



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.08.2012 Patentblatt 2012/35

(51) Int Cl.:
F01L 1/344^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12156574.1**

(22) Anmeldetag: **22.02.2012**

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

(30) Priorität: **22.02.2011 DE 102011004539**

(71) Anmelder: **Schwäbische Hüttenwerke Automotive
GmbH**
73433 Aalen-Wasseralfingen (DE)

(72) Erfinder: **Bohner, Jürgen**
88339 Bad Waldsee (DE)

(74) Vertreter: **Wess, Wolfgang**
Schwabe Sandmair Marx
Patentanwälte
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)

(54) **Nockenwellen-Phasensteller mit Verriegelungseinrichtung**

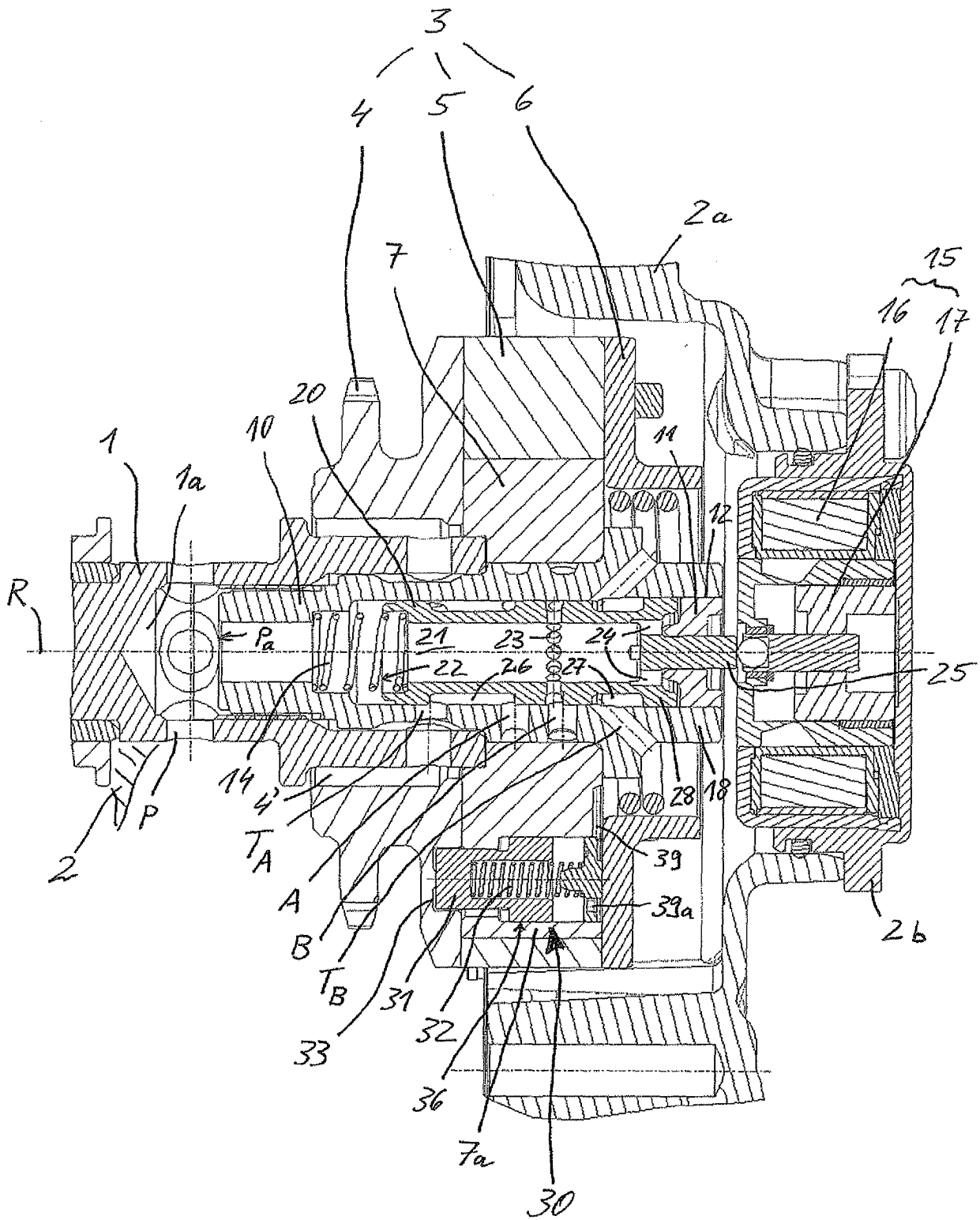
(57) Phasensteller zur Verstellung der Drehwinkelposition einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine, der Phasensteller umfassend:

einen von der Kurbelwelle drehantreibbaren Stator (3) und einen Rotor (7),
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,
einen Verriegelungspin (60; 70; 100), der an einem aus Stator (3) und Rotor (7) in eine Ver- und Entriegelungsrichtung ($\pm L$) in und aus einem Verriegelungseingriff hin und her beweglich abgestützt und durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid gegen Federkraft aus dem Verriegelungseingriff bewegbar ist,
und eine von dem anderen aus Stator (3) und Rotor (7) gebildete Aufnahme (80; 90; 110), in die der Verriegelungspin (60; 70; 100) im Verriegelungseingriff mit einem bis zu einem freien Ende des Verriegelungspins (60; 70; 100) reichenden vorderen Pinabschnitt (61; 71; 101) und einem vom freien Ende entfernten hinteren Pinabschnitt (62; 72; 102) eingreift und dadurch den Rotor (7) gegen ein Verdrehen relativ zum Stator (3) blockiert, wobei der hintere Pinabschnitt (62; 72; 102) eine im Verriegelungseingriff in die Aufnahme (80; 90; 110) eingreifende, bis zu einem Öffnungsrand (83; 93; 113) der Aufnahme (80; 90; 110) gemessene Länge (L_{62} ; L_{72} ; L_{102})

aufweist, die höchstens fünfmal, vorzugsweise höchstens dreimal oder höchstens halb so groß wie die Länge (L_{61} ; L_{71} ; L_{101}) des vorderen Pinabschnitts (61; 71; 101) ist, und die Aufnahme (80; 90; 110) mit jeweils korrespondierender Länge einen im Verriegelungseingriff mit dem vorderen Pinabschnitt (61; 71; 101) überlappenden unteren Aufnahmeabschnitt (81; 91; 111) und einen im Verriegelungseingriff mit dem hinteren Pinabschnitt (62; 72; 102) überlappenden, den Öffnungsrand (83; 93; 113) aufweisenden oberen Aufnahmeabschnitt (82; 92; 112) aufweist.

Entweder weist der vordere Pinabschnitt (61; 101) an einem äußeren Umfang zur Ver- und Entriegelungsrichtung ($\pm L$) eine Neigung (α) auf, die über die gesamte Länge (L_{61} ; L_{101}) des vorderen Pinabschnitts (61; 101) so groß ist, dass der Rotor (7) nur durch den Eingriff des vorderen Pinabschnitts (61; 101) nicht blockierbar ist, und der Eingriff des hinteren Pinabschnitts (62; 102) die Blockierung bewirkt,
oder der obere Aufnahmeabschnitt (92) weist an einem inneren Umfang zur Ver- und Entriegelungsrichtung ($\pm L$) eine Neigung (β) auf, die über die gesamte Länge (L_{72}) des oberen Aufnahmeabschnitts (92) so groß ist, dass der Rotor (7) nur durch Eingriff des vorderen Pinabschnitts (71) in den oberen Aufnahmeabschnitt (92) nicht blockierbar ist, und der Eingriff des vorderen Pinabschnitts (71) in den unteren Aufnahmeabschnitt (91) die Blockierung bewirkt.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Nockenwellen-Phasensteller zur Verstellung der Drehwinkelposition einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine und spezieller eine Verbesserung bezüglich einer Verriegelung und Entriegelung des Phasenstellers.

