

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verstellung der Drehwinkelposition einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine und spezieller einen Nockenwellen-Phasensteller in Kombination mit einer Druckspeichereinrichtung. Die Druckspeichereinrichtung ist vorzugsweise nur dem Nockenwellen-Phasensteller oder optional mehreren Nockenwellen-Phasenstellern gemeinsam zugeordnet.

[0002] Zur Erhöhung von Leistung und Drehmoment, aber auch zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Abgasschadstoffemission von Verbrennungsmotoren für Straßenfahrzeuge haben Nockenwellen-Phasensteller zur Variation der Einlass- und auch Auslasssteuerzeiten Verbreitung gefunden. Aufgrund der hohen Zuverlässigkeit, aber auch im Hinblick auf eine günstige Kosten-Nutzen-Relation haben sich hydraulische, durch das Schmieröl für die Brennkraftmaschine betätigte Phasensteller nach dem Prinzip des hydraulischen Schwenkmotors bewährt. Verschärfte Anforderungen an den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemission erfordern hohe Stellgeschwindigkeiten. Zur Steigerung der Stellgeschwindigkeit, insbesondere bei niedrigem Schmieröl Druck und niedriger Öltemperatur und entsprechend hoher Viskosität, sieht die EP 1 985 813 A2 in der Schmierölversorgung des Phasenstellers eine Druckspeichereinrichtung vor, die auch in bezüglich der Hydraulikversorgung problematischen Betriebssituationen der Brennkraftmaschine einen ausreichend hohen Stelldruck für den Phasensteller gewährleistet.

[0003] Die EP 0 931 912 B1 sieht eine Ventilsteuerung mit einer Nockenwelle und hydraulischer Kraftübertragung und für die Kraftübertragung eine Druckspeichereinrichtung mit einer Speicherkammer und einem in der Speicherkammer angeordneten Federglied vor, das im Betrieb der Brennkraftmaschine durch den Öldruck gespannt und mittels einer Sperrschaltung formschlüssig im gespannten Zustand arretiert wird. Beim Start der Brennkraftmaschine wird die Arretierung der Druckspeichereinrichtung automatisch gelöst, und das Federglied entspannt sich, wodurch sich die Druckspeichereinrichtung in Richtung auf die Nockenwellen-hydraulische Kraftübertragung entlädt, bis sie wieder den entladenen Zustand erreicht hat. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass auch beim Starten der Brennkraftmaschine ein für die Ventilsteuerung erforderlicher Fluidruck bereitsteht. Nach der WO 2009/027178 A1 hingegen wird eine Druckspeichereinrichtung auf den im Schmierölsystem herrschenden Druck so abgestimmt, dass sie bereits bei Erreichen des Heißleerlaufdrucks vollständig mit dem Öl gefüllt ist. Als Heißleerlaufdruck wird üblicherweise derjenige Öldruck bezeichnet, der im warmen Betriebszustand der Brennkraftmaschine bei der Leerlaufdrehzahl im Ölsystem herrscht. Durch diese Auslegung soll sichergestellt werden, dass ein Verriegelungseingriff, der eine Verstellung der Drehwinkelposition der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle blockiert, bereits im Leerlauf der

Brennkraftmaschine gelöst werden kann. Die WO 2009/089984 A1 schlägt demgegenüber vor, einen minimalen Ansprechdruck der Verriegelungseinrichtung größer als einen minimalen Ansprechdruck der Druckspeichereinrichtung zu wählen. Allerdings soll die Druckspeichereinrichtung bei Heißleerlaufdruck dennoch vollständig mit dem Öl gefüllt sein. Es soll verhindert werden, dass die Verriegelungseinrichtung während der Startphase und in Leerlaufphasen der Brennkraftmaschine entriegelt.

[0004] Während die aus der EP 0 931 912 B2 bekannte Druckspeichereinrichtung auf die hydraulische Versorgung unmittelbar beim Start der Brennkraftmaschine ausgelegt ist, indem sie einen hohen Druck aus dem Betrieb mit hoher Drehzahl aus einer früheren Betriebsphase der Brennkraftmaschine konserviert, sind die Druckspeichereinrichtungen der WO 2009/027178 A1 und WO 2009/089984 A1 nur zur Aufnahme von Druckspitzen in der Startphase und allenfalls in Leerlaufphasen der Brennkraftmaschine geeignet.

[0005] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Nockenwellen-Phasensteller mit Druckspeichereinrichtung zu schaffen, die den sicheren Betrieb des Phasenstellers auch bei Druckschwankungen mit ausreichender Stellgeschwindigkeit gewährleistet.

[0006] Die Erfindung geht von einer Vorrichtung zur Verstellung der Drehwinkelposition einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine aus, die einen Nockenwellen-Phasensteller mit einem in fester Drehzahlbeziehung von der Kurbelwelle drehantreibbaren Stator und einem vom Stator drehantreibbaren und zum Drehantreiben der Nockenwelle mit dieser koppelbaren Rotor. Im montierten Zustand wird der Stator von der Kurbelwelle drehangetrieben und treibt auf den Rotor ab, der wiederum mit der Nockenwelle gekoppelt ist und dadurch die Nockenwelle drehantreibt. Der Stator kann insbesondere mit einem Antriebsrad eines Zugmitteltriebs, beispielsweise Ketten-, Zahnriemen- oder Zahnradtriebs, drehmomentfest verbunden sein, wobei das Antriebsrad vorzugsweise ein fester Bestandteil des Stators ist. Der Rotor ist im montierten Zustand drehmomentfest mit der Nockenwelle verbunden, also für solch eine Montage eingerichtet.

[0007] Der Nockenwellen-Phasensteller weist wenigstens eine Frühstellkammer zur Erzeugung eines auf den Rotor relativ zum Stator in Richtung Voreilung wirkenden Drehmoments und wenigstens eine Spätstellkammer zur Erzeugung eines auf den Rotor in die Gegendrehrichtung relativ zum Stator in Richtung Nacheilung wirkenden Drehmoments auf. Vorzugsweise umfasst der Phasensteller mehrere Frühstellkammern und mehrere Spätstellkammern, um die zur Erzeugung des jeweiligen Drehmoments erforderliche Kraft um die Drehachse des Rotors gleichmäßig und auf eine größere Druckfläche zu verteilen. Für die Verstellung der Drehwinkelposition des Rotors in Richtung Frühstellung bzw. Voreilung ist die wenigstens eine Frühstellkammer oder sind die bevorzugt mehreren Frühstellkammern gemeinsam mit dem

Druckfluid beaufschlagbar und die wenigstens eine Spätstellkammer oder die bevorzugt mehreren Spätstellkammern in Bezug auf den Druck entlastbar. Das Umgekehrte gilt für eine Verstellung des Rotors in Richtung Spätstellung bzw. Nacheilung. In bevorzugten Ausführungen sind die Früh- und Spätstellkammer(n) mittels einer Regelungseinrichtung auch derart wechselseitig mit dem Druckfluid beaufschlagbar, dass der Rotor nicht nur in einer der beiden oder in den beiden Endpositionen, der Frühstellung oder der Spätstellung, sondern auch in einer Drehwinkelzwischenposition, von beiden Endpositionen beabstandet, geregelt eingestellt werden kann.

[0008] Das Druckfluid wird in Abhängigkeit von der Drehzahl der Kurbelwelle gefördert, so dass sein Druck mit der Drehzahl der Kurbelwelle steigt. Die Abhängigkeit kann beispielsweise derart sein, dass der Druck des Druckfluids der Drehzahl quasi ständig folgt, im Extremfall kontinuierlich, die Abhängigkeit kann aber auch so gestaltet sein, dass der Druck des Druckfluids bei steigender Drehzahl der Kurbelwelle nur in diskreten Schritten, in Stufen, gegebenenfalls auch nur in einer einzigen Stufe steigt. Das Druckfluid wird in bevorzugten Ausführungen mittels einer Verdrängerpumpe gefördert, die von der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von der Drehzahl der Kurbelwelle angetrieben wird. Die Vorrichtung umfasst einen an eine Hochdruckseite eines Druckfluidversorgungssystems angeschlossenen oder anschließbaren Zufüllzweig für die Zuführung und einen an eine Niederdruckseite des Druckfluidsystems anschließbaren oder angeschlossenen Abführzweig für die Abführung des Druckfluids zu und aus den Stellkammern.

[0009] Bei dem Druckfluid kann es sich insbesondere um ein der Schmierung der Brennkraftmaschine dienendes Schmieröl handeln. Die Vorrichtung kann entsprechend in einem Schmierölversorgungssystem der Brennkraftmaschine angeordnet sein.

[0010] Dem Phasensteller ist eine im Zuführzweig der Vorrichtung angeordnete Druckspeichereinrichtung zugeordnet, um die Druckfluidversorgung und somit eine dem Betrieb der Brennkraftmaschine angemessene Stellgeschwindigkeit des Phasenstellers auch bei kurzzeitigen Druckschwankungen im Druckfluidsystem zu gewährleisten. Druckschwankungen können beispielsweise bei Lastwechseln, beim Starten der Brennkraftmaschine oder bei Stellvorgängen des Phasenstellers oder mit dem Druckfluid zu versorgender weiterer Aggregate auftreten. Fällt der Systemdruck in der Druckfluidversorgung stromauf vom Phasensteller und der Druckspeichereinrichtung bei einer derartigen Druckschwankung ab, versorgt die Druckspeichereinrichtung den Phasensteller bis entweder der Systemdruck stromauf von Phasensteller und Druckspeichereinrichtung wieder über den Druck der Druckspeichereinrichtung angestiegen oder die Druckspeichereinrichtung entleert ist. Das Speichervolumen der Druckspeichereinrichtung ist vorteilhafterweise wenigstens so groß, dass im Falle eines Druckabfalls gewährleistet ist, dass der Phasensteller wenig-

stens einen kompletten Stellvorgang, bevorzugt wenigstens zwei komplette Stellvorgänge, aus einer in die andere Endposition ausführen kann.

[0011] Die Druckspeichereinrichtung umfasst eine Federeinrichtung und wenigstens eine Speicherkammer, die gegen eine rückstellende Federkraft der Federeinrichtung mit dem Druckfluid befüllbar ist. Die Federeinrichtung kann von einem einzigen Federglied gebildet werden oder auch mehrere Federglieder in einer geeigneten Federschaltung umfassen. Das Federglied oder die mehreren Federglieder kann oder können Gasdruckfeder(n), insbesondere pneumatische Feder(n), oder bevorzugt eine oder mehrere mechanische Feder(n) sein. Besonders geeignet sind auf Druck gespannte Schraubenfedern.

[0012] Die Druckspeichereinrichtung weist eine die Speicherkammer begrenzende Wandstruktur auf, die zum Laden der Druckspeichereinrichtung gegen die Federkraft und zum Entladen durch die Federkraft beweglich ist. Das gefüllte Volumen der Speicherkammer entspricht vorzugsweise stets dem Gleichgewicht von Fluiddruck und Federkraft, so dass die Druckspeichereinrichtung während des Betriebs der Brennkraftmaschine jederzeit verzuglos ihre Ausgleichsfunktion erfüllen kann. Die bewegliche Wandstruktur kann eine elastisch flexible, aber fluiddichte Wandstruktur oder vorzugsweise ein in der Druckkammer hin und her beweglicher Kolben sein. Im ersten Fall kann die Wandstruktur an einer Kammerwand der Speicherkammer befestigt sein. Sie kann selbst die Federeinrichtung bilden. Der Druckspeicher wäre in einer derartigen Ausführung ein Membranspeicher mit einer elastischen oder gegebenenfalls nur flexiblen Membran, die im letzteren Fall von einem zusätzlichen Federglied gespannt wird. In bevorzugten Ausführungen als Kolben stützt sich der Kolben an der Federeinrichtung ab.

[0013] Ist die Wandstruktur als hin und her beweglicher Kolben gebildet, kann die Speicherkammer in ersten Ausführungen über den Umfang des Kolbens allein durch einen entsprechend engen Spalt, dichtringlos, oder aber mit einem Dichtring, vorzugsweise Kolbenring, oder gegebenenfalls auch mehreren in Richtung der hin und hergehenden Beweglichkeit des Kolbens voneinander beabstandeten Dichtringen abgedichtet sein. Ein Kolbenring ist vorteilhafterweise aus einem der Wärmedehnung nach artgleichen Material wie der Kolben geformt. So kann der Kolben insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminiumbasislegierung und ein als Kolbenring gebildeter Dichtring oder gegebenenfalls mehrere solcher Dichtringe jeweils ebenfalls aus Aluminium oder einer Aluminiumbasislegierung gefertigt sein, wobei im Falle von chemisch nicht exakt gleichen Materialien die unterschiedlichen Materialien den gleichen oder nahezu gleiche Wärmedehnungskoeffizienten aufweisen. Der Dichtring kann an zumindest seiner den Spalt dichtenden Dichtfläche reibungsvermindernd beschichtet sein, beispielsweise eine Hardcoat®-Glatt-Gleitschicht (HC-GL-Gleitschicht) aufweisen. Eine solche Gleitschicht kann

insbesondere durch Eloxieren hergestellt werden, wobei Hardcoat®-Glatt-Elektrolyte aus einer Mischung von Oxalsäure und Additiven bestehen können. In der Regel wird Schwefelsäure verwendet

[0014] Nach der Erfindung ist die Druckspeichereinrichtung so ausgelegt, dass sich die Speicherkammer gegen die Federkraft der Federeinrichtung einerseits bereits bei einem Füllbeginndruck zu füllen beginnt, der höchstens so groß wie ein Heißleerlaufdruck im Zuführzweig der Druckfluidversorgung ist, sich andererseits aber bei Überschreiten des Heißleerlaufdrucks gegen die Federkraft weiter füllt. In bevorzugten Ausführungen liegt der Füllbeginndruck unter dem Heißleerlaufdruck, so dass der Füllvorgang bereits unterhalb des Heißleerlaufdrucks beginnt und die Speicherkammer bei im Zuführzweig herrschendem Heißleerlaufdruck bereits teilweise gefüllt ist und ihre Ausgleichsfunktion erfüllen kann, um in diesem kritischen Zustand der Brennkraftmaschine erforderlichenfalls Druckfluid für den Phasensteller bereit zu stellen. Wäre die Druckspeichereinrichtung entsprechend der eingangs genannten WO 2009/027178 A1 bereits dann vollständig gefüllt, wenn der Zuführzweig unter Heißleerlaufdruck steht, könnte bei einer Erhöhung der Drehzahl der Kurbelwelle eine an die erhöhte Drehzahl angepasste Verstellgeschwindigkeit durch den Phasensteller nicht erzielt werden, da die Speicherkammer Druckfluid nur mit Heißleerlaufdruck nachlieferte. Die erfindungsgemäß ausgelegte Druckspeichereinrichtung hingegen liefert in solch einem Bedarfsfall das Druckfluid mit einem über dem Heißleerlaufdruck liegenden Druck nach und gewährleistet daher auch noch bei höheren Drehzahlen der Kurbelwelle eine ausreichend schnelle Verstellung der Phasenlage der Nockenwelle, bei denen bezogen auf die Anzahl der Verbrennungszyklen pro Zeiteinheit absolut nur eine kürzere Zeitspanne für die Verstellung zur Verfügung steht. Ist die Druckspeichereinrichtung wie bevorzugt stromabwärts von einer Rücksperreinrichtung, also zwischen der Sperreinrichtung und dem Phasensteller angeordnet, kann sie sich sogar im Heißleerlauf der Brennkraftmaschine dann teilweise aufladen, wenn ihr Füllbeginndruck dem Heißleerlaufdruck entspricht, insbesondere bei Druckpulsationen in der oder den beaufschlagten Stellkammern. Die Druckspeichereinrichtung kann derartige Druckpulsationen bei niedriger Drehzahl und insbesondere auch bei über der Leerlaufdrehzahl liegenden Drehzahlen ausgleichen, so dass der Phasensteller auch dann noch mit angepasster Stellgeschwindigkeit arbeitet.

[0015] Von Vorteil ist, wenn die Druckspeichereinrichtung so ausgelegt ist, insbesondere nach Volumen und Querschnittsfläche der Speicherkammer und Federkraft, dass die in Bogengrad pro Sekunde gemessene Stellgeschwindigkeit, mit der die Drehwinkelposition des Rotors relativ zum Stator verstellt wird, bis wenigstens zur 1,5-fachen oder bevorzugt bis wenigstens zur doppelten, noch bevorzugter bis wenigstens zur dreifachen Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine bei Druckabfall im

Zuführzweig durch Nachlieferung aus der Druckspeichereinrichtung der Frequenz der Verbrennungszyklen der Brennkraftmaschine angepasst ist. Das Verhältnis von Phasensteller-Stellgeschwindigkeit und Kurbelwelledrehzahl ist in derartigen Ausführungen wenigstens bis zur 1,5-fachen oder doppelten, vorzugsweise bis wenigstens zur dreifachen Leerlaufdrehzahl auch bei Druckschwankungen zumindest im Wesentlichen konstant.

