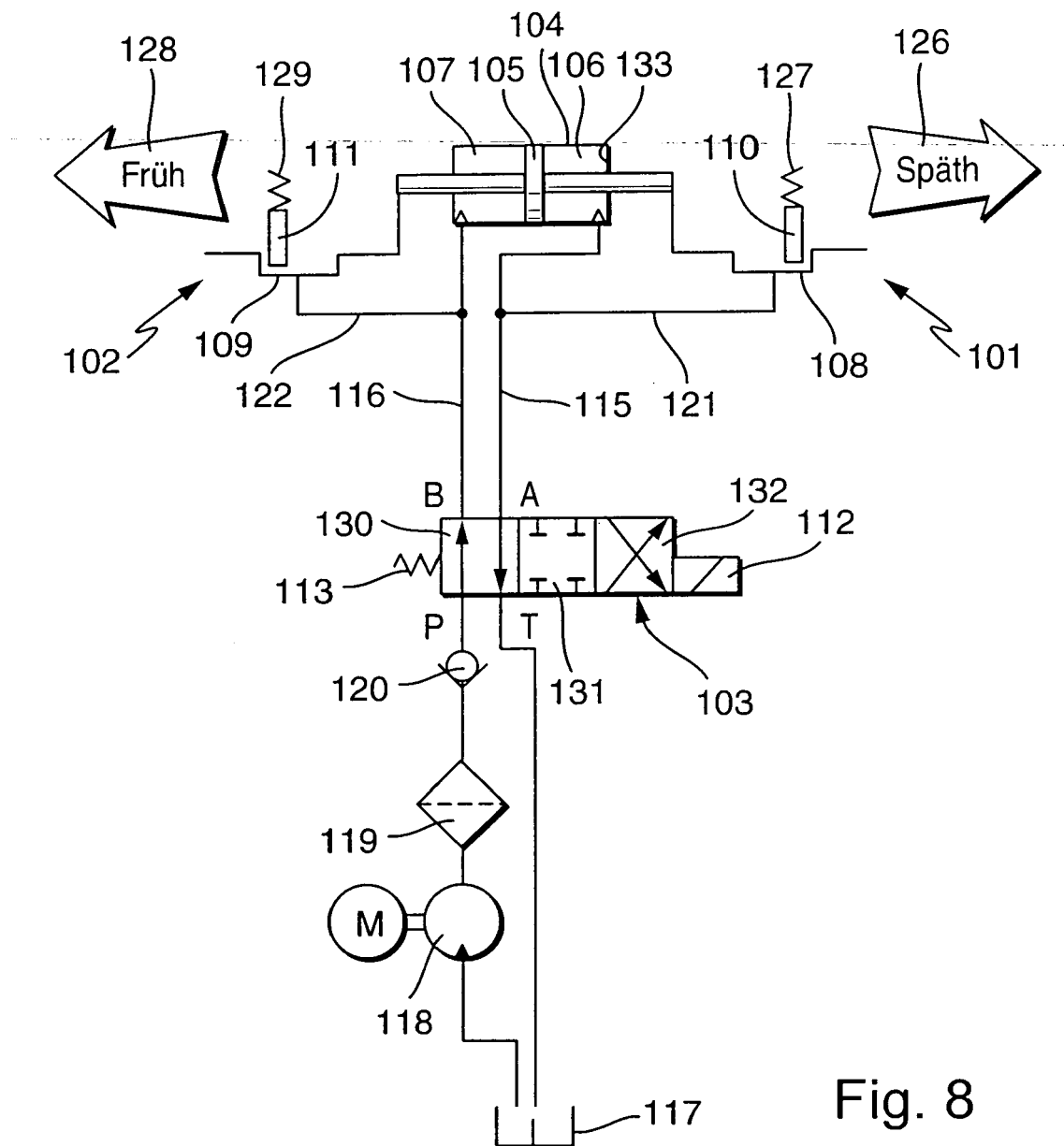


Fig. 8