[0002] Zur Erhöhung von Leistung und Drehmoment, aber auch zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Abgasschadstoffemissionen 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 hydraulischen Phasensteller können beim Stillstand der Brennkraftmaschine leer laufen. Beim Starten der Brennkraftmaschine kann die mit dem Phasensteller zu verstellende Nockenwelle undefinierte Winkelpositionen einnehmen, bis der Phasensteller wieder vollständig befüllt ist. Hierdurch verschlechtern sich das Startverhalten und die Abgasschadstoffemissionen der Brennkraftmaschine. Zudem führt das ungleichförmige Drehmoment der Nockenwelle bei entleertem Phasensteller zu schlagenden Geräuschen. Zur Vermeidung dieser Effekte werden Nockenwellen-Phasensteller mit Verriegelungseinrichtungen versehen, die gewährleisten, dass die Nockenwelle beim Start der Brennkraftmaschine eine definierte Position in Relation zur Kurbelwelle einnimmt. Praktisch wird die Verriegelung durch einen beispielsweise im Rotor integrierten federbelasteten Verriegelungspin realisiert, der in eine Aufnahme des Stators eintaucht, also einriegelt, und gegen die Federkraft einer Verriegelungsfeder durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid des Phasenstellers entriegelt wird. Ein Lösen der Verriegelung und eine dann mögliche Verstellung der Phasenlage der Nockenwelle sind erst möglich, wenn sich ein für die Verstellung der Nockenwelle ausreichender Druck im Druckfluidsystem aufgebaut hat. Insbesondere eine Auslegung der Verriegelungseinrichtung für eine Verriegelung der Nockenwelle in der "früh"-Winkelposition bereitet in der Praxis häufig Schwierigkeiten, da sich bei der Entriegelung das Schleppmoment der Nockenwelle und das Verstellmoment des Verstel-

lers zur Verstellung der Nockenwelle in Richtung "spät" addieren und diese Drehmomente Verkantungskräfte auf den Verriegelungspin verursachen, wodurch die Entriegelung erschwert wird. Bei der Auslegung und Abstimmung der Verriegelungseinrichtung besteht daher ein Zielkonflikt bezüglich einer sicheren Entriegelung bereits bei sehr niedrigen Fluiddrücken und Nockenwellendrehzahlen einerseits und einer sicheren Verriegelung auch unter ungünstigen Randbedingungen wie etwa beim Kaltstart der Brennkraftmaschine bei leergelaufenem Phasensteller andererseits, insbesondere dann, wenn beim Abstellen der Brennkraftmaschine die Verriegelungsposition nicht angefahren wurde.

[0004] Aus der DE 196 23 818 C5 sind verriegelbare Phasensteller bekannt, bei denen sich der Verriegelungspin zu einem freien Ende hin konisch verjüngt. Der Konus des Verriegelungspins ist so gestaltet, dass der Rotor des Phasenstellers im Zusammenwirken des Verriegelungspins mit einer Bohrung in eine Drehwinkelposition gezwungen wird. Beim Entriegeln besteht die Gefahr, dass der Verriegelungspin im Kontakt mit der Bohrung klemmt und ein sicheres Entriegeln bei Erreichen eines Entriegelungsminstdrucks, auf den die Verriegelungseinrichtung ausgelegt ist, nicht gewährleistet ist.

[0005] Bei einem aus der DE 10 2004 028 015 A1 bekannten Phasensteller weist der Verriegelungspin eine Kugel- oder Halbkugelfläche auf, die im Verriegelungseingriff spielfrei in eine konische Aufnahme eingreift, um den Rotor relativ zum Stator zu blockieren. Um Verschleiß automatisch zu kompensieren, dringt die Kugel oder Halbkugel im Verriegelungseingriff nicht ganz bis zur Äquatorlinie in die Aufnahme ein, so dass sie bei am Umfang auftretendem Verschleiß durch Federkraft entsprechend tiefer in die Aufnahme gedrückt werden kann. Ob ein derartiger Verriegelungseingriff bei noch nicht vollständig gefülltem Phasensteller wie etwa in der Startphase der Brennkraftmaschine die Verriegelung gewährleistet, ist fraglich. Aufgrund der Kugelform besteht im Verriegelungseingriff in Eingriffsrichtung gesehen auch nur Punktkontakt, wodurch der zu kompensierende Verschleiß erhöht wird. In Bezug auf den punkttartigen Kontakt das Gleiche gilt für einen aus der DE 10 2005 051 692 A1 bekannten Verriegelungspin, der über seinen gesamten wirksamen Eingriffsbereich eine nach außen gewölbte, beispielsweise paraboloidale Kontur aufweist. Zudem weist diese Wirkkontur zur Ver- und Entriegelungsrichtung des Verriegelungspins eine so geringe Neigung auf, dass auch bei nur geringfügigem Eindringen in die Aufnahme die Gefahr eines ungewollten Blockierens des Rotors besteht.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Nockenwellen-Phasensteller mit einer Verriegelungseinrichtung zu schaffen, die den Phasenstellers in Startphasen einer Brennkraftmaschine sicher verriegelt, aber ein Entriegeln auch bei niedrigen Drücken eines den Phasensteller beaufschlagenden Druckfluids, wie sie etwa im Leerlauf der betriebswarmen Brennkraftmaschine auf-

treten, mit größerer Sicherheit gewährleistet, so dass auch die Gefahr reduziert wird, dass sie im falschen Moment verriegelt, wenn der Rotor des Phasenstellers beispielsweise aus der verriegelbaren Drehwinkelposition verstellt werden soll.

[0007] Die Erfindung geht von einem Nockenwellen-Phasensteller zur Verstellung der Drehwinkelposition einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine aus, der einen von der Kurbelwelle in vorzugsweise fester Drehzahlbeziehung drehantreibbaren Stator und einen vom Stator drehantreibbaren und zum Drehantreiben der Nockenwelle mit dieser koppelbaren Rotor umfasst. 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- oder Zahnriementriebs, oder eines Zahnrads, drehmomentfest verbunden sein, wobei das Antriebsrad vorzugsweise ein fester Bestandteil des Stators ist. Der Rotor ist im montierten Zustand drehmomentübertragend, vorzugsweise drehfest, mit der Nockenwelle verbunden, also für solch eine Montage eingerichtet.

[0008] 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 Phasenstellers 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.

[0009] Das Druckfluid kann in Abhängigkeit von der Drehzahl der Kurbelwelle gefördert werden, 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. Der Phasenstellers ist für die Zuführung des Druckfluids zu den Stellkammern an eine Hochdruckseite eines Druckfluidsystems und für die Abführung des Druckfluids aus den Stellkammern an eine Niederdruckseite des Druckfluidsystems anschließbar.

[0010] 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, das in diesem Fall das Druckfluidsystem bildet.

[0011] Der Phasensteller umfasst eine Verriegelungseinrichtung, die zwischen einem Verriegelungszustand und einem Freigabezustand wechseln kann. Im Verriegelungszustand blockiert sie den Rotor in einer bestimmten Drehwinkelposition relativ zum Stator formschlüssig. Sie ist im Verriegelungszustand mit dem Druckfluid beaufschlagbar, derart, dass sie durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid gegen eine Federkraft in den die Verstellung der Drehwinkelposition des Rotors zulassenden Freigabezustand wechselt, wenn der Druck des Druckfluids einen Entriegelungsmindestdruck erreicht hat.