[0016] Der Heißleerlaufdruck kann im Zuführzweig des Druckfluidsystems unmittelbar stromauf vom Phasensteller oder der Druckspeichereinrichtung gemessen werden. Sind der Phasensteller und die Druckspeichereinrichtung wie bevorzugt mittels einer Rücksperreinrichtung von anderen mit dem Druckfluid zu versorgenden Verbrauchern getrennt, so dass Druckfluid nicht von der die Druckspeichereinrichtung und den Phasensteller, gegebenenfalls einen oder mehrere weitere Phasensteller umfassenden Vorrichtung im Zuführzweig zurückströmen kann, wird der als Bezugsgröße dienende Heißleerlaufdruck vorzugsweise unmittelbar stromauf von einer Absperrstelle der Rücksperreinrichtung gemessen, sonst vorteilhafterweise stromauf vom Speicher und möglichst nahe bei diesem. Unter Heißleerlaufdruck wird wie üblich der Druck bei Leerlauf im betriebswarmen Zustand der Brennkraftmaschine verstanden, in dem die Temperatur des Druckfluids, falls es sich hierbei um das Schmieröl handelt, beispielsweise im Bereich von etwa 80° bis 120°C liegt. Da höherfrequente Druckschwankungen im Zuführzweig unvermeidbar sind, nämlich Druckschwankungen mit einer höheren Frequenz als mittels der Druckspeichereinrichtung auszugleichenden Druckschwankungen, wird als die Bezugsgröße der sich unter solch höherfrequenten Druckschwankungen ergebende Mittelwert des Drucks verstanden. Höherfrequente Druckschwankungen können beispielsweise durch Förderpulsationen einer das Druckfluid fordernden Pumpe oder Rohrleitungsschwingungen entstehen. Die Frequenz dieser Schwankungen ist so hoch, dass der Druck für die praktischen Belange, auch die Versorgung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, durch den Mittelwert repräsentiert wird. In Bezug auf Druckpulsationen aufgrund Schleppmomentschwankungen, die von der Nockenwelle herrühren und auf den Phasensteller wirken, kann dies für den oberen Drehzahlbereich der Kurbelwelle ebenfalls gelten, während im unteren und vorzugsweise auch noch bis wenigstens in den mittleren Drehzahlbereich solche Druckpulsationen vorteilhafterweise zumindest teilweise von der Druckspeichereinrichtung ausgeglichen werden.

[0017] Die Vorrichtung umfasst in bevorzugten Ausführungen auch eine Verriegelungseinrichtung für den Phasensteller. Die Verriegelungseinrichtung kann zwischen einem Verriegelungszustand und einem Freigabezustand wechseln. Im Verriegelungszustand fixiert sie den Rotor in einer bestimmten Drehwinkelposition relativ zum Stator mechanisch, vorzugsweise formschlüssig. Sie ist im Verriegelungszustand mit dem Druckfluid be-

aufschlagbar, derart, dass sie durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid in den die Verstellung der Drehwinkelposition des Rotors zulassenden Freigabezustand wechselt, wenn der Druck des Druckfluids einen Entriegelungsmindestdruck erreicht hat.

[0018] In bevorzugten Ausführungen ist die Verriegelungseinrichtung so ausgelegt, dass der Entriegelungsmindestdruck höchstens so groß wie der Heißeerlaufdruck oder der Füllbeginndruck ist. Das Wort "oder" wird hier wie auch sonst von der Erfindung im üblichen logischen Sinne eines "inklusive oder" verstanden, umfasst also sowohl die Bedeutung von "entweder... oder" als auch die Bedeutung von "und", soweit sich aus dem jeweils konkreten Zusammenhang nicht ausschließlich nur eine dieser beiden Bedeutungen ergeben kann. Bezogen auf den Entriegelungsmindestdruck bedeutet dies, dass dieser in einer ersten Variante höchstens so groß wie der Heißeerlaufdruck, vorzugsweise kleiner als der Heißeerlaufdruck, und in einer zweiten Variante höchstens so groß wie der Füllbeginndruck, vorzugsweise kleiner als der Füllbeginndruck, ist. Die zweite Variante beinhaltet aufgrund der erfindungsgemäßen Auslegung der Druckspeichereinrichtung auch die "und"-Bedeutung des Worts "oder", da der Entriegelungsmindestdruck bei Verwirklichung der zweiten Variante von Hause aus höchstens so groß wie der Heißeerlaufdruck ist.

[0019] Umfasst der Phasensteller die Verriegelungseinrichtung, ist diese vorzugsweise ebenfalls mit der Druckspeichereinrichtung verbunden, so dass im Falle von Druckschwankungen eine frühzeitige Entriegelung des Phasenstellers mittels der Druckspeichereinrichtung sicherer gewährleistet werden kann. Ist der Entriegelungsmindestdruck kleiner als der Füllbeginndruck, setzt vor dem Entriegeln der Verriegelungseinrichtung auch nicht zuerst das Befüllen der Druckspeichereinrichtung ein, was zu einer Verzögerung der Entriegelung führen würde. Stellt die Verriegelungseinrichtung im Verriegelungseingriff die Fixierung des Rotors wie bevorzugt formschlüssig her, so wirken im Verriegelungseingriff nicht nur die aus dem Verriegelungseingriff führende Druckkraft des Druckfluids, sondern auch eine quer zu dieser Druckkraft weisende Scherkraft. Die Scherkraft hängt vom Schleppmoment der Nockenwelle ab, die bei bestehendem Verriegelungseingriff über den Stator, den Verriegelutagseingriff und den Rotor drehangetrieben wird, und ferner von den Druckverhältnissen in den Stellkammern. Entsprechend ist insbesondere bei in Frühstellung verriegeltem Rotor eine frühzeitige Entriegelung, bei niedriger Drehzahl, auch im Hinblick auf eine vorteilhaft niedrige Scherkraft erstrebenswert. Die erläuterte Abstimmung von Druckspeicher- und Verriegelungseinrichtung gewährleistet eine frühzeitige, dennoch sichere Entriegelung des Phasenstellers und eine ausreichende Stellgeschwindigkeit auch im Lastbetrieb der Brennkraftmaschine, oberhalb der Heißeerlaufdrehzahl, in Kombination.

[0020] In der Praxis können der Entriegelungsmindestdruck beispielsweise 0,4-0,8 bar, der Füllbeginn-

druck entsprechend höher, beispielsweise 0,5-1,0 bar, und ein Mindestfülldruck, bei dessen Erreichen die Speicherkammer vollständig gefüllt ist, beispielsweise 1,5-2,5 bar betragen. Der Heißeerlaufdruck liegt entsprechend zwischen dem Füllbeginndruck und dem für die vollständige Befüllung der Speicherkammer erforderlichen Mindestfülldruck. Wie bereits zum Heißeerlaufdruck erläutert, werden als repräsentative Maßzahlen für die unterschiedlichen Kenndrücke die sich aus den höherfrequenten Druckschwankungen ergebenden Druckmittelwerte verwendet. Die miteinander zu vergleichenden Drücke werden zweckmäßigerweise in stationären Betriebszuständen der Brennkraftmaschine gemessen, in denen auch keine zusätzlichen Aggregate, die optional an das Druckfluidversorgungssystem angeschlossen sein können, zu- oder abgeschaltet werden. Während der Messung führt der Phasensteller zweckmäßigerweise auch keinen Stellvorgang aus.

[0021] Der Rotor wird relativ zum Stator mittels der Verriegelungseinrichtung vorzugsweise in einer Frühstellung fixiert. Die Verriegelungseinrichtung könnte stattdessen aber auch dafür eingerichtet sein, den Rotor in der Spätstellung im Verriegelungseingriff zu fixieren oder aber in einer zwischen diesen beiden Extrempositionen liegenden Zwischenstellung. Die Verriegelungseinrichtung kann in noch einer Variante dafür eingerichtet sein, den Rotor in mehr als nur einer einzigen der genannten Stellungen relativ zum Stator in jeweils einem Verriegelungseingriff zu fixieren.

[0022] Für das Entriegeln ist eine Beaufschlagung der Verriegelungseinrichtung durch das Druckfluid der Frühstellkammer von Vorteil. Die Druckbeaufschlagung der Frühstellkammer entlastet die Verriegelungseinrichtung zumindest zu einem Teil vom Schleppmoment der Nockenwelle, so dass dem Entriegeln entgegenwirkende Quer- bzw. Scherkräfte im Vergleich zu einer Beaufschlagung der Verriegelungseinrichtung aus der Spätstellkammer verringert werden. Es gibt Anlass zu der Vermutung, dass die von Schleppmomentschwankungen herrührenden Druckpulsationen in der Frühstellkammer bei im Verriegelungseingriff bestehendem Verriegelungsspiel den Verriegelungseingriff von Quer- bzw. Scherkräften entlasten und die Entriegelung erleichtern oder überhaupt erst ermöglichen. Eine Erhöhung des Schleppmoments bewirkt über ein Verriegelungsspiel eine geringfügige Verkleinerung der Frühstellkammer, so dass der Druck sich in der Frühstellkammer erhöht und die Verriegelungseinrichtung im Verriegelungseingriff entlastet. In bevorzugten Ausführungen ist die Verriegelungseinrichtung zum Lösen des Verriegelungseingriffs nur mit der Frühstellkammer verbunden.

[0023] Obwohl die Druckbeaufschlagung der Spätstellkammer die Verriegelungseinrichtung zusätzlich zu dem Schleppmoment der Nockenwelle mit Quer- bzw. Scherkräften belastet, hat eine Beaufschlagung der Verriegelungseinrichtung durch das Druckfluid der Spätstellkammer für das Entriegeln einen anderen Vorteil. Soll eine Spätstellung stattfinden, d.h. wird die Spätstellkam-

mer mit Druck bzw. Druckfluid beaufschlagt, sinkt gleichzeitig der Druck in der Frühstellkammer durch deren Entlastung. Wäre die Beaufschlagung der Verriegelungseinrichtung mit Druck unmittelbar von dem Druck aus der Frühstellkammer abhängig, könnte es vorkommen, dass die Verriegelungseinrichtung verriegelt, noch bevor eine Drehwinkelverstellung des Rotors in Bezug auf den Stator stattgefunden hat, wodurch eine Drehwinkelverstellung verhindert werden würde. Die Druckbeaufschlagung der Verriegelungseinrichtung durch das Druckfluid der Spätstellkammer hat somit den Vorteil, dass der Verriegelungseinrichtung genügend Druck zur Verfügung steht, damit diese sicher entriegeln kann. In bevorzugten Ausführungen ist die Verriegelungseinrichtung zum Lösen des Verriegelungseingriffs nur mit der Spätstellkammer verbunden.

[0024] Wenn die Verriegelungseinrichtung, insbesondere nur mit der Frühstellkammer verbunden ist, kann durch eine konstruktive Maßnahme, die bewirkt, dass der Druck in der Frühstellkammer oder in der Verriegelungseinrichtung bei Beaufschlagung der Spätstellkammer nicht schlagartig abfällt, beispielsweise erreicht werden, dass die Verriegelungseinrichtung noch entriegelt ist, wenn der Rotor durch Bedrücken der Spätstellkammer relativ zu dem Stator verstellt wird.

[0025] Wenn die Verriegelungseinrichtung, insbesondere nur mit der Spätstellkammer verbunden ist, kann erreicht werden, dass, wenn der Rotor bei niedrigen Drehzahlen z.B. beim Motorstart oder im Motorleerlauf die Frühstellposition einnimmt, die Verriegelungseinrichtung verriegelt, aufgrund des Druckabfalls in der Spätstellkammer. Wird der Motor ausgeschaltet, ist sichergestellt, dass die Verriegelungseinrichtung verriegelt ist, so dass beim erneuten Anlassen des Motors sichergestellt ist, dass der Rotor in der Frühstellposition verriegelt ist.

[0026] Beispielsweise sind folgende Kombinationen möglich:

1. Verriegelung der Verriegelungseinrichtung in der Frühstellung und Druckbeaufschlagung der Verriegelungseinrichtung aus der Frühstellkammer.
2. Verriegelung der Verriegelungseinrichtung in der Frühstellung und Druckbeaufschlagung der Verriegelungseinrichtung aus der Spätstellkammer.
3. Verriegelung der Verriegelungseinrichtung in der Spätstellung und Druckbeaufschlagung der Verriegelungseinrichtung aus der Spätstellkammer.
4. Verriegelung der Verriegelungseinrichtung in der Spätstellung und Druckbeaufschlagung der Verriegelungseinrichtung aus der Frühstellkammer.

[0027] Welche dieser Kombinationen besonders vorteilhaft ist, hängt von einer Vielzahl Parametern ab, wie z. B. ob der Nockenwellen-Phasensteller mit der Eingangsnockenwelle, welche die Eingangsventile steuert, oder der Ausgangsnockenwelle, welche die Ausgangsventile steuert, verbunden ist, welche Leistungs-Drehmoment-Charakteristik der Motor im Leerlauf oder bei

hohen Drehzahlen haben soll, von Druckpulsationen, Kraftstoffart usw.. Grundsätzlich ist jede dieser Kombinationen für die Eingangsnockenwelle und für die Ausgangsnockenwelle denkbar.

[0028] Die Verriegelungseinrichtung umfasst in bevorzugten Ausführungen eine Verriegelungsfeder, vorzugsweise eine mechanische Feder, und ein hin und her bewegliches Verriegelungselement, das gegen eine rückstellende Federkraft der Verriegelungsfeder aus dem Verriegelungseingriff und entsprechend mittels der Federkraft in den Verriegelungseingriff beweglich ist. Das Verriegelungselement weist wenigstens eine Druckfläche auf, an der es mit dem Druckfluid beaufschlagbar ist, um das Verriegelungselement aus dem Verriegelungseingriff in eine Freigabeposition zu bewegen und die Verriegelungseinrichtung dadurch in die Freigabezustand zu überführen. Das Verriegelungselement kann über die Verriegelungsfeder insbesondere am Rotor abgestützt sein und vom Rotor zwischen dem Verriegelungseingriff und der Freigabeposition hin und her beweglich geführt werden. Grundsätzlich wäre eine Abstützung am Stator und Führung durch den Stator aber stattdessen ebenfalls möglich. Das Verriegelungselement ist in und aus dem Verriegelungseingriff vorzugsweise in eine über eine Stirnseite des Rotors oder des Stators hinausführende Richtung beweglich abgestützt, bevorzugt wie gesagt am Rotor, grundsätzlich wäre aber auch eine radiale Beweglichkeit des Verriegelungselements denkbar. Besonders bevorzugt wird eine axiale Beweglichkeit.

[0029] Das Verriegelungselement kann als ein einfacher Kolben mit nur einer einzigen Druckfläche für die Beaufschlagung mit dem Druckfluid gebildet sein. In bevorzugten Ausführungen ist das Verriegelungselement als Stufenkolben ausgeführt und weist einen Eingriffsabschnitt und einen Führungsabschnitt auf. Mit dem Eingriffsabschnitt greift es im Verriegelungseingriff in eine Aufnahme ein. Ist das Verriegelungselement wie bevorzugt am Rotor abgestützt, weist der Stator die Aufnahme auf. Ist das Verriegelungselement stattdessen beweglich am Stator abgestützt, bildet der Rotor die Aufnahme. Das Verriegelungselement weist eine erste Druckfläche in einem Übergangsbereich zwischen dem Eingriffsabschnitt und dem Führungsabschnitt auf. Eine zweite Druckfläche ist am Eingriffsabschnitt vorgesehen. Die Druckflächen sind jeweils mit dem Druckfluid beaufschlagbar, um den Verriegelungseingriff zu lösen. Die erste und die zweite Druckfläche können fluidisch voneinander getrennt und die eine der Druckflächen mit der Frühstellkammer und die andere mit der Spätstellkammer verbunden sein, wie dies bei Phasenstellern mit stufigem Verriegelungselement üblich ist, um sowohl bei Druckbeaufschlagung der Frühstellkammer als auch bei Druckbeaufschlagung der Spätstellkammer entriegeln zu können. In bevorzugten Ausführungen der Erfindung sind die erste Druckfläche und die zweite Druckfläche hingegen miteinander verbunden, so dass das Druckfluid zum Lösen des Verriegelungseingriffs zu einer der

Druckflächen und von dort zu der anderen der Druckflächen gelangt. Eine kombinierte Beaufschlagung findet in derartigen Ausführungen nicht statt. Die Verriegelungseinrichtung ist nur entweder mit der Spätstellkammer oder, bevorzugter, nur mit der Frühstellkammer verbunden, allerdings werden entsprechend dem Druck in der betreffenden Stellkammer beide Druckflächen zugleich beaufschlagt. Es ergibt sich eine im Vergleich zum Stand der Technik große Druckgesamtfläche und hierdurch eine auch bei kleinem Druck im Vergleich größere für das Entriegeln zur Verfügung stehende Kraft. Daher kann die Verriegelungsfeder eine größere Federsteifigkeit als sonst bei Stufenkolben üblich aufweisen oder mit höherer Vorspannung eingebaut sein. Entsprechend sicher hält die Verriegelungsfeder das Verriegelungselement bis zum Erreichen des Entriegelungsmindestdrucks im Verriegelungseingriff. Die Druckflächen werden vorzugsweise über einen bezüglich der Verriegelungseinrichtung inneren Verbindungskanal miteinander verbunden, so dass Strömungswiderstand innerhalb der Verbindung gering ist. Der Verbindungskanal ist vorzugsweise ein geometrisch gesehen innerer Kanal des Rotors.

[0030] In vorteilhaften Ausführungen, in denen der Rotor das Verriegelungselement beweglich lagert, weist dieser einen in Bezug auf die Verriegelungseinrichtung äußeren Verbindungskanal auf, der in eine der Stellkammern, wie z.B. die Frühstellkammer oder vorzugsweise die Spätstellkammer, mündet und die Verriegelungseinrichtung zum Lösen des Verriegelungseingriffs mit dieser Stellkammer verbindet, vorzugsweise kurzschließt. Bevorzugt ist die Verriegelungseinrichtung nur über den Rotor mit der betreffenden Stellkammer verbunden. Der äußere Verbindungskanal mündet an einer äußeren Fläche des Rotors, die die betreffende Stellkammer begrenzt. Hierdurch entsteht eine kurze, konstruktiv einfache, hydraulisch verlustarme Verbindung zwischen dieser Stellkammer, die im Folgenden auch als Entriegelungsstellkammer bezeichnet wird, und der Druckfläche oder der bevorzugt mehreren Druckflächen des Verriegelungselements.