[0012] Die Verriegelungseinrichtung umfasst einen hin und her beweglichen Verriegelungspin, der gegen eine Federkraft aus einem Verriegelungseingriff und entsprechend mittels der Federkraft in den Verriegelungseingriff beweglich ist. Der Verriegelungseingriff des Pins entspricht dem Verriegelungszustand der Verriegelungseinrichtung. Zur Erzeugung der Federkraft kann eine Verriegelungsfeder, vorzugsweise eine mechanische Feder, vorgesehen sein. Der Verriegelungspin kann insbesondere am Rotor abgestützt sein und vom Rotor in eine Ver- und Entriegelungsrichtung zwischen dem Verriegelungseingriff und einer dem Freigabezustand entsprechenden Freigabeposition hin und her beweglich geführt sein. Der Verriegelungspin kann über die Verriegelungsfeder am Rotor in die Entriegelungsrichtung beweglich abgestützt sein. Grundsätzlich wäre eine Abstützung am Stator und Führung durch den Stator aber stattdessen ebenfalls möglich. Der Verriegelungspin ist in und aus dem Ver- und Entriegelungseingriff in die vorzugsweise über eine Stirnseite des Rotors oder des Stators hinausführende Verriegelungsrichtung beweglich abgestützt, bevorzugt wie gesagt am Rotor, grundsätzlich wäre aber auch eine radiale Beweglichkeit des Verriegelungspins denkbar. Besonders bevorzugt wird eine axiale Beweglichkeit.

[0013] Die Verriegelungseinrichtung umfasst ferner eine Aufnahme für ein Zusammenwirken mit dem Verriegelungspin. Bei Abstützung des Pins am Rotor, ist die Aufnahme drehfest mit dem Stator. Bei Abstützung des Pins am Stator, ist die Aufnahme drehfest mit dem Rotor.

Die Aufnahme weist eine Öffnung auf, durch die der Verriegelungspin bei bestehendem Verriegelungseingriff mit einem Eingriffsbereich in die Aufnahme eingreift. Der Eingriffsbereich umfasst einen bis zum freien Ende des Pins erstreckten vorderen Pinabschnitt und einen vom freien Ende entfernten, zumindest durch den vorderen Pinabschnitt vom freien Ende getrennten hinteren Pinabschnitt, der sich im Verriegelungseingriff vom freien Ende des Pins aus gesehen bis wenigstens auf die Höhe des Rands der Öffnung der Aufnahme erstreckt.

[0014] Die Aufnahme weist Aufnahmeabschnitte auf, die in Ver- und Entriegelungsrichtung mit den Pinabschnitten korrespondierende Längen aufweisen, nämlich einen unteren Aufnahmeabschnitt, der wenigstens so lang wie der vordere Pinabschnitt ist, und einen oberen Aufnahmeabschnitt, der sich vom Rand der Aufnahmeöffnung, dem Öffnungsrand, in Richtung auf den unteren Aufnahmeabschnitt, vorzugsweise bis zum unteren Aufnahmeabschnitt erstreckt und so lang wie der hintere Pinabschnitt ist. Im Verriegelungseingriff überlappen der vordere Pinabschnitt mit dem unteren Aufnahmeabschnitt und der hintere Pinabschnitt mit dem oberen Aufnahmeabschnitt.

[0015] Nach der Erfindung wirkt im Verriegelungseingriff von Verriegelungspin und Aufnahme entweder der hintere Pinabschnitt mit dem oberen Aufnahmeabschnitt oder der vordere Pinabschnitt mit dem unteren Aufnahmeabschnitt blockierend zusammen. Der Verriegelungspin wird mit anderen Worten in der zweiten Alternative mit seinem vorderen Pinabschnitt im unteren Aufnahmeabschnitt blockiert, aber nicht im hinteren Pinabschnitt. In der bevorzugten ersten Alternative wird die Blockierung im Zusammenwirken des hinteren Pinabschnitts und oberen Aufnahmeabschnitts erzielt, während vom vorderen Pinabschnitt keine Blockierung ausgeht. In der ersten Alternative weist der vordere Pinabschnitt an seinem äußeren Umfang zur Ver- und Entriegelungsrichtung eine Neigung auf, die über die gesamte Länge des vorderen Pinabschnitts so groß ist, dass der Rotor nur durch den Eingriff des vorderen Pinabschnitts nicht blockierbar ist, also der Eingriff des hinteren Pinabschnitts die Blockierung bewirkt. In der zweiten Alternative weist stattdessen der obere Aufnahmeabschnitt an einem inneren Umfang zur Ver- und Entriegelungsrichtung eine Neigung auf, die über die gesamte Länge des oberen Aufnahmeabschnitts so groß ist, dass der Rotor nur durch Eingriff des vorderen Pinabschnitts in den oberen Aufnahmeabschnitt nicht blockiert werden kann, jedoch der Eingriff des vorderen Pinabschnitts in den unteren Aufnahmeabschnitt die Blockierung bewirkt. Da Leckagen mit zunehmendem Querschnitt der Öffnung der Aufnahme schwieriger zu verhindern sind, wird einer Verjüngung des Verriegelungspins im vorderen Pinabschnitt gegenüber einer Aufweitung der Aufnahme zur Aufnahmeöffnung hin der Vorzug gegeben.

[0016] Der vordere Pinabschnitt ist in Ver- und Entriegelungsrichtung wenigstens 0.2 mal, vorzugsweise wenigstens halb so lang wie der hintere Pinabschnitt. An-

dererseits ist der hintere Pinabschnitt zweckmäßigerweise wenigstens halb so lang wie der vordere Pinabschnitt. Vorzugsweise ist das Verhältnis der Länge des vorderen Pinabschnitts zur Länge des hinteren Pinabschnitts gleich 1 ± 0.5 . Der vordere Pinabschnitt kann sogar länger als der hintere Pinabschnitt sein. Vorzugsweise ist jedoch der hintere Pinabschnitt länger als der vordere. Zweckmäßigerweise ist zumindest derjenige Pinabschnitt, der im Verriegelungseingriff im Zusammenwirken mit dem zugeordneten Aufnahmeabschnitt die Blockierung bewirkt, wenigstens 0.5 mm, bevorzugt wenigstens 1 mm lang. Im Verriegelungseingriff sollte zwischen denjenigen Abschnitten, die blockierend zusammenwirken, in Ver- und Entriegelungsrichtung Linienkontakt bestehen. Bevorzugt besteht ein flächiger Blockierkontakt.

[0017] Die vorstehend für das Längenverhältnis genannte untere Grenze, dass nämlich der hintere Pinabschnitt bis zu etwa fünfmal so lang wie der vordere Pinabschnitt sein kann, gilt insbesondere für Ausführungen, in denen sich sowohl der vordere Pinabschnitt ausgeprägt verjüngt als auch der obere Aufnahmeabschnitt vom Öffnungsrand der Aufnahme ausgeprägt verjüngt bzw., anders ausgedrückt, sich zum Öffnungsrand hin mit einer großen Neigung aufweitet. Die für das Längenverhältnis von vorderem Pinabschnitt zu hinterem Pinabschnitt genannte untere Grenze gilt insbesondere auch oder stattdessen für Ausführungen, in denen der hintere Pinabschnitt und hierzu vorzugsweise korrespondierend der obere Aufnahmeabschnitt nicht zylindrisch ist oder sind, sondern sich ebenfalls in Richtung zum vorderen Pinabschnitt bzw. unteren Aufnahmeabschnitt verjüngt, vorzugsweise sich jeweils verjüngen und in derartigen Ausbildungen bevorzugt kongruent. Der Verriegelungspin weist in derartigen Ausführungen vorzugsweise den sich ausgeprägt verjüngenden vorderen Pinabschnitt und den sich weniger stark verjüngenden, vorzugsweise mit einer geringen Neigung von höchstens 20° sich verjüngenden hinteren Pinabschnitt auf. Vorzugsweise verjüngt sich der hintere Pinabschnitt in derartigen Ausführungen über seine gesamte, im Verriegelungszustand in die Aufnahme ragende Länge. Die Aufnahme verjüngt sich in derartigen Ausführungen vorzugsweise vom Öffnungsrand bis zum unteren Aufnahmeabschnitt oder bis in ihren Grund in einem sich an den unteren Aufnahmeabschnitt anschließenden unteren Teilabschnitt des oberen Aufnahmeabschnitts, gegebenenfalls auch im unteren Aufnahmeabschnitt, mit einer geringen Neigung, die zweckmäßigerweise gleich oder geringer als 20° , bevorzugt gleich oder geringer als 10° ist. Ein oberer Teilabschnitt des oberen Aufnahmeabschnitts, der sich bis zum Öffnungsrand erstreckt, kann die bereits genannte ausgeprägte Neigung von vorzugsweise mehr als 30° aufweisen. Der hintere Pinabschnitt oder der obere Aufnahmeabschnitt bzw. der untere Teilabschnitt des oberen Aufnahmeabschnitts ist oder sind in derartigen Ausführungen mit solch einer Neigung versehen, die im Verriegelungseingriff eine Blockierung des

Verriegelungspins sicherstellt.

[0018] Die genannte Neigung, entweder des vorderen Pinabschnitts oder des oberen Aufnahmeabschnitts oder des oberen Teilabschnitts des oberen Aufnahmeabschnitts, ist größer als 30° , um eine Selbsthemmung von Pin und Aufnahme zu vermeiden. Vorzugsweise ist die gegen die Ver- und Entriegelungsrichtung gemessene Neigung wenigstens 45° . Die Neigung beträgt vorzugsweise weniger als 80° und noch bevorzugter höchstens 75° . Die Neigung kann insbesondere $60^\circ \pm 10^\circ$ betragen. Falls der vordere Pinabschnitt sich in Richtung auf das freie Ende des Verriegelungspins verjüngt, kann der vordere Pinabschnitt zumindest in einem Umfangswirkbereich, in dem der vordere Pinabschnitt den Öffnungsrand der Aufnahme kontaktieren kann, konisch, also mit konstanter Neigung, oder mit variabler Neigung und in solchen Ausführungen vorzugsweise von außen gesehen konkav verjüngt sein. Besonders bevorzugt ist der vordere Pinabschnitt kegelstumpfförmig. In Ausführungen, in denen sich der obere Aufnahmeabschnitt in Richtung auf den unteren Aufnahmeabschnitt verjüngt bzw. sich in Richtung auf den Rand der Aufnahmeöffnung aufweitet, gilt sinngemäß das gleiche.

[0019] Falls im Verriegelungseingriff wie bevorzugt der hintere Pinabschnitt mit dem oberen Aufnahmeabschnitt in dem Blockierkontakt ist, kann der hintere Pinabschnitt über wenigstens einen Teil seiner Länge, vorzugsweise über seine gesamte Länge, wenigstens in einem Umfangswirkbereich, mit dem er im Verriegelungseingriff im Blockierkontakt ist, zylindrisch sein oder eine Neigung von weniger als 20° , vorzugsweise weniger als 10° aufweisen. Sinngemäß das gleiche gilt in der alternativen Ausführung für den vorderen Pinabschnitt, falls nämlich der vordere Pinabschnitt im Verriegelungseingriff mit dem unteren Aufnahmeabschnitt im Blockierkontakt ist.

[0020] Der Verriegelungspin ist in bevorzugten einfachen Ausführungen um eine in die Ver- und Entriegelungsrichtung weisende Längsachse rotationssymmetrisch. Die Aufnahme ist in bevorzugten einfachen Ausführungen in Bezug auf eine in Ver- und Entriegelungsrichtung weisende Längsachse rotationssymmetrisch. Rotationssymmetrie ist insbesondere mit Blick auf die Fertigungskosten, aber auch in Bezug auf die Abdichtproblematik günstig.

[0021] In bevorzugten Ausführungen ist der hintere Pinabschnitt zylindrisch oder mit einer Neigung von weniger als 20° , vorzugsweise weniger als 10° konisch und der vordere Pinabschnitt konisch mit einer gegen die Ver- und Entriegelungsrichtung gemessenen Neigung von vorzugsweise $60^\circ \pm 10^\circ$.

[0022] Der Verriegelungspin ist am vorderen Ende vorzugsweise abgeflacht. Er kann am vorderen Ende aber stattdessen auch ballig, nach außen gewölbt sein. In bevorzugten Ausführungen ist der vordere Pinabschnitt kegelstumpfförmig, so dass am vorderen Ende des Verriegelungspins eine plane, zur Ver- und Entriegelungsrichtung orthogonale Stirnfläche erhalten wird.

[0023] Im unteren Aufnahmeabschnitt ist an der dem

Verriegelungspin im Verriegelungseingriff gegenüberliegenden Stirnfläche in einem zentralen Flächenbereich vorzugsweise eine lokale, flache Erhebung gebildet, gegen die der Verriegelungspin im Verriegelungseingriff zur Anlage gelangt, um den Verriegelungspin im Verriegelungseingriff von der besagten Stirnfläche der Aufnahme freizuhalten und einen raschen Druckaufbau zum Entriegeln zu fördern. Verjüngt sich der vordere Pinabschnitt bis zum freien Ende des Verriegelungspins wird eine Freistellung für einen raschen Druckaufbau aber auch bereits von Hause aus erhalten.

[0024] Der Rotor wird im Verriegelungseingriff des Verriegelungspins relativ zum Stator vorzugsweise in einer Frühstellung fixiert. Die Verriegelungseinrichtung könnte durch entsprechende Anordnung von Verriegelungspin und Aufnahme 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. 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.

[0025] Andererseits kann es von Vorteil sein, wenn die Verriegelungseinrichtung zum Lösen des Verriegelungseingriffs direkt mit der Spätstellkammer oder indirekt mit dieser über eine Zuführung oder Abführung zu oder von der Spätstellkammer, vorzugsweise nur mit der Spätstellkammer direkt oder indirekt verbunden ist. Hierdurch kann bei Verriegelung in der Frühstellung besonders sicher gewährleistet werden, dass sich der Verriegelungspin beim Abstellen der Brennkraftmaschine in den Verriegelungseingriff bewegt, da der Einfahrbewegung in die Aufnahme kein etwa noch vorhandener Restdruck aus der Frühstellkammer entgegenwirken kann. Bei Verriegelung in der Frühstellung kann dies insbesondere in

Ausführungen mit Druckspeicher von Vorteil sein und auch in Ausführungen, in denen stromaufwärts solch eines Druckspeichers oder, ungeachtet der Frage, ob ein Druckspeicher vorgesehen ist, stromaufwärts von einem Steuerventil des Phasenstellers oder gegebenenfalls im Steuerventil des Phasenstellers eine Rücksperreinrichtung vorgesehen ist.