[0031] Das Verriegelungselement ist vorzugsweise in einem radial abragenden Flügel des Rotors beweglich angeordnet. Der Verbindungskanal zwischen Verriegelungseinrichtung und Entriegelungsstellkammer kann auf kurzem Wege aus einer inneren Kammer des Rotorflügels, die von besagter Druckfläche des Verriegelungselements an einer Seite begrenzt wird, bis zur Mündung an der Seitenfläche des Rotorflügels direkt in die Entriegelungsstellkammer, wie z.B. die Frühstellkammer oder vorzugsweise die Spätstellkammer, geführt sein, bevorzugt als nur gerader Kanal ohne Richtungsänderung. Die Mündung des äußeren Verbindungskanals weist von beiden Stirnseiten des Rotors vorzugsweise jeweils einen Abstand auf, so dass die Mündung vollständig in der Rotorflügelfläche liegt.

[0032] Bei Anordnung des Verriegelungselements in einem Rotorflügel ist es von Vorteil, wenn das Verriegelungselement in einer Stirnansicht des Rotors gesehen

in Umfangsrichtung exzentrisch angeordnet ist. Bezogen auf eine Radiale zur Drehachse des Rotors, die den Rotorflügel in der Stirnansicht gesehen mittig teilt, ist das Verriegelungselement zumindest mit seinem Zentrum nicht auf der Radialen angeordnet, sondern in Umfangsrichtung daneben. Vorzugsweise ist das Verriegelungselement in der Stirnansicht gesehen in Umfangsrichtung näher bei der Entriegelungsstellkammer, wie z.B. der Frühstellkammer oder vorzugsweise der Spätstellkammer, als der zur anderen Seite des Rotorflügels befindlichen Stellkammer, vorzugsweise Spätstellkammer, angeordnet. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Verriegelungseinrichtung zum Lösen des Verriegelungseingriffs uzamittelbar mit der Entriegelungsstellkammer verbunden ist. An der Stirnseite des Rotorflügels wird in Umfangsrichtung ein vorteilhaft langer Dichtsteg zwischen der Führung für das Verriegelungselement und der gegenüberliegenden Stellkammer erhalten.

[0033] Ein Merkmal, das mit der in Umfangsrichtung exzentrischen Anordnung vorteilhafterweise gemeinsam, grundsätzlich aber auch stattdessen verwirklicht sein kann, ist eine Anordnung des Verriegelungselements näher einem radialen Ende des Rotorflügels als der Drehachse. Eine Anordnung nahe dem radialen Ende trägt ebenfalls zur Reduzierung der bereits diskutierten Scherkraft bei, die das Entriegeln erschwert.

[0034] Zur Anordnung des Verriegelungselements im Rotorflügel ist noch zu bemerken, dass in den bevorzugten mehrflügligen Ausführungen des Rotors derjenige Flügel, in dem das Verriegelungselement beweglich angeordnet ist, in Umfangsrichtung gemessen vorzugsweise breiter ist als der wenigstens eine andere oder die mehreren anderen Flügel des Rotors. Dies schafft Raum für die Verriegelungseinrichtung und ermöglicht an der Rotorstirnseite die Ausbildung eines langen Dichtstegs an der in Bezug auf die Umfangsrichtung von der Entriegelungsstellkammer abgewandten Seite der Verriegelungseinrichtung. Der Abstand der beiden Statorflügel, zwischen die der breitere Rotorflügel ragt, ist vorteilhafterweise der größeren Flügelbreite angepasst ebenfalls größer als zwischen dem oder den anderen einander benachbarten Paar(en) von Statorflügeln, vorzugsweise um zumindest im Wesentlichen die Differenz in der Rotorflügelbreite.

[0035] Der Phasensteller und die Druckspeichereinrichtung sind in bevorzugten Ausführungen gemeinsam in einem Anbaugehäuse angeordnet, das an einem Maschinengehäuse der Brennkraftmaschine, beispielsweise einem Hauptgehäuse oder einem Zylinderkopfgehäuse des Maschinengehäuses montiert werden kann. Auf diese Weise können der Phasensteller und die Druckspeichereinrichtung durch Montage des Anbaugehäuses als Einheit an der Brennkraftmaschine montiert werden. Falls der Phasensteller und die Druckspeichereinrichtung mittels einer Rücksperreinrichtung vom restlichen Druckfluidversorgungssystem getrennt sind, nämlich in Bezug auf ein Zurückströmen durch den Zuführzweig, kann auch die Rücksperreinrichtung vorteilhafter-

weise im Anbaugehäuse angeordnet sein. Ungeachtet der Anordnung des Phasenstellers und der Druckspeichereinrichtung in einem gemeinsamen Anbaugehäuse oder überhaupt in einem Anbaugehäuse, ist die Rücksperreinrichtung vorzugsweise nur dem Phasensteller oder gegebenenfalls mehreren Phasenstellern für mehrere Nockenwellen zugeordnet, sichert also speziell nur den Phasensteller oder gegebenenfalls mehrere Phasensteller gegen ein Zurückströmen von Druckfluid durch den Zuführzweig ab, sollte der Druck unmittelbar stromauf von der Rücksperreinrichtung kleiner als der stromabwärtige Druck sein. Die Druckspeichereinrichtung ist vorzugsweise zusammen mit dem Phasensteller und diesem unmittelbar zugeordnet ebenfalls stromabwärts von der Rücksperreinrichtung, also im Fluidstrom zwischen der Rücksperreinrichtung und dem Phasensteller angeordnet.

[0036] In einer Weiterbildung ist an einer Montageseite des Anbaugehäuses, mit dem dieses an der Brennkraftmaschine, vorzugsweise dem Maschinengehäuse, befestigt wird, eine separat vom Anbaugehäuse gefertigte Dichtung angeordnet, die mittels wenigstens eines Zentrierelements, das bei der Montage des Anbaugehäuses für eine einfache korrekte Positionierung des Anbaugehäuses relativ zur Brennkraftmaschine dient, am Anbaugehäuse gehalten wird. Vorzugsweise ist die Dichtung an mehreren derartigen Zentrierelementen des Anbaugehäuses an diesem gehalten. Die Halterung am Anbaugehäuse kann reibschlüssig sein, ist aber vorzugsweise formschlüssig oder beinhaltet zumindest einen Formschluss, indem die Dichtung in einem Hintergriff mit dem wenigstens einen Zentrierelement oder bevorzugt im Hintergriff mit jeweils einem von mehreren Zentrierelementen ist. Das oder die Zentrierelement(e) können an einer an der Montageseite gelegenen Fügefläche des Anbaugehäuses insbesondere vorragen. Die Fügefläche des Anbaugehäuses, an der das oder die Zentrierelement(e) abragt oder abragen oder alternativ als Vertiefung(en) geformt ist oder sind, ist eine Fläche, mit der im montierten Zustand das Anbaugehäuse gegen die Brennkraftmaschine gespannt wird, vorzugsweise mittels einer Schraubverbindung. Es kann sich insbesondere um eine Stirnfläche handeln, die eine Drehachse der Stator-Rotor-Anordnung umgibt. Die Halterung der Dichtung ist vorzugsweise verliersicher, also derart ausgebildet, dass die Dichtung in der für die Montage geeigneten Position relativ zum Anbaugehäuse auch dann verbleibt, wenn das Anbaugehäuse mit der Montageseite frei nach unten weisend gehalten wird. Das wenigstens eine der Halterung der Dichtung dienende Zentrierelement oder wenigstens eines von mehreren der Halterung der Dichtung dienenden Zentrierelemente kann einen Durchgang aufweisen, beispielsweise als Hülse geformt sein, wobei der Durchgang ausreichend groß ist, um durch solch ein hohles Zentrierelement eine Schraube für eine Schraubverbindung mit der Brennkraftmaschine oder ein bolzenförmiges Spannelement einer anderen Fügeverbindung führen zu können. Die Anmelderin behält es sich vor, auf

ein Anbaugehäuse für den Phasensteller oder die Druckspeichereinrichtung, insbesondere ein Anbaugehäuse für den Phasensteller und die Druckspeichereinrichtung, mit einer derart gehaltenen Dichtung einen eigenen Anspruch zu richten. Ganz allgemein ist die Halterung der Dichtung aber auch für die Verbindung eines anderen Zwecken dienenden Gehäuses an der Brennkraftmaschine oder einem anderen Aggregat von Vorteil.

[0037] Der Rotor und der Stator bilden wie bereits erwähnt in bevorzugten Ausführungen einen hydraulischen Schwenkmotor. In solch einer Ausbildung können der Rotor und der Stator zueinander innenachsig angeordnet sein und jeweils wenigstens einen radial abragenden Flügel aufweisen. Grundsätzlich kann zwar der Rotor ein Hohlrad und mit wenigstens einem nach innen abragenden Flügel und der Stator ein Innenrad mit wenigstens einem nach radial außen abragenden Flügel sein.

[0038] Bevorzugt bildet jedoch der Stator das Hohlrad und weist wenigstens einen, vorzugsweise mehrere nach innen vorragende Flügel auf, und der Rotor bildet das Innenrad mit wenigstens einem, vorzugsweise mehreren nach außen vorragenden Flügel(n). Der oder die Rotorflügel und der oder die Statorflügel begrenzen in Umfangsrichtung die Stellkammern. Wird die Frühstellkammer mit Druckfluid beaufschlagt, erzeugt dies eine in Umfangsrichtung wirkende Kraft und somit ein Drehmoment, das relativ zum Stator gesehen in Richtung Frühstellung bzw. Voreilung auf den Rotor wirkt. Umgekehrt liegen die Verhältnisse, wenn die Spätstellkammer mit dem Druckfluid beaufschlagt und die Frühstellkammer entlastet wird.

[0039] Wird der Phasensteller wie bevorzugt mit dem Schmieröl für die Brennkraftmaschine betrieben, kann das Schmieröl von der Nockenwelle zum Phasensteller und der Druckspeichereinrichtung oder über die Druckspeichereinrichtung zur Nockenwelle und von dieser zum Phasensteller geführt werden. Grundsätzlich muss das Schmieröl aber nicht über die Nockenwelle zum Phasensteller geführt, sondern kann diesem auch auf anderem Wege zugeführt werden. In ersten Ausführungen wird das Druckfluid über die Druckspeichereinrichtung zum Phasensteller geführt, d.h. das Druckfluid strömt in die Speicherkammer und wird nur über diese dem Phasensteller bzw. den Stellkammern zugeführt. Die Druckspeichereinrichtung ist in den ersten Ausführungen im Hauptstrom angeordnet. In zweiten Ausführungen sind die Stellkammern und die Druckspeichereinrichtung in Bezug auf die Fluidströmung parallel angeordnet, wobei auf dem Strömungsweg des Druckfluids zu der oder den Stellkammern eine Abzweigung zur Druckspeichereinrichtung führt. Die Druckspeichereinrichtung ist in den zweiten Ausführungen im Nebenstrom angeordnet, bezogen auf den zum Phasensteller führenden Hauptstrom. Der Hauptstrom zur erfindungsgemäßen Vorrichtung ist zum Versorgungsstrom beispielsweise zu Zylindern der Brennkraftmaschine oder Lagern der Nockenwelle und dergleichen vorzugsweise parallel angeordnet, so dass der Vorrichtung das Druckfluid verlustarm zu-

strömt.

[0040] Als besonders vorteilhaft haben sich Ausführungen erwiesen, in denen der Phasensteller ein Steuerventil für die Steuerung des Drucks in den Stellkammern aufweist, das in Bezug zur Stator-Rotor-Anordnung zentral, vorzugsweise an einem Ende der Nockenwelle, und vorzugsweise auch in Bezug auf deren Drehachse zentral angeordnet ist, beispielsweise ganz oder teilweise in einem hohlen Nockenwellenende. Das Druckfluid wird in derartigen Ausführungen vorzugsweise über die Nockenwelle zum Steuerventil geführt und von diesem entsprechend der gewünschten relativen Drehwinkelposition der oder den Früh- oder Spätstellkammern(n) zugeführt.

[0041] Die vorliegende Anmeldung ist auf die Abstimmung der Druckspeichereinrichtung zum Heißleerlaufdruck gerichtet, derart, dass der Füllbeginnndruck höchstens so groß wie der Heißleerlaufdruck und der Mindestfülldruck für ein vollständiges Laden größer als der Heißleerlaufdruck ist. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass im Zusammenhang mit diesem Erfindungsgedanken beschriebene weitere Erfindungsgedanken auch ohne diesen Grundgedanken mit Vorteil zur Anwendung gelangen können. Die Anmelderin behält es sich beispielsweise vor, auf eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen (a) bis (e) eine eigene Anmeldung zu richten, die anstelle der Merkmale (f) und (g) die Merkmale des Anspruchs 2 enthält, also auf die Abstimmung von Entriegelungsmindestdruck und Füllbeginnndruck gerichtet ist. Gegenstand einer Teilungsanmeldung kann des weiteren auch eine Vorrichtung nur mit den Merkmalen (a) bis (d) und den Merkmalen des Anspruchs 4 sein, nämlich die Verbindung der Verriegelungseinrichtung mit vorzugsweise der Spätstellkammer oder der Frühstellkammer. Noch ein eigenständiger Gegenstand, der nicht unumgänglich mit den Merkmalen (e) bis (g) des Anspruchs 1 verbunden sein muss, ist die Ausbildung des Verriegelungselements als Stufenkolben und Beaufschlagung der sich hieraus ergebenden mehreren Druckflächen, wenigstens zwei Druckflächen, mit dem gleichen Druckfluid, bevorzugt dem Druckfluid aus der Frühstellkammer oder dem für die Frühstellkammer(n) bestimmten Druckfluid. Noch einen weiteren, eigenständigen Gegenstand bildet die in Bezug auf die Umfangsrichtung exzentrische Anordnung des Verriegelungselements in einem Rotorflügel. Auch dieser Erfindungsgedanke kann grundsätzlich ohne die Anspruchsmerkmale (e) bis (g) verwirklicht werden. Allerdings ist vorzugsweise auch in solchen Ausführungen jeweils eine Druckspeichereinrichtung vorgesehen, die in Bezug auf die Druckniveaus wie Füllbeginnndruck, Heißleerlaufdruck, Mindestfülldruck der vollständigen Befüllung und Entriegelungsmindestdruck mit Vorteil wie unter wenigstens einem Aspekt der hier beanspruchten Erfindung ausgebildet sein kann.

[0042] Vorteilhafte Merkmale werden auch in den Unteransprüchen und deren Kombinationen offenbart.

[0043] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren erläutert. An den Ausführungs-

beispielen offenbar werdende Merkmale bilden jeweils einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche und auch die vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen vorteilhaft weiter. Es zeigen:

- | | |
|----------|--|
| Figur 1 | einen Nockenwellen-Phasensteller in einem verriegelten Zustand, |
| Figur 2 | den Nockenwellen-Phasenstellers in einem entriegelten Zustand, |
| Figur 3a | den Phasensteller in einem Querschnitt, |
| Figur 3b | eine Abwandlung des Phasenstellers aus Figur 3a in einem Querschnitt, |
| Figur 4 | eine Verriegelungseinrichtung des Phasenstellers im Querschnittsdetail X der Figur 3a, |
| Figur 5 | die Verriegelungseinrichtung in einem Längsschnitt, |
| Figur 6 | den Phasensteller und eine zugeordnete Druckspeichereinrichtung in einem Schnitt, |
| Figur 7 | ein Anbaugehäuse, in dem der Nockenwellen-Phasensteller gemeinsam mit der Druckspeichereinrichtung angeordnet ist, |
| Figur 8 | das Anbaugehäuse mit an einer Montage-seite angeordneter Dichtung und |
| Figur 9 | ein Detail der Dichtung. |

[0044] Figur 1 zeigt einen Nockenwellen-Phasensteller in einem Längsschnitt. Der Nockenwellen-Phasensteller ist an einem stirnseitigen Ende einer Nockenwelle 1 angeordnet und dient der Verstellung der Phasenlage, also der Drehwinkelposition der Nockenwelle 1 relativ zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine, beispielsweise eines Antriebsmotors eines Kraftfahrzeugs. Die Nockenwelle 1 ist um eine Drehachse R drehbar in einem Maschinengehäuse 2 der Brennkraftmaschine, beispielsweise in einem Zylinderkopfgehäuse, gelagert.

[0045] Der Nockenwellen-Phasensteller umfasst einen Stator 3, der von der Kurbelwelle drehangetrieben werden kann, und einen Rotor 7, der drehfest mit der Nockenwelle 1 verbunden werden kann. Der Stator 3 setzt sich aus einem Antriebsrad 4, beispielsweise ein Kettenrad, einem Deckel 6 und einem axial zwischen dem Antriebsrad 4 und dem Deckel 6 angeordneten Flügelrad 5 zusammen. Das Antriebsrad 4, das Flügelrad 5 und der Deckel 6 sind drehfest miteinander verbunden. Der Zusammenbau des Stators 3 ist nur beispielhaft. Der Stator 3 kann alternativ auch aus mehr oder anstatt aus den drei Teilen 4, 5 und 6 auch aus nur zwei Teilen gefügt sein, etwa aus einem einstückigen Teil 4, 5 und dem Teil

6 oder aber dem Teil 4 und einem einstückigen Teil 5, 6. Grundsätzlich kann er auch in einem einzigen Stück umgeformt werden. Das Antriebsrad 4 kann am Flügelrad 5 außen umlaufend geformt und der Deckelbereich des Antriebsrads 4, der die Stator-Rotor-Anordnung seitlich abdichtet, Bestandteil des Rotors 7 sein. Zusätzlich zu dem oder statt des vom Antriebsrad 4 gebildeten Deckelbereichs kann der Deckel 6 Bestandteil des Rotors 7 sein. Der Stator 3 und der Rotor 7 bilden einen hydraulischen Schwenkmotor.