[0026] Der Verriegelungspin weist vorzugsweise wenigstens eine Druckfläche auf, an der er mit dem Druckfluid beaufschlagbar ist, um den Verriegelungspin aus dem Verriegelungseingriff in die Freigabeposition zu bewegen und die Verriegelungseinrichtung dadurch in die Freigabezustand zu überführen. Der Verriegelungspin kann als ein einfacher Kolben mit nur einer einzigen Druckfläche für die Beaufschlagung mit dem Druckfluid gebildet sein. In bevorzugten ersten Ausführungen ist der Verriegelungspin als Stufenkolben ausgeführt und weist den Eingriffsbereich und einen Führungsabschnitt auf. Der Verriegelungspin weist eine erste Druckfläche in einem Übergangsbereich zwischen dem Eingriffsbereich und dem Führungsabschnitt auf. Eine zweite Druckfläche ist am Eingriffsbereich 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 Verriegelungspin 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 Zuführung kann stattdessen auch verzweigen und von der Verzweigungsstelle zu jeder der Druckflächen geführt werden. Eine kombinierte Beaufschlagung findet in derartigen Ausführungen mit fluidisch verbundenen Druckflächen nicht statt. Die Verriegelungseinrichtung ist nur entweder mit der Spätstellkammer oder 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 den Verriegelungspin bis zum Erreichen des Entriegelungsmindestdrucks im Verriegelungseingriff. Die Druckflächen werden vorzugsweise über einen bezüglich der Verriegelungseinrichtung inneren Verbindungskanal miteinander verbunden, so dass der Strömungswiderstand innerhalb der Verbindung ge-

ring ist. Der Verbindungskanal ist vorzugsweise ein geometrisch gesehen innerer Kanal des Rotors.

[0027] In vorteilhaften Ausführungen, in denen der Rotor den Verriegelungspin beweglich lagert, weist dieser einen in Bezug auf die Verriegelungseinrichtung äußeren Verbindungskanal auf, der in eine der

[0028] Stellkammern, vorzugsweise die Frühstellkammer, 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 einzigen Druckfläche oder der alternativ mehreren Druckflächen des Verriegelungspins.

[0029] Der Verriegelungspin 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 Verriegelungspins an einer Seite begrenzt wird, bis zur Mündung an der Seitenfläche des Rotorflügels direkt in die Entriegelungsstellkammer, vorzugsweise die Frühstellkammer, geführt sein, bevorzugt als nur gerader Kanal ohne Richtungsänderung. Die Mündung des äußeren Verbindungskanals weist von beiden Stirnseite des Rotors vorzugsweise jeweils einen Abstand auf, so dass die Mündung vollständig in der Rotorflügelfläche liegt.

[0030] Ist der Verriegelungspin nicht als Stufenkolben, sondern als einfacher Kolben mit einfach zylindrischer Führung gebildet, kann mit Vorteil in Ausführungen, in denen der Verriegelungspin im Rotor beweglich geführt wird, im Führungsbereich, d.h. am Führungsumfangsbereich des Verriegelungspins oder am Führungsumfangsbereich des Rotors, der innere Verbindungskanal vorgesehen sein. Bevorzugt wird auch für derartige Ausführungen, dass der externe Verbindungskanal unmittelbar die Entriegelungsstellkammer mit dem internen Verbindungskanal verbindet, indem der externe Verbindungskanal des Rotors sowohl unmittelbar in die Entriegelungsstellkammer als auch unmittelbar in den internen Verbindungskanal mündet, wobei im Mündungsbereich ein Verteilerraum gebildet sein kann, beispielsweise eine umlaufende Vertiefung an einer der beiden genannten Führungsumfangsflächen.

[0031] Bei Anordnung des Verriegelungspins in einem Rotorflügel ist es von Vorteil, wenn der Verriegelungspin 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 der Verriegelungspin zumindest mit seinem Zentrum nicht auf der Radialen angeordnet, sondern in Umfangsrichtung dane-

ben. Vorzugsweise ist der Verriegelungspin in der Stirnansicht gesehen in Umfangsrichtung näher bei der Entriegelungsstellkammer als bei der zur anderen Seite des Rotorflügels befindlichen Stellkammer angeordnet. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Verriegelungseinrichtung zum Lösen des Verriegelungseingriffs unmittelbar mit der Entriegelungsstellkammer verbunden ist. An der Stirnseite des Rotorflügels wird in Umfangsrichtung ein vorteilhaft langer Dichtsteg zwischen der Führung für den Verriegelungspin und der gegenüberliegenden Stellkammer erhalten.

[0032] Ein Merkmal, dass mit der in Umfangsrichtung exzentrischen Anordnung vorteilhafterweise gemeinsam, grundsätzlich aber auch stattdessen verwirklicht sein kann, ist eine Anordnung des Verriegelungspins 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.

[0033] Zur Anordnung des Verriegelungspins im Rotorflügel ist noch zu bemerken, dass in den bevorzugten mehrflügligen Ausführungen des Rotors derjenige Flügel, in dem der Verriegelungspin beweglich angeordnet ist, in Umfangsrichtung gemessen vorzugsweise breiter ist als der wenigstens eine andere oder die mehreren anderen Flügel des Rotors. Dies schafft Bauraum 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.

[0034] In einer Weiterbildung ist in der Fluidzuführung zum Phasensteller eine Druckspeichereinrichtung angeordnet, 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 wenigstens ei-

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

[0035] 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.

[0036] 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 ohne Verzug 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.

[0037] 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 gleichen 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

[0038] Die Druckspeichereinrichtung kann insbesondere so ausgelegt sein, dass sich die Speicherkammer gegen die Federkraft der Federeinrichtung bereits bei einem Füllbeginnndruck zu füllen beginnt, der höchstens so groß wie ein Heißeerlaufdruck im Zuführzweig der Druckfluidversorgung ist. Die Druckspeichereinrichtung ist in bevorzugten Ausführungen so ausgelegt, dass sich die Speicherkammer bei Überschreiten des Heißeerlaufdrucks gegen die Federkraft weiter füllt. In bevorzugten Ausführungen liegt der Füllbeginnndruck unter dem Heißeerlaufdruck, so dass der Füllvorgang bereits unterhalb des Heißeerlaufdrucks beginnt und die Speicherkammer bei im Zuführzweig herrschendem Heißeerlaufdruck 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 bereits dann vollständig gefüllt, wenn der Zuführzweig unter Heißeerlaufdruck steht, könnte bei einer Erhöhung der Drehzahl der Kurbelwelle eine an die erhöhte Drehzahl angepasste Verstellgeschwindigkeit durch den Phasenstellers nicht erzielt werden, da die Speicherkammer Druckfluid nur mit Heißeerlaufdruck nachlieferte. Eine derartige Auslegung soll andererseits aber auch nicht ausgeschlossen werden. Bei bevorzugter Auslegung hingegen liefert die Druckspeichereinrichtung in solch einem Bedarfsfall das Druckfluid mit einem über dem Heißeerlaufdruck 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 Phasenstellers angeordnet, kann sie sich sogar im Heißeerlauf der Brennkraftmaschine dann teilweise aufladen, wenn ihr Füllbeginnndruck dem Heißeerlaufdruck 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.

[0039] 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 Leer-

laufdrehzahl 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 Kurbelwellendrehzahl 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.

[0040] Der Heißeerlaufdruck 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 Heißeerlaufdruck vorzugsweise unmittelbar stromauf von einer Absperrstelle der Rücksperreinrichtung gemessen, sonst vorteilhafterweise stromauf vom Speicher und möglichst nahe bei diesem. Unter Heißeerlaufdruck 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 fördernden 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.

[0041] In bevorzugten Ausführungen ist die Verriegelungseinrichtung so ausgelegt, dass der Entriegelungsmindestdruck höchstens so groß wie der Heißeerlaufdruck oder der Füllbeginnndruck 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 Heißleerlaufdruck, vorzugsweise kleiner als der Heißleerlaufdruck, und in einer zweiten Variante höchstens so groß wie der Füllbeginnndruck, vorzugsweise kleiner als der Füllbeginnndruck, 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 Heißleerlaufdruck ist.