[0046] Die Figuren 3a und 3b zeigen die Stator-Rotor-Anordnung 3, 7 in einem Querschnitt. Das Flügelrad 5 bildet eine Außenkomponente und der Rotor 7 eine Innenkomponente des Schwenkmotors. Das hohle Flügelrad 5 weist an seinem inneren Umfang nach radial innen abragende Flügel 5a auf. Der Rotor 7 weist nach radial außen abragende Flügel 7a auf, die mit den Flügeln 5a des Stators 3 erste Stellkammern 8 und zweite Stellkammern 9 bilden. Die Stellkammern 8 sind in Umfangsrichtung jeweils zur einen Seite und die Stellkammern 9 jeweils zur anderen Seite der Flügel 7a des Rotors 7 angeordnet. Werden die Stellkammern 8 unter Druck gesetzt und die Stellkammern 9 entlastet, dreht der Rotor 7 relativ zum Stator 3 in den Figuren 3a und 3b im Uhrzeigersinn bis maximal in die in den Figuren 3a und 3b eingenommene Endposition. Werden die Stellkammern 9 unter Druck gesetzt und die Stellkammern 8 im Druck entlastet, dreht der Rotor 7 gegen den Uhrzeigersinn. Die relativ zum Stator 3 stattfindende Drehbewegung in die eine Drehrichtung entspricht einer Voreilung und die relative Drehbewegung in die andere Richtung einer Nacheilung der Nockenwelle 1 relativ zur Kurbelwelle.

[0047] Im Ausführungsbeispiel sind die Stellkammern 8 Frühstellkammern und die Stellkammern 9 Spätstellkammern. In den Figuren 3a und 3b nimmt der Rotor 7 relativ zum Stator 3 die Frühstellung ein, in der die Nockenwelle relativ zu 1 der Kurbelwelle voreilt. Werden stattdessen die Spätstellkammern 9 mit dem Druckfluid beaufschlagt und die Frühstellkammern 8 entlastet, dreht der Rotor 7 in Richtung Nacheilung bis maximal in eine Spätstellung. Die Frühstellung und die Spätstellung werden jeweils durch einen Anschlagkontakt vorgegeben. In den beiden End- oder Extremstellungen ist jeweils wenigstens einer der Rotorflügel 7a in einem Anschlagkontakt mit einem der Statorflügel 5a. In bevorzugten Ausführungen kann der Rotor 7 nicht nur zwischen diesen beiden Drehwinkelendpositionen relativ zum Stator 3 hin und her drehverstellt werden, sondern durch entsprechende Druckbeaufschlagung sowohl der Frühstellkammern 8 als auch der Spätstellkammern 9 in einer beliebigen Zwischenposition hydraulisch fixiert werden.

[0048] Der Nockenwellen-Phasensteller weist ein in Bezug auf die Stator-Rotor-Anordnung 3, 7 zentral angeordnetes Steuerventil mit einem Ventilgehäuse 10 und einem im Ventilgehäuse 10 axial hin und her verstellbar angeordneten Ventilkolben 20 auf (Fig. 1). Der Ventilkolben 20 ist hohl mit einem axial erstreckten Hohlraum 21, einem Kolbeneinlass 22 an einem axialen Ende und ei-

nem Kolbenauslass 23, der radial durch einen den Hohlraum 21 umgebenden Mantel des Ventilkolbens 20 führt. Der Ventilkolben 20 weist an seinem vom Kolbeneinlass 22 abgewandten anderen axialen Ende ein Kopplungsorgan 25 auf für eine Kopplung mit einem Stellglied 15, das die axiale Verstellung des Ventilkolbens 20 bewirkt. Das Kopplungsorgan 25 wirkt als Betätigungsstößel des Ventilkolbens 20. Das Kopplungsorgan 25 kann mit dem den Hohlraum 21 umgebenden Kolbenmantel in einem Stück geformt oder gegebenenfalls mit diesem axial fest gefügt sein. Es ragt an dem Stirnende des Ventilkolbens 20 ab, das dem Stellglied 15 axial zugewandt ist. Das Kopplungsorgan 25 durchragt eine Stirnverschlusswand 11 des Ventilgehäuses 10. Die Stirnverschlusswand 11 umgibt das Kopplungsorgan 25 in enger Passung und sorgt so trotz des hin und her beweglichen Kopplungsorgans 25 für den fluiddichten Verschluss des Ventilgehäuses 10.

[0049] Das Stellglied 15 ist ein elektromagnetisches Stellglied, im Ausführungsbeispiel ein Axialhub-Elektromagnet, mit einer bestrombaren Spule 16 und einem Anker 17, den die Spule 16 umgibt. Die Spule 16 ist drehfest mit dem Maschinengehäuse 2 der Brennkraftmaschine verbunden. Im Ausführungsbeispiel ist die Spule 16 drehfest mit einem Deckel 2b verbunden, der wiederum mit einem am Maschinengehäuse 2 montierten Anbauteil 2a fest verbunden ist. Der Anker 17 ist relativ zur Spule 16 axial beweglich. Er ist mit dem Kopplungsorgan 25 unmittelbar in einem Kopplungseingriff, der als axialer Druckkontakt gebildet ist. Bei Bestromung der Spule 16 wirkt auf den Anker 17 eine axial in Richtung auf das Kopplungsorgan 25 gerichtete Stellkraft, die im Kopplungseingriff, einem reinen axialen Druckkontakt, auf das Kopplungsorgan 25 und somit auf den Ventilkolben 20 wirkt. An der Trennstelle zwischen mit der Nockenwelle 1 im Betrieb drehendem Ventilkolben 20 und dem nicht drehenden Stellglied 15 herrscht vorzugsweise nur Punktberührung. Der Anker 17 weist an seinem das Kopplungsorgan 25 kontaktierenden Ende vorzugsweise eine Kugeloberfläche auf. Alternativ könnte das Kopplungsorgan 25 an seinem Stirnende eine kugelförmige Oberfläche aufweisen. In einer Weiterbildung ist das Kontaktende des Ankers 17 als Kugelgleitlager gebildet, indem dort eine Kugel in einer Pfanne des Ankers 17 frei sphärisch drehbar gelagert ist.

[0050] Das Steuerventil umfasst ein Federglied 14, dessen Federkraft der Stellkraft des Stellglieds 15 entgegenwirkt. Das Federglied 14 ist unmittelbar am Ventilgehäuse 10 und in Richtung auf das Stellglied 15 am Ventilkolben 20 abgestützt. Das Stellglied 15 wird von einer Steuerung der Brennkraftmaschine angesteuert, nämlich bestromt. Die Ansteuerung erfolgt vorzugsweise über ein in einem Speicher der Maschinensteuerung abgelegtes Kennfeld, beispielsweise in Abhängigkeit von der Drehzahl der Kurbelwelle, der Last oder anderer bzw. weiterer für den Betrieb der Brennkraftmaschine relevanter Parameter.

[0051] Der Ventilkolben 20 ist in einem zentralen axia-

len Hohlraum des Ventilgehäuses 10 in der erläuterten Weise hin und her bewegbar angeordnet. Es weist an seinem von der Stirnverschlusswand 11 abgewandten axialen Ende einen axial, zentral in den Gehäusehohlraum führenden Gehäuseeinlass P_a auf, dem über die Nockenwelle 1, nämlich einen Druckeinlass P der Nockenwelle 1, unter Druck stehendes Fluid zuführbar ist. Bei dem Fluid kann es sich insbesondere um ein der Schmierung der Brennkraftmaschine dienendes Schmieröl handeln, das auch zur Schmierung beispielsweise des Spurlagers der Nockenwelle 1 dient. Das Druckfluid wird dem Steuerventil beispielhaft wie bevorzugt durch das Spurlager der Nockenwelle 1 zugeführt, das heißt der Druckanschluss P ist an die Schmierölversorgung für das Spurlager angeschlossen. Dieses Druckfluid strömt bei P in die Nockenwelle 1, durch den axialen Gehäuseeinlass P_a in das Ventilgehäuse 10 und durch den zum Gehäuseeinlass P_a in axialer Flucht liegenden Kolbeneinlass 22 in den Hohlraum 21. Vom Hohlraum 21 zweigt seitlich, beispielhaft wie bevorzugt in radialer Richtung, ein Kolbenauslass 23 ab, durch den das Druckfluid in Abhängigkeit von der axialen Position des Ventilkolbens 20 entweder den Frühstellkammern 8 oder Spätstellkammern 9 zugeführt wird, um die Phasenlage des Rotors 7 relativ zum Stator 3 und somit die Phasenlage der Nockenwelle 1 relativ zur Kurbelwelle einzustellen. Der Kolbenauslass 23 wird von über den Umfang des Ventilkolbens 20 verteilt angeordneten radialen Durchgängen durch den Mantel des Ventilkolbens 20 gebildet. Der Kolbenauslass 23 ist in einem axial mittleren Abschnitt des Ventilkolbens 20 angeordnet.

[0052] Das Ventilgehäuse 10 weist durch seinen Mantel führende Anschlüsse für die Zu- und Abführung des Fluids zu und von den Stellkammern 8 und 9 auf. Hierbei handelt es sich um einen Arbeitsanschluss A und einen Arbeitsanschluss B, einen dem Arbeitsanschluss A zugeordneten Reservoiranschluss T_A und einen dem Arbeitsanschluss B zugeordneten Reservoiranschluss T_B . Die Anschlüsse A bis T_B sind jeweils gerade Durchgänge durch den Mantel des Ventilgehäuses 10. Die Anschlüsse A, B und T_A erstrecken sich auf kürzestem Wege radial durch den Mantel. Der Reservoiranschluss T_B erstreckt sich schräg nach außen in das Phasenstellergehäuse 2a. Der Arbeitsanschluss B des Ventilgehäuses 10 wird von über den Umfang des Ventilgehäuses 10 verteilt angeordneten, radial erstreckten und daher kurzen Durchgängen durch den Mantel des Ventilgehäuses 10 gebildet. Die Anschlüsse A, T_A und T_B werden ebenfalls jeweils von einer Mehrzahl von um die zentrale Achse R verteilt angeordneten Durchgangskanälen gebildet.

[0053] Figur 1 zeigt den Ventilkolben 20 in einer ersten axialen Kolbenposition, in der ihn das Federglied 14 hält. In der ersten Kolbenposition ist der Kolbenauslass 23 mit dem Arbeitsanschluss B verbunden. Das über den Druckanschluss P der Nockenwelle 1 zugeführte Druckfluid strömt in axialer Richtung durch den axialen Gehäuseeinlass P_a und den Kolbeneinlass 22 in den Hohlraum 21 des Ventilkolbens 20 und von dort durch den abzwei-

genden Kolbenauslass 23 zu den entsprechend der Darstellung der Figur 1 dem Arbeitsanschluss B zugeordneten Stellkammern 8. Die mit dem Arbeitsanschluss A verbundenen Stellkammern 9 sind über den Arbeitsanschluss A sowie eine am äußeren Umfang des Ventilkolbens 20 geformte Vertiefung 26 mit dem Reservoiranschluss T_A und über diesen sowie eine mit der Nockenwelle 1 drehende Rückführung 4' mit dem Reservoir verbunden und somit im Druck entlastet. Die Vertiefung 26 erstreckt sich 360° umlaufend über den äußeren Umfang des Ventilkolbens 20. Von der Vertiefung 26 aus in axialer Richtung gesehen hinter dem Kolbenauslass 23 ist am äußeren Umfang des Ventilkolbens 20 eine weitere axial erstreckte Vertiefung 27 geformt, die sich ebenfalls über den äußeren Umfang des Ventilkolbens 20 umlaufend erstreckt. Die Vertiefung 27 ist in der ersten Kolbenposition mit dem Reservoiranschluss T_B verbunden. Der Reservoiranschluss T_B ist dem Arbeitsanschluss B zugeordnet. Allerdings ist er in der ersten Kolbenposition mittels eines zwischen dem Kolbenauslass 23 und der Vertiefung 27 geformten Dichtsteg des Ventilkolbens 20 von dem Arbeitsanschluss B fluidisch getrennt.

[0054] Wird der Anker 17 durch entsprechende Bestromung des Stellglieds 15 mit einer die Federkraft des Federglieds 14 übersteigenden Stellkraft beaufschlagt, schiebt das Stellglied 15 den Ventilkolben 20 aus der dargestellten ersten Kolbenposition axial in Richtung auf den Gehäuseeinlass P_a und bei entsprechend großer Stellkraft bis in eine axial zweite Kolbenposition, in der nicht mehr der Arbeitsanschluss B, sondern der weitere Arbeitsanschluss A mit dem Kolbenauslass 23 verbunden ist. In der zweiten Kolbenposition trennt ein zwischen dem Kolbenauslass 23 und der Vertiefung 26 geformter Dichtsteg des Ventilkolbens 20 den Arbeitsanschluss A vom zugeordneten Reservoiranschluss T_A , so dass in der zweiten Kolbenposition die Stellkammern 9 mit dem Druckfluid beaufschlagt werden. In der zweiten Kolbenposition verbindet ferner die Vertiefung 27 den Arbeitsanschluss B mit dem Reservoiranschluss T_B , so dass das Fluid aus den Stellkammern 8 abströmen kann und diese im Druck entlastet werden. Der Rotor 7 bewegt sich dementsprechend in der Darstellung der Figur 2 gegen den Uhrzeigersinn relativ zum Flügelrad 5 und somit zum Stator 3. Die drehfest mit dem Rotor 7 verbundene Nockenwelle 1 wird in ihrer Phasenlage relativ zur Kurbelwelle um den gleichen Drehwinkel verstellt.

[0055] Das durch den Gehäuseeinlass P_a in das Steuerventil strömende Fluid der Hochdruckseite beaufschlagt den Ventilkolben 20 mit einer in Richtung auf das Stellglied 15 wirkenden ersten Axialkraft. Zur Kompensation dieser ersten Axialkraft ist der Ventilkolben 20 in Richtung auf das Stellglied 15 durchströmbar, so dass sich an seiner dem Stellglied 15 zugewandten Rückseite zwischen dieser Rückseite und der Stirnverschlusswand 11 ein Fluidruck aufbaut, der auf die Rückseite des Ventilkolbens 20 eine Gegenkraft, eine zweite Axialkraft ausübt. Da die mit dem Druckfluid beaufschlagbare Projektionsfläche um die Querschnittsfläche verringert ist, mit

der das Kopplungsorgan 25 durch die Stirnverschlusswand 11 ragt, wäre die axiale Gegenkraft, die zweite Axialkraft, entsprechend der Querschnittsfläche des Kopplungsorgans 25 geringer als die erste Axialkraft. Es entstünde ein resultierender Axialschub, der sich entsprechend der Differenz der Projektionsflächen in Abhängigkeit vom Druck des Fluids ändern würde. Die Kennlinie des Steuerventils würde sich entsprechend ändern, was zu erheblichen Verzerrungen führen kann, da der Druck des Fluids im Betrieb der Brennkraftmaschine schwanken kann.

[0056] Um die zweite Axialkraft zu vergrößern, weisen der Ventilkolben 20 einen radial aufgeweiteten Kolbenabschnitt 28 auf, im folgenden Aufweitung 28, und das Ventilgehäuse 10 einen angepasst aufgeweiteten Gehäuseabschnitt 18, der die Aufweitung 28 in enger Passung umgibt. Soweit das Ventilgehäuse 10 und der Ventilkolben 20 dichtend zusammenwirken, weist der Ventilkolben 20 an seinem äußeren Umfang mit Ausnahme der Aufweitung 28 beispielhaft überall den gleichen zylindrischen Querschnitt auf. Um das Druckfluid an die Rückseite des Ventilkolbens 20 zu führen, weist der Ventilkolben 20 vom Gehäuseeinlass 22 gesehen axial hinter dem Kolbenauslass 23 eine Zuführung 24 auf, die durch mehrere um die zentrale Achse R verteilte Durchgangskanäle in einem Ventilkolbenboden geformt sind. Die Aufweitung 28 und entsprechend der Gehäuseabschnitt 18 sind so bemessen, dass die durch die Aufweitung 28 erhaltende Vergrößerung der dem Stellglied 15 zugewandten Projektionsfläche F_{28} zumindest einen überwiegenden Teil der für die Kompensation "verlorenen" Querschnittsfläche F_{25} des Kopplungsorgans 25 ausgleicht. Die Kompensationsfläche ist eine äußere Ringfläche der Projektionsfläche F_{28} . Bevorzugterweise ist die zusätzliche, der Stirnverschlusswand 11 axial zugewandte Projektionsfläche, die Kompensationsfläche der Aufweitung 28, genau so groß, wie die Querschnittsfläche F_{25} , mit der das Kopplungsorgan 25 durch die Stirnverschlusswand 11 ragt. Auf diese Weise wird erreicht, dass die in Richtung auf das Stellglied 15 wirkende erste Axialkraft durch die entgegengerichtete zweite Axialkraft kompensiert wird und resultierender Axialschub nicht entstehen kann. Die Projektionsflächen, die bei Durchströmung des Ventilkolbens 20 jeweils eine Axialkraft erzeugen, sind in beide axiale Richtungen gleichgroß.

[0057] Die Aufweitung 28 ist wie bevorzugt am dem Stellglied 15 zugewandten stirnseitigen Ende des Ventilkolbens 20 gebildet. Der aufgeweitete Gehäuseabschnitt 18 weist eine ausreichende axiale Erstreckung auf, um die Verstellbewegungen des Ventilkolbens 20 zu ermöglichen. Die Aufweitung 28 bildet das dem Stellglied 15 zugewandte Ende der Vertiefung 27. Der aufgeweitete Gehäuseabschnitt 18 verjüngt sich bei 13 auf den im weiteren axialen Verlauf konstanten engeren Querschnitt. Die Verjüngung 13 ist innerhalb der Vertiefung 27, axial beispielhaft im Bereich des Reservoiranschlusses T_B gebildet.

[0058] Der Phasensteller umfasst eine Verriegelungs-

einrichtung 30, die in einem Verriegelungseingriff den Rotor 7 in einer bestimmten Drehwinkelposition relativ zum Stator 3 mechanisch fixiert. Beispielhaft fixiert sie den Rotor 7 wie bevorzugt in der Frühstellung. Es ist aber auch möglich, den Rotor 7 in der Spätstellung oder in einer Stellung zwischen der Spät- und der Frühstellung mechanisch zu fixieren. Durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid kann die Verriegelungseinrichtung 30 aus dem Verriegelungseingriff in einen Freigabezustand gebracht werden. Befindet sich die Verriegelungseinrichtung 30 im Freigabezustand, kann sich der Rotor 7 bei Druckbeaufschlagung entweder der Stellkammern 8 oder der Stellkammern 9 und entsprechender Druckentlastung der jeweils anderen Stellkammern 9 oder 8 relativ zum Stator 3 drehen, also die Drehwinkelposition des Rotors 7 relativ zum Stator 3 verändert werden. Für die Entriegelung gegen eine Federkraft ist ein Entriegelungsmindestdruck P_E erforderlich. Der Entriegelungsmindestdruck P_E ist in bevorzugten Ausführungen höchstens so groß wie der Heißleerlaufdruck P_{HL} in der Druckfluidzuführung zum Phasensteller. Der Heißleerlaufdruck P_{HL} kann insbesondere an einer Rücksperreinrichtung gemessen werden, die in der Druckfluidzuführung in der Nähe des Phasenstellers angeordnet ist, um ein Rückströmen des Druckfluids vom Phasensteller weg dann zu verhindern, wenn der Druck in den mit dem Druckfluid beaufschlagten Stellkammern 8 oder 9 höher ist als der Zufuhrdruck unmittelbar stromauf von der Rücksperreinrichtung. Die Rücksperreinrichtung kann insbesondere von einem Rückschlagventil gebildet werden.

[0059] Die Verriegelungseinrichtung 30 umfasst ein relativ zum Stator 3 und Rotor 7 axial hin und her bewegliches Verriegelungselement 31 und eine Verriegelungsfeder 32, die mit ihrer Federkraft das Verriegelungselement 31 in eine axiale Richtung in den Verriegelungseingriff spannt. Das Verriegelungselement 31 ist über die Verriegelungsfeder 32 am Rotor 7 abgestützt und in einer Führung 36 in einem der Rotorflügel 7a axial hin und her beweglich geführt. Im Verriegelungseingriff ragt es axial über eine Stirnseite des betreffenden Rotorflügels 7a in eine axial gegenüberliegende Aufnahme 33 des Stators 3. Die Aufnahme 33 ist als Vertiefung an einer dem Rotor 7 zugewandten Stirnseite des Stators 3 geformt, beispielhaft im Deckelbereich des Antriebsrads 4. Die Verriegelungseinrichtung 30 ist mit entweder einer der Stellkammern 8 oder der Stellkammern 9, vorzugsweise nur mit einer der Frühstellkammern 8, verbunden, so dass bei Druckbeaufschlagung der entsprechenden Stellkammern das Verriegelungselement 31 gegen die Federkraft der Verriegelungsfeder 32 aus dem Verriegelungseingriff bewegt und die mechanische Fixierung des Rotors 7 gelöst wird. Der Raum im Rotor 7, in dem die Verriegelungsfeder 32 angeordnet ist, ist über eine Ableitung 39 mit der Niederdruckseite des Druckfluidsystems verbunden, so dass sich am Verriegelungselement 31 der Aufnahme 33 axial gegenüberliegend kein das Entriegeln verhin- dernder Gegendruck aufbauen kann.

[0060] Figur 2 zeigt den Phasensteller im entriegelten Zustand. Der Entriegelungsmindestdruck P_E ist erreicht oder überschritten, so dass der Rotor 7 mittels des Steuerventils hydraulisch verstellt werden kann. Der Rotor 7 nimmt bereits nicht mehr die Frühstellung ein.

[0061] Aus den Figuren 3 bis 5 sind Details der Verriegelungseinrichtung 30 erkennbar. Das Verriegelungselement 31 bildet einen Stufenkolben mit einem Führungsabschnitt 31a, der stets im Rotorflügel 7a geführt ist, und einem demgegenüber schlankeren Eingriffsabschnitt 31b, der in dem in Figur 5 dargestellten Verriegelungseingriff in die Aufnahme 33 des Stators 3 eingreift. Das Verriegelungselement 31 weist eine im Verriegelungseingriff in der Aufnahme 33 befindliche Druckfläche 31d und eine hiervon abgesetzte ringförmige weitere Druckfläche 31c auf. Die Druckflächen 31c und 31d wirken in die gleiche Richtung. Die Druckfläche 31c schließt einen ringförmigen Druckraum 37, der innerhalb des Rotors 7a gebildet ist, an einer Stirnseite ab. Die Aufnahme 33, genauer gesagt der von der Druckfläche 31d begrenzte Raum innerhalb der Aufnahme 33, ist über einen in Bezug auf die Verriegelungseinrichtung 30 inneren Verbindungskanal 38 mit dem Druckraum 37 verbunden, quasi kurzgeschlossen. Der Verbindungskanal 38 erstreckt sich im Rotorflügel 7a bis zur Stirnseite des Rotors 7 durch einen engeren Führungsabschnitt der Führung 36, die den Eingriffsabschnitt 31b des Verriegelungselements 31 eng umfasst, so dass das Verriegelungselement 31 nicht nur in seinem breiteren Abschnitt 31a, sondern auch im Eingriffsabschnitt 31b geführt ist.

[0062] Der von der Führung 36 umfänglich begrenzte Raum ist an seinem im Verriegelungseingriff der Aufnahme 33 gegenüberliegenden Ende mittels eines eingesetzten Stützelements 35 verschlossen. Die Verriegelungsfeder 32 stützt sich mit einem Federende an dem Stützelement 35 und mit ihrem anderen Federende am Verriegelungselement 31 ab. Im Stützelement 35 ist ein Entlüftungsdurchgang 39a geformt, der den Raum zwischen Stützelement 35 und Verriegelungselement 31 mit der weiterführenden Ableitung 39 verbindet, die an die Niederdruckseite des Druckfluidversorgungssystems angeschlossen ist, so dass sich kein die Entriegelung maßgeblich behindernde Gegendruck aufbauen kann. Zur Aufnahme 33 sei noch angemerkt, dass deren dem Rotorflügel 7a zugewandter Öffnungsrand 33a umlaufend gefast ist, um das Einfahren in den Verriegelungseingriff zu erleichtern, zumal das Verriegelungselement 31 vorzugsweise auch im Eingriffsabschnitt 31b zylindrisch ist. Desweiteren ist vorzugsweise für eine gewisse Freistellung gesorgt, vorzugsweise in Verlängerung des Verbindungskanals 38, um eine möglichst verlustarme Verbindung zwischen dem Druckraum 37 und dem von der Druckfläche 31d begrenzten weiteren Druckraum in der Aufnahme 33 zu schaffen. In der Aufnahme 33 ist wie bevorzugt, aber nur optional eine flache, erhabene Abragung geformt, an der im Verriegelungseingriff die Druckfläche 31d auf Anschlag liegt, so dass um die Abragung ein gewisses Restvolumen für das Druckfluid

auch im Verriegelungseingriff vorhanden ist.

[0063] Nach der Ausführung aus den Figuren 3a und 4 ist die Verriegelungseinrichtung 30 zum Entriegeln mit der nächstliegenden Frühstellkammer 8 durch einen Verbindungskanal 34 verbunden. Der Verbindungskanal 34 führt vom Druckraum 37 durch den Rotorflügel 7a unmittelbar in die Frühstellkammer 8 und schließt diese mit der Verriegelungseinrichtung 30 vorteilhafterweise kurz. Die Druckkammer 37 ist daher besonders widerstandsfähig mit der Frühstellkammer 8 verbunden, so dass sich deren Druck bei Druckänderungen nahezu verlust- und verzugsfrei auch im Druckraum 37 und über den inneren Verbindungskanal 38 auch in der Aufnahme 33 einstellt. Sobald der Druck in der Frühstellkammer 8 den Entriegelungsmindestdruck P_E erreicht hat, liegt dieser Druck praktisch verzögerungsfrei auch an den Druckflächen 31c und 31d an, so dass sich das Verriegelungselement 31 aus dem Verriegelungseingriff bewegt und der Rotor 7 durch Erhöhung des Drucks in den Spätstellkammern 9 über den Druck in den Frühstellkammern 8 in Richtung auf die Spätstellung verstellt werden kann. Etwaige Druckschwankungen in der mit der Verriegelungseinrichtung 30 direkt verbundenen Frühstellkammer 8 sind für das Lösen des Verriegelungseingriffs sogar hilfreich, da das Verriegelungselement 31 hierdurch freigerüttelt wird, so dass es bei diesen Vibrationen des Rotors 7 kurzzeitig von der aufgrund des Schleppmoments der Nockenwelle im Verriegelungseingriff wirkenden Quer- bzw. Scherkraft entlastet wird. In Figur 3 ist die Drehrichtung des Stators 3 mit einem Drehrichtungspfeil D eingezeichnet. Der Rotor 7 und die damit drehsteif verbundene Nockenwelle 1 werden im Schlepp mitgenommen. Ein Teil des Drehmoments wird auch im Verriegelungseingriff übertragen, wodurch die erwähnte Querkraft in die eingezeichnete Drehrichtung auf den Eingriffsabschnitt 31b des Verriegelungselements 31 wirkt.

[0064] Nach der abgewandelten Ausführung aus Figur 3b ist die Verriegelungseinrichtung 30 zum Entriegeln mit der nächstliegenden Spätstellkammer 9 durch einen Verbindungskanal 34 verbunden. Der Verbindungskanal 34 führt vom Druckraum 37 durch den Rotorflügel 7a unmittelbar in die Spätstellkammer 9 und schließt diese mit der Verriegelungseinrichtung 30 vorteilhafterweise kurz. Die Druckkammer 37 ist daher besonders widerstandsfähig mit der Spätstellkammer 9 verbunden, so dass sich deren Druck bei Druckänderungen nahezu verlust- und verzugsfrei auch im Druckraum 37 und über den inneren Verbindungskanal 38 auch in der Aufnahme 33 einstellt. Sobald der Druck in der Spätstellkammer 9 den Entriegelungsmindestdruck P_E erreicht hat, liegt dieser Druck praktisch verzögerungsfrei auch an den Druckflächen 31c und 31d an, so dass sich das Verriegelungselement 31 aus dem Verriegelungseingriff bewegt und der Rotor 7 durch den Druck oder durch Erhöhung des Drucks in den Spätstellkammern 9 und Senkung des Drucks in den Frühstellkammern 8 in Richtung auf die Spätstellung verstellt werden kann. Etwaige Druckschwankungen in der mit der Verriegelungseinrichtung

30 direkt verbundenen Spätstellkammer, 9 sind für das Lösen des Verriegelungseingriffs hilfreich, da das Verriegelungselement 31 hierdurch freigerüttelt wird, so dass es bei diesen Vibrationen des Rotors 7 kurzzeitig von dem aufgrund des Schleppmoments der Nockenwelle und des Drucks in den Spätstellkammern 9 im Verriegelungseingriff wirkenden Quer- bzw. Scherkraft entlastet wird. In Figur 3 ist die Drehrichtung des Stators 3 mit einem Drehrichtungspfeil D eingezeichnet. Der Rotor 7 und die damit drehsteif verbundene Nockenwelle 1 werden im Schlepp mitgenommen. Ein Teil des Drehmoments wird auch im Verriegelungseingriff übertragen, wodurch die erwähnte Querkraft in die eingezeichnete Drehrichtung auf den Eingriffsabschnitt 31b des Verriegelungselements 31 wirkt.

[0065] Der innere Verbindungskanal 38 ist, wie in den Figuren 3a, 3b und 4 zu erkennen ist, vorteilhafterweise nutförmig in der Führung 36 in einem in Bezug auf die Drehachse R radialen Bereich, beispielhaft außen, angeordnet. Hierdurch wird die für die Aufnahme der Querkraft erforderliche Umfangsfläche der Führung 36 geringstmöglich verringert. Vorteilhaft ist auch die Anordnung der Verriegelungseinrichtung 30 nahe dem radialen Ende des Rotorflügels 7a, da dies zur Reduzierung der aufzunehmenden Querkraft beiträgt. Bei gleichem Schleppmoment würde eine zentralere Anordnung, näher bei der Drehachse des Rotors 7, der Verkleinerung des Hebels entsprechend eine größere Querkraft bedingen.

[0066] Von Vorteil ist eine in Bezug auf die Umfangsrichtung exzentrische Anordnung der Verriegelungseinrichtung 30 im Rotorflügel 7a. Die Verriegelungseinrichtung 30 aus Figur 3a ist in dieser exzentrischen Anordnung in Umfangsrichtung näher bei der die Frühstellkammer 8 begrenzenden Seitenfläche des Rotorflügels 7a als bei der in Umfangsrichtung gegenüberliegenden, die Spätstellkammer 9 begrenzenden Seitenfläche angeordnet. Die Verriegelungseinrichtung 30 aus Figur 3b ist in dieser exzentrischen Anordnung in Umfangsrichtung näher bei der die Spätstellkammer 9 begrenzenden Seitenfläche des Rotorflügels 7a als bei der in Umfangsrichtung gegenüberliegenden, die Frühstellkammer 9 begrenzenden Seitenfläche angeordnet. Optional kann die Verriegelungseinrichtung aus Figur 3b näher bei der die Frühstellkammer 8 begrenzenden Seitenfläche des Rotorflügels 7a, d.h. wie in Figur 3a allerdings mit dem Verbindungskanal 34 zur Spätstellkammer 9 angeordnet sein. In einer weiteren Option kann die Verriegelungseinrichtung aus Figur 3a näher bei der die Spätstellkammer 9 begrenzenden Seitenfläche des Rotorflügels 7a, d.h. wie in Figur 3b allerdings mit dem Verbindungskanal 34 zur Frühstellkammer 8 angeordnet sein.

[0067] Wird die Spätstellkammer 9 zur Verstellung des Rotors 7 in Richtung Spätstellung mit Druck beaufschlagt, steht ein in Umfangsrichtung vergleichsweise langer Dichtsteg zwischen der Spätstellkammer 9 und der Verriegelungseinrichtung 30 zur Verfügung (Figur 3a), insbesondere an der Seite des Stators 3, an der die

Aufnahme 33 angeordnet ist. Wird die Frühstellkammer 8 zur Verstellung des Rotors 7 in Richtung Frühstellung mit Druck beaufschlagt, steht ein in Umfangsrichtung vergleichsweise langer Dichtsteg zwischen der Frühstellkammer 8 und der Verriegelungseinrichtung 30 zur Verfügung (Figur 3b), insbesondere an der Seite des Stators 3, an der die Aufnahme 33 angeordnet ist. Da die Spätstellkammer 9 bevorzugt bei hohen Motordrehzahlen und somit mit höheren Fluiddrücken als die Frühstellkammer 8 beaufschlagt wird, ist es bevorzugt, vergleichsweise langen Dichtstege zwischen der Spätstellkammer 9 und der Verriegelungseinrichtung 30 auszubilden oder die Verriegelungseinrichtung 30 näher an die Frühstellkammer 8 anzuordnen.

[0068] Der Rotorflügel 7a, der das Verriegelungselement 31 aufnimmt, ist in Umfangsrichtung gemessen breiter als die anderen Rotorflügel 7a. Dies schafft Raum für die Verriegelungseinrichtung 30 und in Verbindung mit der in Umfangsrichtung exzentrischen Anordnung einen nochmals zur Spätstellkammer 9 (Figur 3a) oder zur Frühstellkammer 8 (Figur 3b) hin verlängerten Dichtsteg an den Rotorflügelstirnseiten. Der in Umfangsrichtung gemessene Abstand zwischen den links und rechts benachbarten Statorflügeln 5a ist um die vergrößerte Breite des breiteren Rotorflügels 5a ebenfalls vergrößert. Schließlich sei auch noch bemerkt, dass der Rotorflügel 7a, in dem die Verriegelungseinrichtung 30 gebildet ist, in der in den Figuren 3a und 3b dargestellten Frühstellung im Bereich der Spätstellkammer 9 einen gewissen Abstand zu dem nächstgelegenen nach innen ragenden Flügel des Flügelrads 5 aufweist, so dass auch in der Frühstellung dort ein gewisses Kammervolumen verbleibt und bei Druckbeaufschlagung nicht erst nennenswert Spaltwiderstände überwunden werden müssen.

[0069] Die Figuren 3a und 3b lassen auch die kurzen und direkten Fluidverbindungen 7b erkennen, die vom zentralen Steuerventil 10, 20 durch den Rotor 7 zu den Stellkammern 8 bzw. 9 führen. Im Schnitt der Figuren 3a und 3b handelt es sich um die Fluidverbindungen 7b zu den Arbeitsanschlüssen A für die Spätstellkammern 9. Die vom Ventil zu den Frühstellkammern 8 führenden Fluidverbindungen sind axial und in Umfangsrichtung zu den Fluidverbindungen 7b versetzt angeordnet und erstreckt. Die Fluidverbindungen 7b und auch die Fluidverbindungen für die Frühstellkammern 8 sind gerade, zumindest im Wesentlichen radial erstreckte Bohrungen, die an ihren radial inneren Enden zum Ventilgehäuse 20 und an ihren äußeren Enden in den Wurzelbereichen der Rotorflügel 7a in die jeweilige Stellkammer 8 bzw. 9 münden.