[0042] Umfasst der Phasensteller die Druckspeichereinrichtung, ist diese vorzugsweise mit der Verriegelungseinrichtung verbunden, so dass im Falle von Druckschwankungen eine frühzeitige Entriegelung des Phasenstellers mittels der Druckspeichereinrichtung sicher gewährleistet werden kann. Ist der Entriegelungsmindestdruck kleiner als der Füllbeginnndruck, 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 Verriegelungseingriff 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 Heißleerlaufdrehzahl, in Kombination.

[0043] In der Praxis können der Entriegelungsmindestdruck beispielsweise 0,4-0,8 bar, der Füllbeginnndruck 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 Heißleerlaufdruck liegt entsprechend zwischen dem Füllbeginnndruck und dem für die vollständige Befüllung der Speicherkammer erforderlichen Mindestfülldruck. Wie bereits zum Heißleerlaufdruck 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.

[0044] Die Druckspeichereinrichtung ist in bevorzugten Ausführungen in einem Anbaugehäuse angeordnet, das an einem Maschinengehäuse der Brennkraftmaschine, beispielsweise einem Hauptgehäuse oder einem Zylinderkopfgehäuse des Maschinengehäuses montiert werden kann. Auf diese Weise kann die Druckspeichereinrichtung durch Montage des Anbaugehäuses als Einheit an der Brennkraftmaschine montiert werden. Falls der Phasensteller und die Druckspeichereinrichtung mittels einer Rücksperreinrichtung vom restlichen Druckfluidsystem getrennt sind, nämlich in Bezug auf ein Zurückströmen durch den Zuführzweig, kann auch die Rücksperreinrichtung vorteilhafterweise im Anbaugehäuse angeordnet sein. Ungeachtet der Anordnung der Druckspeichereinrichtung und der Rücksperreinrichtung in einem gemeinsamen Anbaugehäuse oder separat voneinander, 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 die Fluidzuführung 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.

[0045] 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 mit-

tels 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 gemeinsam für die Druckspeichereinrichtung und die Rücksperreinrichtung, optional auch dem Phasensteller, 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.

[0046] 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. 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 Brühstellung bzw. Voreilung auf den Rotor wirkt. Umgekehrt liegen die Verhältnisse, wenn die Spätstellkammer mit dem Druckfluid beaufschlagt und die Frühstellkammer entlastet wird.

[0047] Wird der Phasensteller wie bevorzugt mit dem Schmieröl für die Brennkraftmaschine betrieben, kann das Schmieröl von der Nockenwelle zum Phasenstellers und der optionalen 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 Druckspeicherein-

richtung 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 zuströmt.

[0048] 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.

[0049] Vorteilhafte Merkmale werden auch in den Unteransprüchen und deren Kombinationen offenbart.

[0050] Die vorliegende Anmeldung ist auf die Verriegelung des Phasenstellers gerichtet. 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 vor, auf eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen (a) bis (d), optional auch noch den Merkmalen (e) und (f), eine eigene Anmeldung zu richten, die beispielsweise die Verbindung der Verriegelungseinrichtung mit der Entriegelungsstellkammer, nämlich entweder der Frühstellkammer, und dann vorzugsweise nur mit der Frühstellkammer, oder der Spätstellkammer, und dann vorzugsweise nur mit der Spätstellkammer, betrifft. Noch ein eigenständiger Gegenstand, der nicht unumgänglich mit den Merkmalen (e) bis (h) des Anspruchs 1 verbunden sein muss, ist die Ausbildung des Verriegelungspins als Stufenkolben und Beaufschlagung der sich hieraus ergebenden mehreren Druckflächen, wenigstens zwei Druckflächen, mit dem gleichen Druckfluid, bevorzugt dem Druckfluid aus der Entriegelungsstellkammer oder dem für die Entriegelungsstellkammer(n) bestimmten Druckfluid. Noch einen weiteren, eigenständigen Gegenstand bildet die in Bezug auf die Umfangsrichtung exzentrische Anordnung des Verriegelungspins in einem

Rotorflügel Auch dieser Erfindungsgedanke kann grundsätzlich ohne die Anspruchsmerkmale (e) bis (h) verwirklicht werden. Allerdings ist vorzugsweise auch in solchen Ausführungen jeweils eine Druckspeichereinrichtung vorgesehen, die in Bezug auf die Druckniveaus wie Füllbeginndruck, Heißleerlaufdruck, Mindestfülldruck der vollständigen Befüllung und Entriegelungsmindestdruck mit Vorteil wie unter wenigstens einem der vorstehend erläuterten Aspekte ausgebildet sein kann. So sind folgende Merkmalskombinationen ebenfalls von Vorteil:

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

- (a) einen 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),
- (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, 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,
- (d) und einen Zuführzweig (50-53) für die Zuführung und einen Abführzweig (4') für die Abführung des Druckfluids zu und aus den Stellkammern (8, 9).

B. Vorrichtung nach Absatz A, die ferner 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, umfasst.

C. Vorrichtung nach Absatz B, dadurch gekennzeichnet, dass die Speicherkammer (41) sich gegen die Federkraft bei einem Füllbeginndruck (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.

D. Vorrichtung nach Absatz C, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Speicherkammer (41) bei Überschreiten des Heißleerlaufdrucks (P_{HL}) gegen die Federkraft weiter füllt.

E. Vorrichtung nach einem der Absätze A bis D, 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 Füllbeginndruck (P_{FB}) ist.

F. Vorrichtung nach einem der Absätze A bis E in Kombination mit B, 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.

G. Vorrichtung nach einem der Absätze A bis F, 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 Frühstellkammer (8), vorzugsweise nur mit der Frühstellkammer (8), oder der Spätstellkammer (9), vorzugsweise nur mit der Spätstellkammer (9), verbunden ist.

H. Vorrichtung nach einem der Absätze A bis G, umfassend eine Verriegelungseinrichtung (30) mit einer Verriegelungsfeder (32) und einem Verriegelungspin (31; 60; 70), 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.

I. Vorrichtung nach Absatz H, dadurch gekennzeichnet, dass der Verriegelungspin (31; 70; 80) 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.

J. Vorrichtung nach Absatz H oder I, dadurch gekennzeichnet, dass der Verriegelungspin (31; 60; 70; 100) mit einem Eingriffsbereich (31b; 61, 62; 71, 72; 101, 102) im Verriegelungseingriff in eine Aufnahme (33; 80; 90; 110) eingreift, die in einem aus Stator (3) und Rotor (7) geformt ist, und eine bei bestehendem Verriegelungseingriff außerhalb der Aufnahme in dem anderen aus Stator (3) und Rotor (7) befindliche ringförmige erste Druckfläche (31c; 63; 103) und eine bei bestehendem Verriegelungseingriff in der Aufnahme befindliche zweite Druckfläche (31d; 64; 104) aufweist, die zum Lösen des Verriegelungseingriffs jeweils mit dem Druckfluid beaufschlagbar sind, und die Druckflächen 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 der Druckflächen und von dort auch zu der anderen der Druckflächen gelangt, vorzugsweise über den inneren Verbindungskanal (38).

K. Vorrichtung nach einem der Absätze H bis J, dadurch gekennzeichnet, dass der Verriegelungspin (31; 60; 70; 100) mit einem Eingriffsbereich (31b; 61, 62; 71, 72; 101, 102) im Verriegelungseingriff in einer Aufnahme (33; 80; 90; 110) eingreift, die im Stator (3) geformt ist, und im Rotor (7) ein Verbindungskanal (34) von entweder der Frühstellkammer (8) oder der Spätstellkammer (9) zu einer Umfangsführungsfläche des Verriegelungspins (31; 60; 70; 100) und längs der Umfangsführungsfläche des Verriegelungspins ein weiterer Verbindungskanal (38) zur Aufnahme (33; 80; 90; 110) führt, um Druckfluid aus entweder der Frühstellkammer (8) oder der Spätstellkammer (9) in die Aufnahme zu führen und eine Druckfläche (31d; 64; 74; 104) des Verriegelungspins (31, 60; 70; 100) zum Entriegeln mit dem Druckfluid beaufschlagen zu können.

L. Vorrichtung nach einem der Absätze H bis K, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (7) den Verriegelungspin (31; 60; 70) beweglich lagert und einen in Bezug auf die Verriegelungseinrichtung (30) äußeren Verbindungskanal (34) aufweist, der in eine der Stellkammern (8, 9), vorzugsweise in die Frühstellkammer (8), mündet und die Verriegelungseinrichtung (30) zum Lösen des Verriegelungseingriffs mit dieser Stellkammer (8) verbindet.

M. Vorrichtung nach einem der Absätze H bis L, dadurch gekennzeichnet, dass der Verriegelungspin (31; 60; 70) in einem Flügel (7a) des Rotors (7) beweglich und in einer Stirnansicht des Rotors (7) gesehen in Umfangsrichtung exzentrisch angeordnet ist.

N. Vorrichtung nach einem der Absätze H bis M, dadurch gekennzeichnet, dass der Verriegelungspin (31; 60; 70) 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.

O. Vorrichtung nach einem der Absätze H bis N in Kombination mit Absatz B, ferner 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.

P. Vorrichtung nach einem der Absätze A bis O, 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.

Q. Vorrichtung nach Absatz P in Kombination mit Absatz B, dadurch gekennzeichnet, 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.

R. Vorrichtung nach einem der Absätze A bis Q in Kombination mit Anspruch N, dadurch gekennzeichnet,

net, dass die Druckspeichereinrichtung (40) und die Rücksperreinrichtung (51) in einem an der Brennkraftmaschine montierbaren oder bereits montierten Anbaugehäuse (2a, 2b, 2c) angeordnet sind.

S. Vorrichtung nach Absatz R, dadurch gekennzeichnet, dass an einer Montage- seite des Anbauge- häuses (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) vor- zugsweise vorragt, form- oder reibschlüssig verli- cher gehalten wird.

T. Vorrichtung nach einem der Absätze A bis S, da- durch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung an der Brennkraftmaschine montiert und mit dem Zuführ- zweig (50-53) und dem Abführzweig (4') an ein Schmierölsystem der Brennkraftmaschine ange- schlossen ist.

[0051] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren erläutert. An den Ausführungsbeispielen offenbar werdende Merkmale bilden je- weils einzeln und in jeder Merkmalskombination die Ge- genstände der Ansprüche und auch die vorstehend be- schriebenen Ausgestaltungen vorteilhaft weiter. Es zei- gen:

- Figur 1 einen Nockenwellen-Phasensteller in einem verriegelten Zustand,
- Figur 2 den Nockenwellen-Phasenstellers in einem entriegelten Zustand,
- Figur 3 den Phasensteller in einem Querschnitt,
- Figur 4 eine Verriegelungseinrichtung des Phasen- stellers im Querschnittsdetail X der Figur 3,
- 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 Nockenwel- len-Phasensteller gemeinsam mit der Druck- speichereinrichtung angeordnet ist,
- Figur 8 das Anbaugehäuse mit an einer Montage- seite angeordneter Dichtung,
- Figur 9 ein Detail der Dichtung,
- Figur 10 die Verriegelungseinrichtung für Vergleichs- zwecke,
- Figur 11 eine verbesserte Verriegelungseinrichtung eines ersten erfindungsgemäßen Beispiels,
- Figur 12 eine verbesserte Verriegelungseinrichtung eines zweiten erfindungsgemäßen Bei- spiels,
- Figur 13 eine verbesserte Verriegelungseinrichtung eines dritten erfindungsgemäßen Beispiels und
- Figur 14 ein vergrößertes Detail der Figur 13.

[0052] Figur 1 zeigt einen Nockenwellen-Phasenstel- ler in einem Längsschnitt. Der Nockenwellen-Phasen- steller 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, beispiele- weise eines Antriebsmotors eines Kraftfahrzeugs. Die Nockenwelle 1 ist um eine Drehachse R drehbar in einem Maschinengehäuse 2 der Brennkraftmaschine, bei- spielsweise in einem Zylinderkopfgehäuse, gelagert.

[0053] Der Nockenwellen-Phasensteller umfasst ei- nen 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 Flü- gelrad 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 ur- geformt 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 Dek- kelbereichs kann der Deckel 6 Bestandteil des Rotors 7 sein. Der Stator 3 und der Rotor 7 bilden einen hydrau- lischen Schwenkmotor.

[0054] Figur 3 zeigt die Stator-Rotor-Anordnung 3, 7 in einem Querschnitt. Das Flügelrad 5 bildet eine Außen- komponente 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 Flü- gel 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 ei- nen 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 Stell- kammern 9 entlastet, dreht der Rotor 7 relativ zum Stator 3 in Figur 3 im Uhrzeigersinn bis maximal in die in Figur 3 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.

[0055] Im Ausführungsbeispiel sind die Stellkammern 8 Frühstellkammern und die Stellkammern 9 Spätstell- kammern. In Figur 3 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.

[0056] Der Nockenwellen-Phasensteller weist ein in Bezug auf die Stator-Rotor-Anordnung 3, 7 zentral angeordnetes Steuerventil mit einem Ventilgehäuse 10 und einem in dem 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 einem 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.

[0057] 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 dem mit der Nockenwelle 1 im Betrieb drehenden 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 oder zusätzlich 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.

[0058] 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.

[0059] Der Ventilkolben 20 ist in einem zentralen axialen 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 den 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.

[0060] 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 zu-

geordneten 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.

[0061] 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 abzweigenden 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.

[0062] 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 3 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.

[0063] 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.

[0064] 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, die in einem Ventilkolbenboden geformt sind, gebildet wird. 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 (Figur 2). Die Kompensationsfläche ist eine äußere Ringfläche der Projektionsfläche F_{28} . Bevorzugterweise ist die zusätzliche, der Stirnverschlusswand 11 axial zugewandte Projektionsfläche, die Kompensati-

onsfläche der Aufweitung 28, genau so groß, wie die Querschnittsfläche F_{25} , mit der das Kupplungsorgan 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 Axial Schub nicht entstehen kann. Die Projektionsflächen, die bei Durchströmung des Ventilkolbens 20 jeweils eine Axialkraft erzeugen, sind in beide axiale Richtungen gleich groß.

[0065] 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 weiteren axialen Verlauf konstanten engeren Querschnitt. Die Verjüngung 13 ist innerhalb der Vertiefung 27, axial beispielhaft im Bereich des Reservoiranschlusses T_B gebildet.

[0066] Der Phasensteller umfasst eine Verriegelungseinrichtung 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. 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.

[0067] Die Verriegelungseinrichtung 30 umfasst einen relativ zum Stator 3 und Rotor 7 axial hin und her beweglichen Verriegelungspin 31 und eine Verriegelungsfeder 32, die mit ihrer Federkraft den Verriegelungspin 31 in eine axiale Richtung in den Verriegelungseingriff spannt. Der Verriegelungspin 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 er 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 der Verriegelungspin 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 Verriegelungspin 31 der Aufnahme 33 axial gegenüberliegend kein das Entriegeln verhindernder Gegendruck aufbauen kann.