[0070] Figur 6 zeigt den Phasensteller mit einer zugeordneten Druckspeichereinrichtung 40. Die Druckspeichereinrichtung 40 weist eine Speicherkammer 41 und eine bewegliche Wandstruktur 42 auf, die die Speicherkammer 41 an einer Seite begrenzt. Ferner weist sie eine Federeinrichtung 43 auf, gegen deren rückstellende Federkraft die Wandstruktur 42 zum Füllen der Speicherkammer 41 beweglich ist. Die Wandstruktur 42 ist als

Kolben gebildet. Die Federeinrichtung 43 besteht aus einer einzigen mechanischen Feder, beispielhaft wie bevorzugt einer beim Laden der Speicherkammer 41 auf Druck beanspruchten Schraubenfeder. Die Wandstruktur 42 ist frei hin und her beweglich, so dass ihr Kammerdruck im zumindest teilweise gefüllten Zustand stets verzugsfrei zur Verfügung steht.

[0071] Die Druckspeichereinrichtung 40 ist im Strömungsweg des Druckfluids zum Phasensteller stromauf vom Steuerventil 10, 20 angeordnet. Der Phasensteller ist über einen Zuführkanal 50 an das Druckfluidversorgungssystem angeschlossen. Im Zuführkanal 50 ist eine Rücksperreinrichtung 51, beispielhaft ein Rückschlagventil, stromauf von dem Phasensteller und der Druckspeichereinrichtung 40 angeordnet, die eine Rückströmung von Druckfluid verhindert. Im Zuführkanal 50 ist zwischen der Rücksperreinrichtung 51 und der Speicherkammer 41 auch noch ein Filterelement 52 angeordnet. Übersteigt im Versorgungssystem der Fluiddruck unmittelbar stromauf von der Rücksperreinrichtung 51 den Druck zwischen der Rücksperreinrichtung 51 und dem Phasensteller, in der gewählten Anordnung den Druck in der Speicherkammer 41, öffnet die Rücksperreinrichtung 51 in Richtung auf die Druckspeichereinrichtung 40, so dass sich diese entsprechend dem Druck und der rückstellenden Federkraft der Federeinrichtung 43 teilweise oder gänzlich füllen kann. Das maximale Füllvolumen ist erreicht, wenn die Wandstruktur 42 gegen einen Anschlag der Druckspeichereinrichtung 40 stößt. Die Speicherkammer 41 ist auf kurzem Wege über einen weiterführenden stromabwärtigen Zuführkanal 53 mit dem Phasensteller verbunden. Im Ausführungsbeispiel wird die Verbindung über die Nockenwelle 1 hergestellt. Über einen Abführkanal 46 wird sichergestellt, dass sich die Speicherkammer 41 ohne nennenswertem Gegen-
druck füllen kann. Der Abführkanal 46 verbindet den Raum an der Rückseite der beweglichen Wandstruktur 42 mit der Niederdruckseite des Druckfluidversorgungssystems.

[0072] Die Speicherkammer 41 wird an einer offenen Seite von einem Deckel 2c abgedeckt. Der Deckel 2c bildet zum einen wie bevorzugt, aber nur beispielhaft einen Anschlag für den Kolben 42 und zum anderen wie bevorzugt, aber ebenfalls nur beispielhaft, einen unmittelbar in die Speicherkammer 41 führenden Einlass 2d und einen unmittelbar aus der Speicherkammer 41 führenden Auslass 2e. Die Speicherkammer 41 ist über den Einlass 2d mit dem Zuführkanal 50 und über den Auslass 2e mit dem stromabwärtigen, zum Phasensteller führenden Zuführkanal 53 verbunden. Die Druckspeichereinrichtung 40 ist in einem zum Phasensteller führenden Hauptstrom des Druckfluids angeordnet, indem das beispielhaft über das Maschinengehäuse 2 und den angeschlossenen Zuführkanal 50 zugeführte Druckfluid nur über die Druckspeichereinrichtung 40 unter Durchströmen der Speicherkammer 41 in den zum Phasensteller weiterführenden Zuführkanal 53 und von diesem beispielhaft wieder über das Maschinengehäuse 2 zum

Druckanschluss P gelangt.

[0073] Die vom Druckfluid in der Speicherkammer 41 beaufschlagte Fläche der Wandstruktur 42 und die Federsteifigkeit sowie optional eine ohne Druckbeaufschlagung bestehende Federvorspannung der Federeinrichtung 43 sind auf den Systemdruck im Druckfluidversorgungssystem so abgestimmt, dass sich die Speicherkammer 41 spätestens dann zu füllen beginnt, wenn im Druckfluidversorgungssystem der Heißleerlaufdruck P_{HL} erreicht ist. Der Füllbeginndruck P_{FB} ist der Druck, bei dem der Füllvorgang beginnt, bei dem also die Wandstruktur 42 gegen die rückstellende Federkraft der Federeinrichtung 43 bewegt wird und eine Vergrößerung des Füllvolumens gegenüber einem minimalen Volumen der Speicherkammer 41 einsetzt. Das minimale Volumen kann Null sein, in der Praxis wird die Speicherkammer 41 im Ausgangszustand jedoch ein gewisses Restvolumen aufweisen. Der Füllbeginndruck P_{FB} ist höchstens so groß wie der Heißleerlaufdruck P_{HL} , vorzugsweise ist er kleiner. Die Druckspeichereinrichtung 40 wird somit bereits bei niedrigen Systemdrücken wirksam.

[0074] Die Druckspeichereinrichtung 40 ist ferner so ausgelegt, dass der Füllvorgang der Speicherkammer 41 nicht bereits abgeschlossen ist, wenn der Druck in der Speicherkammer 41 dem Heißleerlaufdruck P_{HL} entspricht, also bei Leerlaufdrehzahl, sondern erst bei einem höheren Fülldruck. Die Druckspeichereinrichtung 40 arbeitet somit aus dem Heißleerlauf heraus, vorzugsweise sogar schon bei einer niedrigeren Drehzahl als der Leerlaufdrehzahl, bis zu einer über der Leerlaufdrehzahl liegenden Drehzahl stets mit angepasstem Ausgleichs- bzw. Speicherdruck. Bevorzugt ist die Druckspeichereinrichtung 40 so abgestimmt, dass die Speicherkammer 41 ihr maximales Füllvolumen frühestens bei doppelter Leerlaufdrehzahl, bevorzugter frühestens bei dreifacher Leerlaufdrehzahl erreicht. Das maximale Füllvolumen kann wie im Ausführungsbeispiel durch einen Anschlagkontakt absolut begrenzt sein, grundsätzlich bedarf es einer Anschlagbegrenzung jedoch nicht. In alternativen Ausführungen kann die Druckspeichereinrichtung 40 sich auch über den gesamten Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine dem jeweiligen Systemdruck entsprechend füllen oder leeren. Ein Füllen über den gesamten Drehzahlbereich hinweg ist jedoch nicht erforderlich und auch nicht immer erwünscht, da die Federeinrichtung 43 hinsichtlich ihrer Federsteifigkeit Begrenzungen unterliegt. Derartigen Begrenzungen kann durch eine Serien- oder Parallelschaltung mehrerer Federglieder entgegengewirkt werden, beispielsweise eines Federglieds geringer Federsteifigkeit und eines demgegenüber steiferen Federglieds, wobei sich im unteren Drehzahlbereich in erster Linie das weichere Federglied und bei höherer Drehzahl das steifere Federglied erst in einem relevanten Ausmaß oder überhaupt erst spannen würde.

[0075] Die Verriegelungseinrichtung 30 ist durch entsprechende Auslegung der Druckflächen 31c und 31d des Verriegelungselements 31 und der Federsteifigkeit

oder einer Federvorspannung der Verriegelungsfeder 32 auf den Systemdruck so abgestimmt, dass der Entriegelungsmindestdruck P_E ebenfalls höchstens so groß wie der Heißleerlaufdruck P_{HL} , vorzugsweise kleiner als dieser ist. Noch bevorzugter ist der Entriegelungsmindestdruck P_E höchstens so groß wie der Füllbeginndruck P_{FB} , vorzugsweise kleiner als dieser. Der vergleichsweise niedrige Entriegelungsmindestdruck P_E gewährleistet ein frühzeitiges Entriegeln, bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine, und somit auch bereits eine Verstellbarkeit des Rotors bei entsprechend kleiner Drehzahl. Solch einer feinfühligkeit Entriegelung kommt entgegen, wenn die Verriegelungseinrichtung 30 mit dem in der Frühstellkammer 8 (Figur 3a) herrschenden Druck entriegelt wird, wobei die Beaufschlagung beider Druckflächen 31c und 31d zur gleichen Zeit weiter begünstigend wirkt, da hierdurch die Federkraft der Verriegelungsfeder 32 entsprechend hoch gewählt werden kann, was einen sicheren Verriegelungseingriff zur Folge hat.

[0076] Zu den für die Abstimmung maßgeblichen Drücken sei noch nachgetragen, dass der Heißleerlaufdruck P_{HL} insbesondere nahe bei der Rücksperreinrichtung 51, insbesondere stromauf von dieser, gemessen werden kann. Der Füllbeginndruck P_{FB} und der Mindestfülldruck für eine vollständige Befüllung, falls eine vollständige Befüllung durch Anschlagkontakt vorgegeben wird, können an der gleichen Stelle gemessen werden, wobei natürlich vorausgesetzt wird, dass der Druck in der Speicherkammer 41 zum Zeitpunkt der Messung nicht gerade größer ist als der Druck vor der Rücksperreinrichtung 51. Schließlich kann auch der Entriegelungsmindestdruck P_E dort gemessen werden. Der Verriegelungseingriff sollte sich lösen, wenn an besagter Stelle der Entriegelungsmindestdruck P_E erreicht ist. Bei der Messung der miteinander zu vergleichenden Drücke soll allerdings darauf geachtet werden, dass der Druck am Ort der Messung zumindest im Wesentlichen konstant ist, also nicht gerade von der Druckspeichereinrichtung 40 zu kompensierende Druckschwankungen stattfinden. Die Brennkraftmaschine sollte daher während der Messung in einem stationären Betriebszustand betrieben werden. Unvermeidbare höherfrequente Druckschwankungen, wie sie durch Förderpulsationen der Druckfluidpumpe und Leitungsschwingungen im Druckfluidsystem auch im stationären Betriebszustand auftreten, sind hiermit nicht gemeint. Diese höherfrequenten Druckschwankungen ergeben einen für die Vergleichszwecke jeweils repräsentativen Druckmittelwert und beeinflussen die Stellgeschwindigkeit des Phasenstellers für die praktischen Belange nicht nennenswert.

[0077] Figur 7 zeigt das Anbaugehäuse mit dem Anbaugehäuseteil 2a und den Deckeln 2b und 2c, das den Phasensteller, im Wesentlichen der Stator 3, den Rotor 7 und das zentrale Steuerventil aufnimmt, von dem das Ventilgehäuse 10 an der Montageseite des Anbaugehäuses 2a, 2b, 2c vorsteht. Das Anbaugehäuse, beispielsweise das Anbaugehäuseteil 2a, beinhaltet auch gleich die Druckspeichereinrichtung 40, fasst also den Phasenstel-

ler und die Druckspeichereinrichtung 40 zu einer Montageeinheit zusammen. Diese Montageeinheit wird am Maschinengehäuse der Brennkraftmaschine, beispielsweise an einem Zylinderkopfgehäuse, montiert, bei abgenommenem Deckel 2b, der nach der Montage am Gehäuseteil 2a angebracht wird. Die Rücksperreinrichtung 51 ist vorteilhafterweise ebenfalls im Anbaugehäuse 2a, 2b, 2c angeordnet.

[0078] Figur 8 zeigt das Anbaugehäuse 2a, 2b, 2c in einer Stirnansicht auf die Montageseite. An der Montageseite ist eine Dichtung 56 angeordnet, die im montierten Zustand für die Abdichtung zwischen dem Maschinengehäuse und dem Anbaugehäuse 2a, 2b sorgt. An der Montageseite ragen Zentrierelemente 57 über die Dichtung 56, bezogen auf den montierten Zustand in Richtung auf das Maschinengehäuse vor und im montierten Zustand in angepasste Zentriergegenstrukturen des Maschinengehäuses hinein. Die Zentrierelemente 57 sind beispielhaft stiftförmig und können im Querschnitt hohl und in solchen Ausführungen als Zentrierhülsen gebildet sein. Die Zentrierelemente 57 dienen nicht nur der Zentrierung und dadurch Erleichterung der Montage, sondern halten auch die Dichtung 56 an der Montageseite des Anbaugehäuses 2a, 2b in einer für die Montage unmittelbar geeigneten Lage, indem die Dichtung 56 mit wenigstens einem der Zentrierelemente 57, vorzugsweise mit mehreren oder allen Zentrierelementen 57, in einem Halteeingriff, beispielhaft in einem Hintergriff ist. Im Halteeingriff ist die Dichtung verliersicher mit dem Anbaugehäuse verbunden.

[0079] Figur 9 zeigt solch einen Hintergriff stellvertretend für bevorzugt einen oder mehrere weitere. Das dargestellte Zentrierelement 57 durchragt eine Öffnung der Dichtung 56. Das Zentrierelement 57 ist in das Anbaugehäuse 2a, 2b eingesetzt, wird in einer entsprechenden Aufnahme fest gehalten und ragt wie gesagt über die Stirnfläche des Anbaugehäuses 2a, 2b ein Stück weit vor. Nahe bei der Stirnfläche ist es im vorragenden Abschnitt tailliert, so dass die Dichtung 56 mit ihrem das Zentrierelement 57 umgebenden Öffnungsrand 58 in die Taillierung eingreift und so der die Dichtung 56 haltende Hintergriff gebildet ist. Die Taillierung kann durch ein anderes Formelement für den Halteeingriff ersetzt werden, beispielsweise eine Abragung wie etwa ein Flansch. Im Ausführungsbeispiel sind die Funktionen der Zentrierung des Anbaugehäuses 2a, 2b und der Halterung der Dichtung 56 sowie die Schaffung der eigentlichen Fügeverbindung von Anbaugehäuse 2a, 2b und Maschinengehäuse auf engstem Raum konzentriert, indem durch das hohle Zentrierelement 57 ein Spannelement 59 der Fügeverbindung, beispielhaft eine Schraube, geführt ist. Im montierten Zustand durchragt das Spannelement 59 das Zentrierelement 57 und ist in seinem darüber hinausragenden Abschnitt mit dem Maschinengehäuse verbunden, beispielhaft in einem Schraubeingriff 2f.

Bezugszeichenliste:**[0080]**

1	Nockenwelle	5	18	aufgeweiteter Gehäuseabschnitt
1a	Aufnahmeraum		19	-
2	Spurlager, Maschinengehäuse		20	Ventilkolben
2a	Gehäuseteil	10	21	Hohlraum
2b	Deckel		22	Kolbeneinlass
2c	Speicherkammerdeckel		23	Kolbenauslass
2d	Speicherkammereinlass		24	Kompensations-Zuführung
2e	Speicherkammerauslass	15	25	Kopplungsorgan
2f	Schraubeingriff		26	Vertiefung
3	Stator		27	Vertiefung
4	Antriebsrad	20	28	Aufweitung, aufgeweiteter Kolbenabschnitt
4'	Rückführung		29	-
5	Flügelrad	25	30	Verriegelungseinrichtung
5a	Flügel		31	Verriegelungselement
6	Deckel		31 a	Führungsabschnitt 31b Eingriffsabschnitt
7	Rotor	30	31 c	erste Druckfläche
7a	Flügel		31 d	zweite Druckflächen
8	Frühstellkammer		32	Verriegelungsfeder
9	Spätstellkammer	35	33	Aufnahme
10	Ventilgehäuse		33a	Aufnahmerand
11	Stirnverschlusswand	40	34	äußerer Verbindungskanal
12	Schraubverbindung		35	Stützelement
13	-		36	Führung
14	Federglied	45	37	Druckraum
15	Stellglied		38	innerer Verbindungskanal
16	Spule	50	39	Ableitung
17	Anker		39a	Durchgang
		55	40	Druckspeichereinrichtung
			41	Speicherkammer

42	Wandstruktur, Kolben
43	Federeinrichtung
44	Stirnwand
45	Umfangswand
46	Abführkanal
47	-
48	-
49	-
50	Zuführkanal
51	Rücksperreinrichtung
52	Filterelement
53	Zuführkanal
54	-
55	-
56	Dichtung
57	Zentrierelement
58	Öffnungsrand
59	Spannmittel
A	Arbeitsanschluss
B	Arbeitsanschluss
D	Drehrichtung
P	Druckanschluss
P _a	axialer Gehäuseeinlass
P _r	radialer Gehäuseeinlass
P _E	Entriegelungsmindestdruck
P _{FB}	Füllbeginnndruck
P _{HL}	Heißleerlaufdruck
R	Drehachse, zentrale Achse
T _A	Reservoiranschluss

T_B Reservoiranschluss

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verstellung der Drehwinkelposition einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine, die Vorrichtung umfassend:

- 10 (a) eine mit in fester Drehzahlbeziehung von der Kurbelwelle drehantreibbaren Stator (3),
 (b) einen vom Stator (3) drehantreibbaren und zum Drehantreiben der Nockenwelle (1) mit dieser koppelbaren Rotor (7),
 15 (c) eine Frühstellkammer (8) zur Erzeugung eines auf den Rotor (7) relativ zum Stator (3) in Richtung Voreilung wirkenden Drehmoments und eine Spätstellkammer (9) zur Erzeugung eines auf den Rotor (7) relativ zum Stator (3) in Richtung Nacheilung wirkenden Drehmoments,
 20 die zur Erzeugung des jeweiligen Drehmoments mit einem Druckfluid, dessen Druck bei steigender Drehzahl der Kurbelwelle ebenfalls steigt, beaufschlagbar sind, um die Drehwinkelposition des Rotors (7) relativ zum Stator (3) verstellen zu können,
 25 (d) einen Zuführzweig (50-53) für die Zuführung und einen Abführzweig (4') für die Abführung des Druckfluids zu und aus den Stellkammern (8, 9)
 30 (e) und eine im Zuführzweig (50-53) angeordnete Druckspeichereinrichtung (40) mit einer Federeinrichtung (43) und einer Speicherkammer (41), die gegen eine rückstellende Federkraft der Federeinrichtung (43) mit dem Druckfluid befüllbar ist,
 35 (f) wobei die Speicherkammer (41) sich gegen die Federkraft bei einem Füllbeginnndruck (P_{FB}) zu füllen beginnt, der höchstens so groß wie ein Heißleerlaufdruck (P_{HL}) ist, den das Druckfluid im betriebswarmen Zustand im Leerlauf der Brennkraftmaschine aufweist,
 40 (g) und die Speicherkammer (41) sich bei Überschreiten des Heißleerlaufdrucks (P_{HL}) gegen die Federkraft weiter füllt.

2. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, umfassend eine Verriegelungseinrichtung (30), die in einem Verriegelungseingriff den Rotor (7) in einer bestimmten Drehwinkelposition relativ zum Stator (3) mechanisch fixiert und durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid in einen die Verstellung der Drehwinkelposition des Rotors (7) zulassenden Freigabezustand wechselt, wenn der Druck des Druckfluids einen Entriegelungsmindestdruck (P_E) erreicht hat, der höchstens so groß wie der Heißleerlaufdruck (P_{HL}) oder der Füllbeginnndruck (P_{FB}) ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckspeichereinrichtung (40) nach Volumen und Querschnittsfläche der Speicherkammer (41) und Federkraft so ausgelegt ist, dass die Stellgeschwindigkeit (ϕ/s), mit der die Drehwinkelposition des Rotors (7) relativ zum Stator (3) verstellt wird, bis wenigstens zur 1.5-fachen, vorzugsweise bis wenigstens zur doppelten Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine auch bei momentanem Druckabfall im stromauf der Druckspeichereinrichtung (40) gelegenen Teil des Zuführzweigs (50-53) für das Druckfluid durch Nachlieferung aus der Druckspeichereinrichtung (40) der Frequenz der Verbrennungszyklen der Brennkraftmaschine angepasst ist, derart, dass das Verhältnis von Stellgeschwindigkeit und Kurbelwellendrehzahl bis wenigstens zur 1.5-fachen, vorzugsweise bis wenigstens zur zweifachen Leerlaufdrehzahl zumindest im Wesentlichen konstant ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine Verriegelungseinrichtung (30), die in einem Verriegelungseingriff den Rotor (7) in einer bestimmten Drehwinkelposition relativ zum Stator (3) mechanisch fixiert und durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid in einen die Verstellung der Drehwinkelposition des Rotors (7) zulassenden Freigabezustand wechselt, wobei die Verriegelungseinrichtung (30) zum Lösen des Verriegelungseingriffs mit der Spätstellkammer (9), vorzugsweise nur mit der Spätstellkammer (9), oder mit der Frühstellkammer (8), vorzugsweise nur mit der Frühstellkammer (8) verbunden ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine Verriegelungseinrichtung (30) mit einer Verriegelungsfeder (32) und einem Verriegelungselement (31), das gegen eine rückstellende Federkraft der Verriegelungsfeder (32) aus einem Verriegelungseingriff, in der es den Rotor (7) in einer bestimmten Drehwinkelposition relativ zum Stator (3) mechanisch fixiert, durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid in eine Freigabeposition bewegbar ist, in der es die Verstellung der relativen Drehwinkelposition des Rotors (7) zulässt.
6. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verriegelungselement (31) über die Verriegelungsfeder (32) an einem aus Rotor (7) und Stator (3) abgestützt ist und von dem einen aus Rotor (7) und Stator (3) zwischen dem Verriegelungseingriff und der Freigabeposition hin und her beweglich, vorzugsweise axial beweglich geführt wird.
7. Vorrichtung nach einem der zwei vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verriegelungselement (31) mit einem Eingriffsabschnitt (31b) im Verriegelungseingriff in eine Aufnahme (33) eingreift, die in einem aus Stator (3) und Rotor (7) geformt ist, und eine bei bestehendem Verriegelungseingriff außerhalb der Aufnahme (33) in dem anderen aus Stator (3) und Rotor (7) befindliche ringförmige erste Druckfläche (31 c) und eine bei bestehendem Verriegelungseingriff in der Aufnahme (33) befindliche zweite Druckfläche (31d) aufweist, die zum Lösen des Verriegelungseingriffs jeweils mit dem Druckfluid beauschlagbar sind, und die Druckflächen (31 c, 31d) miteinander verbunden sind, vorzugsweise über einen in Bezug auf die Verriegelungseinrichtung (30) inneren Verbindungskanal (38), so dass das Druckfluid zum Lösen des Verriegelungseingriffs zu einer (31 c) der Druckflächen und von dort auch zu der anderen (31d) der Druckflächen gelangt, vorzugsweise über den inneren Verbindungskanal (38).
8. Vorrichtung nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (7) das Verriegelungselement (31) beweglich lagert und einen in Bezug auf die Verriegelungseinrichtung (30) äußeren Verbindungskanal (34) aufweist, der in eine der Stellkammern (8, 9), vorzugsweise in die Spätstellkammer (9) oder in die Frühstellkammer (8), mündet und die Verriegelungseinrichtung (30) zum Lösen des Verriegelungseingriffs mit dieser Stellkammer (8) verbindet.
9. Vorrichtung nach einem der vier vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verriegelungselement (31) in einem Flügel (7a) des Rotors (7) beweglich und in einer Stirnansicht des Rotors (7) gesehen in Umfangsrichtung exzentrisch oder näher bei der Spätstellkammer (9) oder näher bei der Frühstellkammer (8) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach einem der fünf vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verriegelungselement (31) in einem Flügel (7a) des Rotors (7) axial beweglich und einem radialen Ende des Flügels (7a) näher als der Drehachse (R) des Rotors (7) angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der sechs vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine Rücksperreinrichtung (51), die im Zuführzweig (50-53) stromaufwärts von der Druckspeichereinrichtung (40) angeordnet ist und die Zuführung des Druckfluids zu den Stellkammern (8, 9) und der Druckspeichereinrichtung (40) zulässt, ein Rückströmen aber verhindert, wobei zwischen der Druckspeichereinrichtung (40) und den Stellkammern (8, 9) vorzugsweise kein weiteres mit dem Druckfluid zu versorgendes Aggregat angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Phasensteller für eine Montage an einem axialen Ende der Nockenwelle (1) eingerichtet ist und ein im montierten Zustand in Bezug auf die Drehachse (R) der Nockenwelle (1) oder die Anordnung aus Stator (3) und Rotor (7) zentrales Steuerventil (10, 20) mit einem axialen Einlass (P_a , 22) für eine axiale Beaufschlagung eines hin und her beweglichen Ventilkolbens (20) des Steuerventils (10, 20) mit dem Druckfluid aufweist, dass das Druckfluid dem Steuerventil (10, 20) im montierten Zustand vorzugsweise über die Nockenwelle (1) zuführbar ist und dass die Druckspeichereinrichtung (40) einen an den Zuführzweig (50-53) anschließbaren Einlass (2d) für das Druckfluid und einen mit dem Steuerventil (10, 20) verbundenen oder verbindbaren, vorzugsweise an die Nockenwelle (1) anschließbaren Auslass (2e) für die Versorgung des Phasenstellers, vorzugsweise über die Nockenwelle (1) aufweist, wobei der Einlass (2d) für eine Anordnung der Druckspeichereinrichtung (40) in einem Hauptstrom (50-53) zum Steuerventil (10, 20) zusätzlich zum Auslass (2e) vorgesehen ist oder für eine vom Hauptstrom abgezwigte Anordnung der Druckspeichereinrichtung (40) in einem Nebenstrom auch den Auslass bilden kann.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stator (3), und der Rotor (7) und die Druckspeichereinrichtung (40) in einem an der Brennkraftmaschine montierbaren oder bereits montierten Anbaugehäuse (2a, 2b, 2c) angeordnet sind, wobei das Anbaugehäuse (2a, 2b, 2c) vorzugsweise wenigstens eine Kammerwand (44, 2c) der Speicherkammer (41) bildet, und der Phasensteller vorzugsweise ein bezüglich des Stators (3) und des Rotors (7) zentrales Steuerventil (10, 20) mit einem vorzugsweise axial mit dem Druckfluid beaufschlagbaren Ventilkolben (20) aufweist.
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Phasensteller ein bezüglich des Stators (3) und des Rotors (7) zentrales Steuerventil (10, 20) mit einem drehmomentfest mit dem Rotor (7) verbundenen Ventilgehäuse (10) und einem im Ventilgehäuse (10) axial hin und her beweglichen, vorzugsweise axial mit dem Druckfluid beaufschlagbaren Ventilkolben (20) aufweist, dass der Stator (3), der Rotor (7) und das Steuerventil (10, 20) zu einer Montageeinheit zusammengefasst, vorzugsweise in einem an der Brennkraftmaschine montierbaren oder bereits montierten Anbaugehäuse (2a, 2b, 2c) angeordnet sind und dass das Ventilgehäuse (10) an einem axialen Ende der Nockenwelle (1) mit dieser drehmomentfest verbunden ist oder für eine drehmomentfeste Montage in, an oder auf dieser eingerichtet ist.
15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung an der Brennkraftmaschine montiert und mit dem Zuführzweig (50-53) und dem Abführzweig (4') an ein Schmierölsystem der Brennkraftmaschine angeschlossen ist.
16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, in Kombination mit einem der Ansprüche 13 und 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer Montageseite des Anbaugehäuses (2a, 2b, 2c) eine Dichtung (56), die eine Drehachse (R) des Stators (3) und des Rotors (7) umgibt, mittels wenigstens eines Zentrierelements (57), das von einer die Drehachse (R) umgebenden Fügefläche des Anbaugehäuses (2a, 2b, 2c) vorzugsweise vorragt, form- oder reibschlüssig verliersicher gehalten wird.
17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Federeinrichtung mehrere Federglieder aufweist, die gemeinsam die zum Füllen der Speicherkammer (41) zu überwindende, rückstellende Federkraft erzeugen, wobei die Federglieder vorzugsweise in Parallelschaltung angeordnet sind.
18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche und wenigstens einem der folgenden Merkmale:
- (i) die Federeinrichtung (43) weist eine progressive Federkennlinie auf;
 - (ii) die Federkennlinie der Federeinrichtung (43) steigt unterhalb des Heißleerlaufdrucks (P_{HL}) mit einer geringeren Steigung an als nach Überschreiten des Heißleerlaufdrucks (P_{HL}), so dass ein mit dem Druckfluid gefülltes Teilvolumen der Speicherkammer (41) bei einer Erhöhung des Drucks des Druckfluids unterhalb des Heißleerlaufdrucks (P_{HL}) stärker als nach dem Überschreiten des Heißleerlaufdrucks (P_{HL}) wächst;
 - (iii) die Druckspeichereinrichtung (40) ist so ausgelegt, dass die Speicherkammer (41) bei Heißleerlaufdruck (P_{HL}) zu einem überwiegenden Teil ihres maximalen Volumens mit dem Druckfluid befüllt ist;
 - (iv) die Federeinrichtung (43) weist eine lineare Federkennlinie auf;
 - (v) die Federeinrichtung (43) weist eine progressive Federkennlinie auf;
 - (vi) die Federkennlinie der Federeinrichtung (43) steigt unterhalb des Heißleerlaufdrucks mit einer größeren Steigung an als nach Überschreiten des Heißleerlaufdrucks, so dass ein mit dem Druckfluid gefülltes Teilvolumen der Speicherkammer (41) bei einer Erhöhung des

Drucks des Druckfluids nach dem Überschreiten des Heißleerlaufdrucks stärker als unterhalb des Heißleerlaufdrucks wächst;

(vii) die Druckspeichereinrichtung (40) ist so ausgelegt, dass die Speicherkammer erst nach Überschreiten des Heißleerlaufdrucks zu einem überwiegenden Teil ihres maximalen Volumens mit dem Druckfluid befüllt wird.

10

15

20

25

30

35

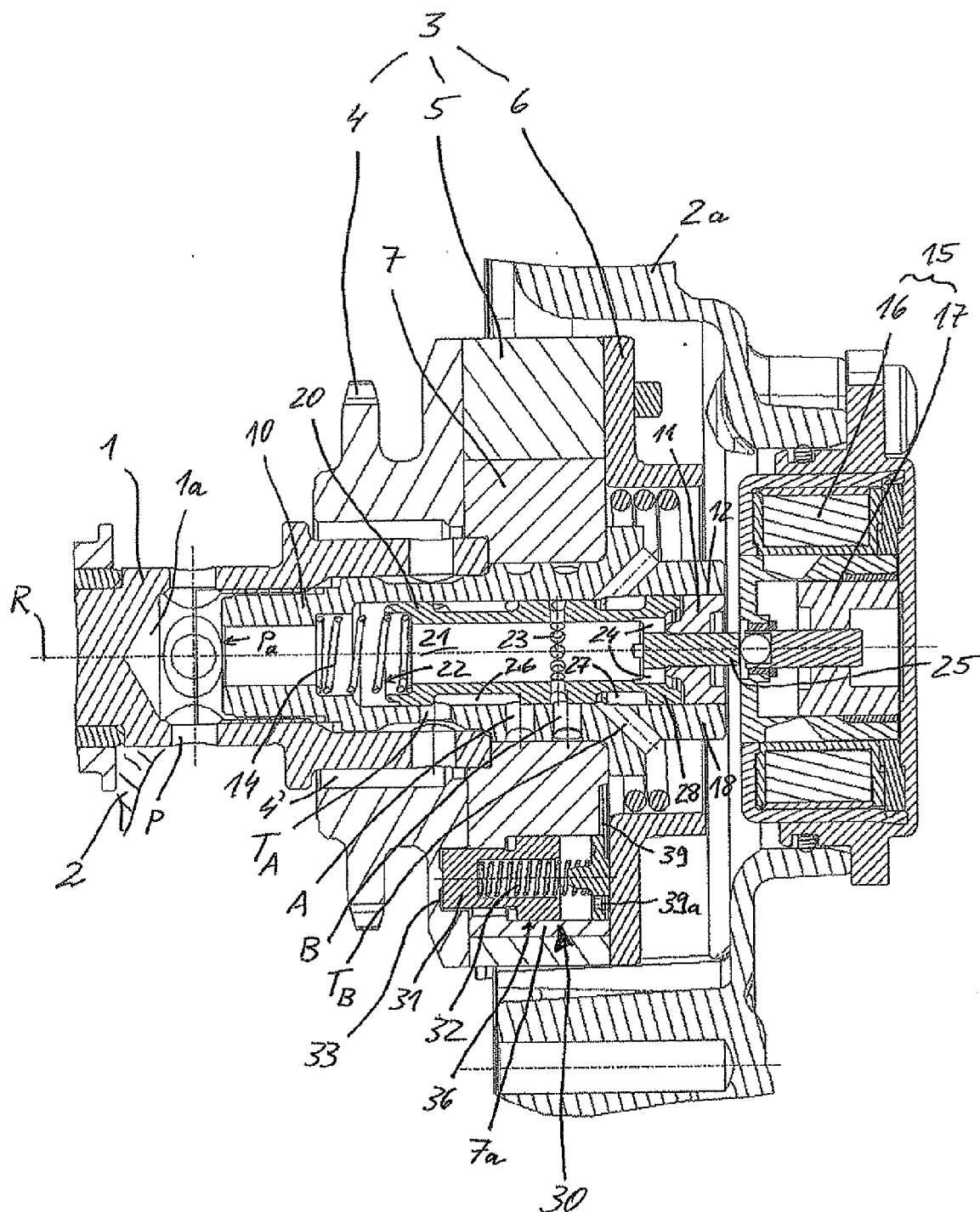
40

45

50

55

Fig. 1



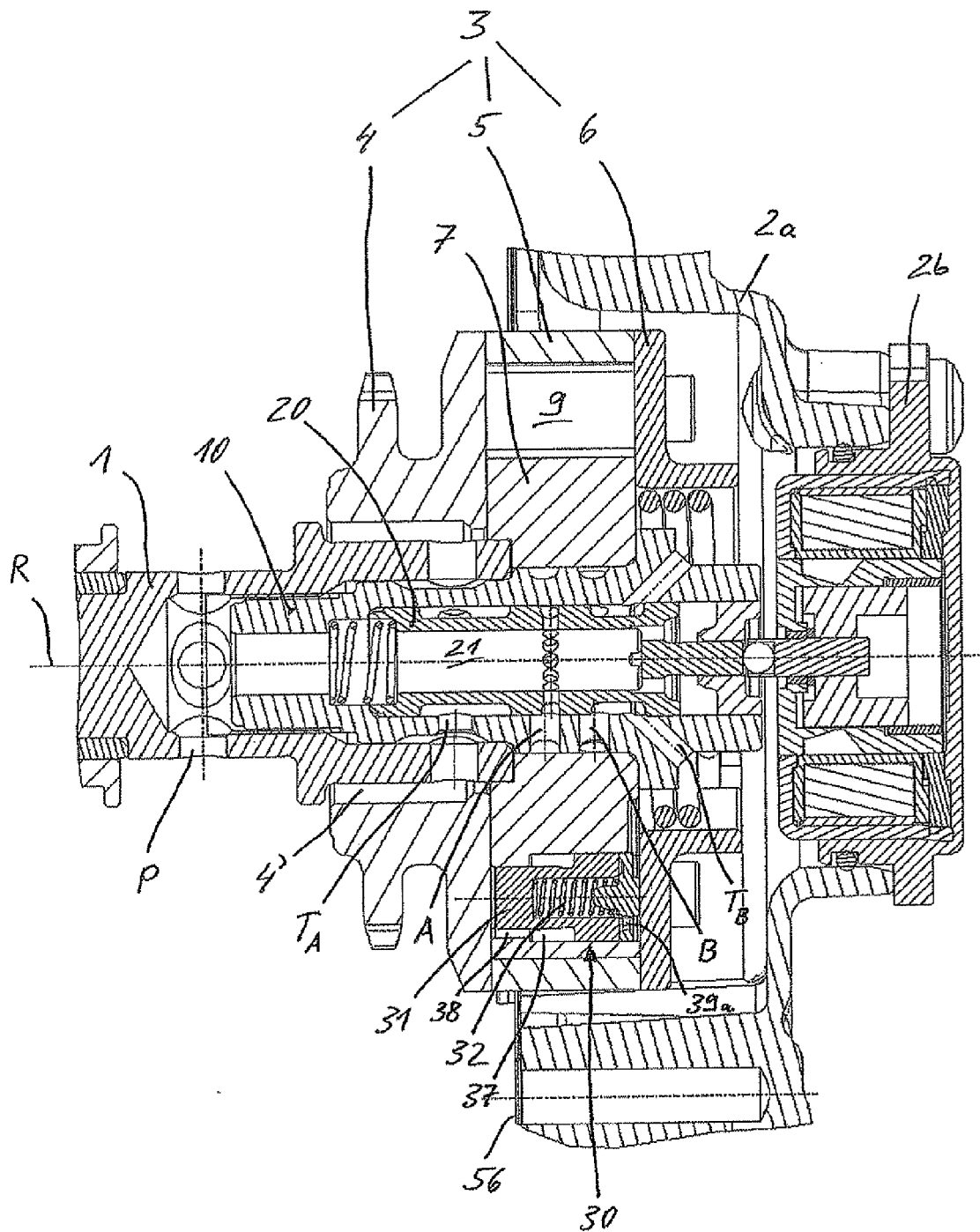
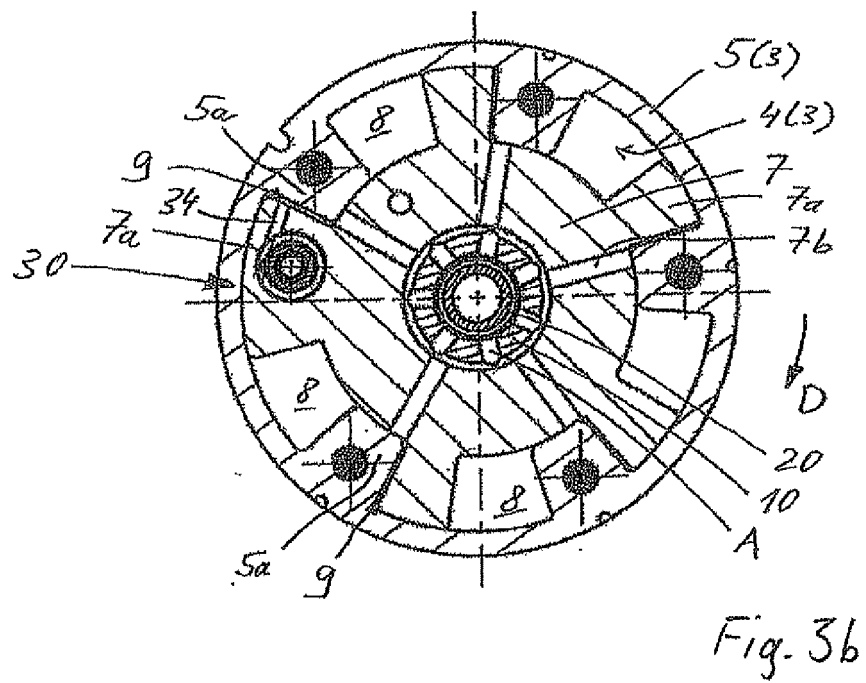


Fig. 2



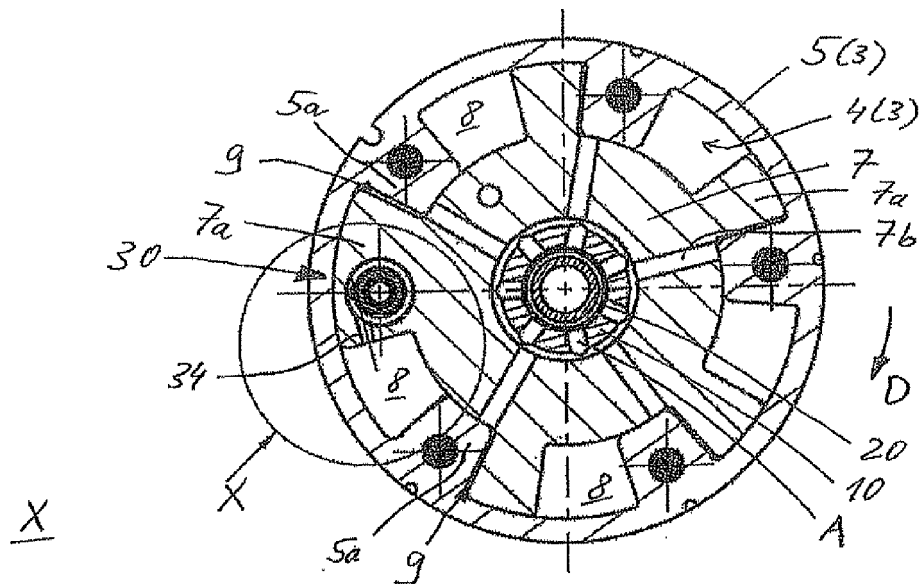


Fig. 3a

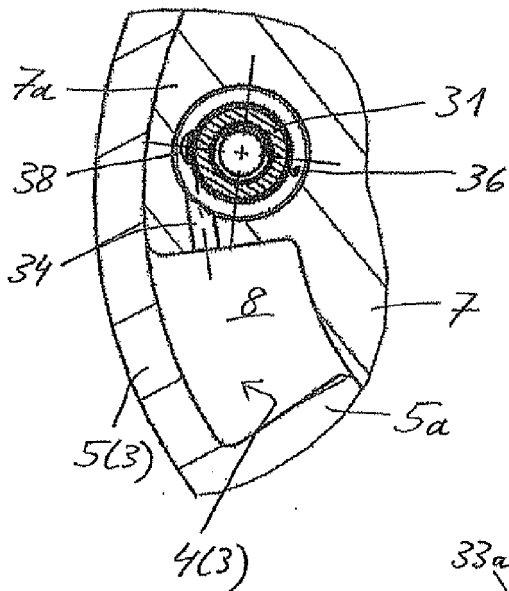


Fig. 4

Fig. 5

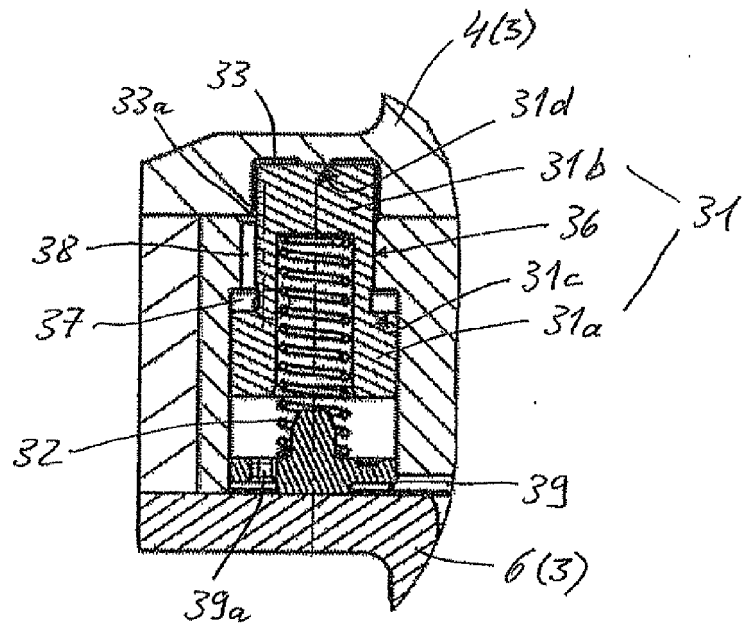
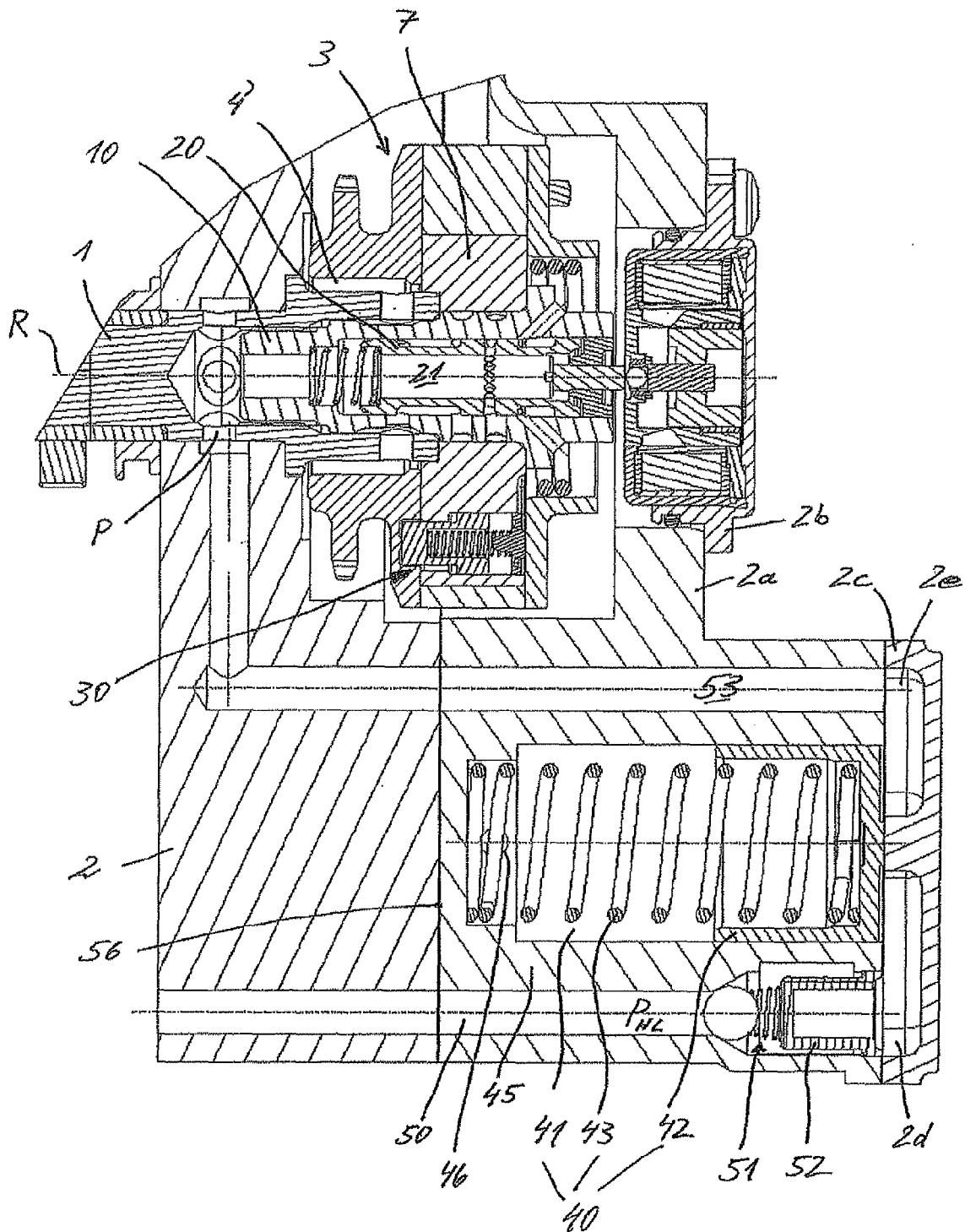
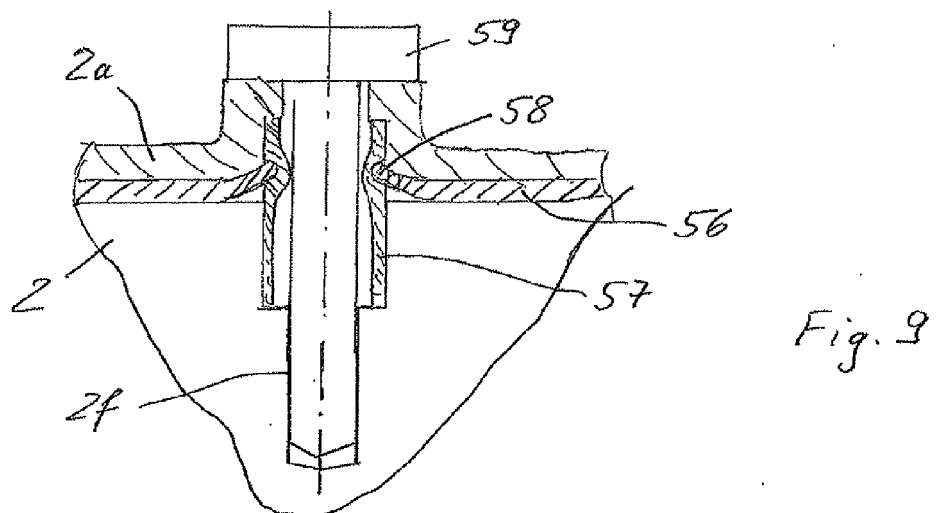
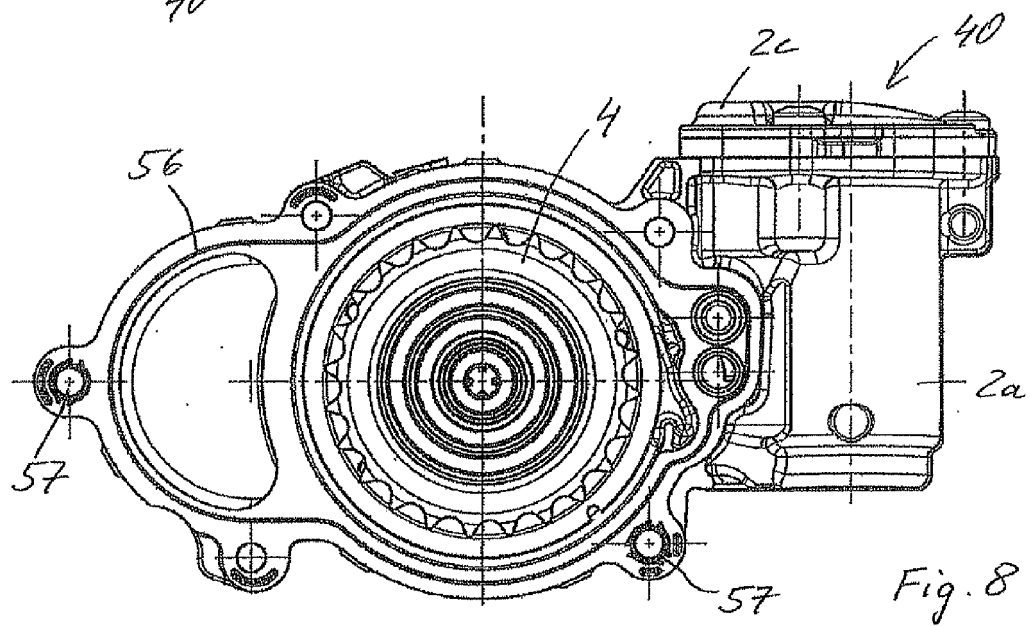
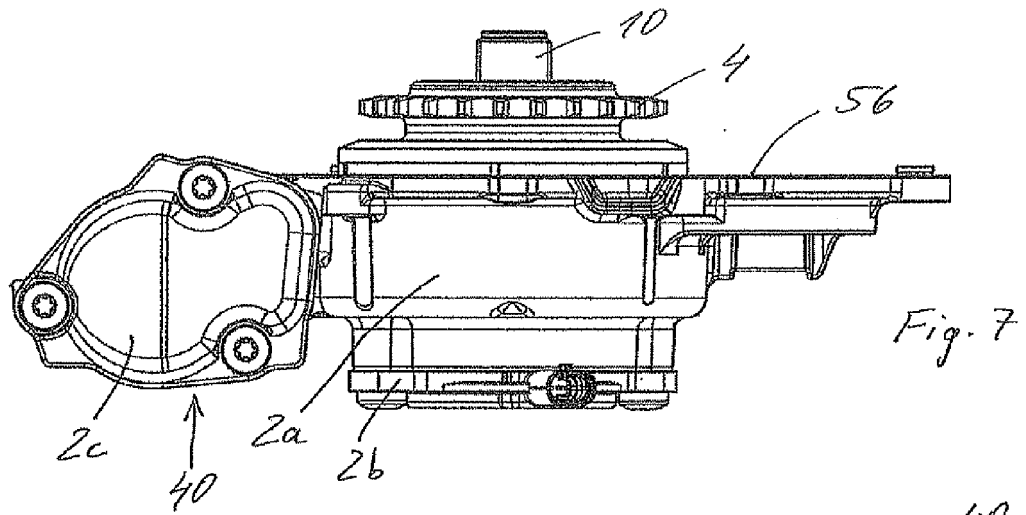


Fig. 6





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 1985813 A2 [0002]
- EP 0931912 B1 [0003]
- WO 2009027178 A1 [0003] [0004] [0014]
- WO 2009089984 A1 [0003] [0004]
- EP 0931912 B2 [0004]