[0068] 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.

[0069] Aus den Figuren 3 bis 5 sind Details der Verriegelungseinrichtung 30 erkennbar. Der Verriegelungspin 31 bildet einen Stufenkolben mit einem Führungsabschnitt 31a, der stets im Rotorflügel 7a geführt ist, und einem demgegenüber schlankeren Eingriffsbereich 31b, der in dem in Figur 5 dargestellten Verriegelungseingriff in die Aufnahme 33 des Stators 3 eingreift. Der Verriegelungspin 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 Eingriffsbereich 31b des Verriegelungspins 31 eng umfasst, so dass der Verriegelungspin 31 nicht nur in seinem breiteren Abschnitt 31a, sondern auch im Eingriffsbereich 31b geführt ist.

[0070] 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 Verriegelungspin 31 ab. Im Stützelement 35 ist ein Entlüftungsdurchgang 39a geformt, der den Raum zwischen

Stützelement 35 und Verriegelungspin 31 mit der weiterführenden Ableitung 39 verbindet, die an die Niederdruckseite des Druckfluidsystems angeschlossen ist, so dass sich kein die Entriegelung maßgeblich behindernder 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 der Verriegelungspin 31 vorzugsweise auch im Eingriffsbereich 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.

[0071] Die Verriegelungseinrichtung 30 ist 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 der Verriegelungspin 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 der Verriegelungspin 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 Eingriffsbereich 31b des Verriegelungspins 31 wirkt.

[0072] Der innere Verbindungskanal 38 ist, wie in den Figuren 3 und 4 zu erkennen ist, vorteilhafterweise nutförmig in der Führung 36 in einem in Bezug auf die Dreh-

achse 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.

[0073] Von Vorteil ist eine in Bezug auf die Umfangsrichtung exzentrische Anordnung der Verriegelungseinrichtung 30 im Rotorflügel 7a. Die Verriegelungseinrichtung 30 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. 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, insbesondere an der Seite des Stators 3, an der die Aufnahme 33 angeordnet ist. Der Rotorflügel 7a, der den Verriegelungspin 31 aufnimmt, ist in Umfangsrichtung gemessen breiter als die anderen Rotorflügel 7a. Dies schafft Bauraum für die Verriegelungseinrichtung 30 und in Verbindung mit der in Umfangsrichtung exzentrischen Anordnung einen nochmals zur Spätstellkammer 9 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 Figur 3 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.

[0074] Figur 3 lässt 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 Figur 3 handelt es sich um die Fluidverbindungen 7b zu den Arbeitsanschlüssen A für die Spätstellkammern 9. Die vom Steuerventil 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.

[0075] 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.

[0076] 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 Druckfluidsystem 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 Gegendruck füllen kann. Der Abführkanal 46 verbindet den Raum an der Rückseite der beweglichen Wandstruktur 42 mit der Niederdruckseite des Druckfluidversorgungssystems.

[0077] 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. Der Zuführkanal 53 erstreckt sich wie bevorzugt, aber nur beispielhaft längs

der Speicherkammer 41, im Beispiel parallel zur Bewegungsrichtung des Kolbens 42, und bis zum Deckel 2c, wo er in den Auslass 2c mündet. 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.

[0078] Anstatt den Einlass 2d oder den Auslass 2e an der der Speicherkammer 41 zugewandten Seite des Deckels 2c zu bilden, gegebenenfalls auch zusätzlich, kann ein Einlass, der den Zuführkanal 50 mit der Speicherkammer 41 verbindet, oder ein Auslass, der die Speicherkammer 41 mit dem zum Steuerventil führenden Zuführkanal 53 verbindet, an der dem Deckel 2c zugewandten Stirnseite des Anbaugesäßes 2a geformt sein, beispielsweise als eine oder jeweils eine nuttförmige Ausnehmung an der dem Deckel 2c zugewandten Stirnseite der die Speicherkammer 41 umgebenden Wandung. Es ist lediglich dafür zu sorgen, dass zwischen dem Kolben 42 und dem Deckel 2c ein gewisser Raum verbleibt, der über den derart alternativ gebildeten Einlass oder Auslass mit dem Zuführkanal 50 oder dem Zuführkanal 53 verbunden ist. Diese Lösung bietet Kostenvorteile bei der Herstellung, da der Deckel 2c in derartigen Ausführungen an seiner der Speicherkammer 41 zugewandten Stirnseite einfach plan geformt sein kann.

[0079] 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.

[0080] 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 Feder- einrichtung 43 hinsichtlich ihrer Federsteifigkeit Begren- zungen unterliegt. Derartigen Begrenzungen kann durch eine Serien- oder Parallelschaltung mehrerer Federglie- der entgegengewirkt werden, beispielsweise eines Feder- glieds geringer Federsteifigkeit und eines demgegen- über steiferen Federglieds, wobei sich im unteren Dreh- zahlbereich in erster Linie das weichere Federglied und bei höherer Drehzahl das steifere Federglied erst in einem relevanten Ausmaß oder überhaupt erst spannen würde.

[0081] Die Verriegelungseinrichtung 30 ist durch entsprechende Auslegung der Druckflächen 31c und 31d des Verriegelungspins 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 Heißeerlaufdruck P_{HL} , vorzugsweise kleiner als dieser ist. Noch bevorzugter ist der Entriegelungsmindest- druck 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 Ver- stellbarkeit des Rotors bei entsprechend kleiner Dreh- zahl. Solch einer feinfühligten Entriegelung kommt ent- gegen, wenn die Verriegelungseinrichtung 30 mit dem in der Frühstellkammer 8 (Figur 3) herrschenden Druck ent- riegelt wird, wobei die Beaufschlagung beider Druckflä- chen 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.

[0082] Zu den für die Abstimmung maßgeblichen Drücken sei noch nachgetragen, dass der Heißeerlauf- druck P_{HL} insbesondere nahe bei der Rücksperreinrich- tung 51, insbesondere stromauf von dieser, gemessen werden kann. Der Füllbeginndruck P_{FB} und der Mindest- fülldruck für eine vollständige Befüllung, falls eine voll- ständige 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 Rücksper- reinrichtung 51. Schließlich kann auch der Entriege- lungsmindestdruck P_E dort gemessen werden. Der Ver- riegelungseingriff 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 kon- stant ist, also nicht gerade von der Druckspeichereinrich- tung 40 zu kompensierende Druckschwankungen statt- finden. Die Brennkraftmaschine sollte daher während der Messung in einem stationären Betriebszustand betrie- ben werden. Unvermeidbare höherfrequente Druck- schwankungen, wie sie durch Förderpulsationen der Druckfluidpumpe und Leitungsschwingungen im Druck- fluidsystem auch im stationären Betriebszustand auftre- ten, sind hiermit nicht gemeint. Diese höherfrequenten Druckschwankungen ergeben einen für die Vergleichs- zwecke jeweils repräsentativen Druckmittelwert und be- einflussen die Stellgeschwindigkeit des Phasenstellers für die praktischen Belange nicht nennenswert.

[0083] Figur 7 zeigt das Anbaugehäuse mit dem An- baugehäuseteil 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 Anbauge- häuses 2a, 2b, 2c vorsteht. Das Anbaugehäuse, beispiel- haft das Anbaugehäuseteil 2a, beinhaltet auch gleich die Druckspeichereinrichtung 40, fasst also den Phasenstel- ler und die Druckspeichereinrichtung 40 zu einer Monta- geeinheit zusammen. Diese Montageeinheit wird am Ma- schinengehäuse der Brennkraftmaschine, beispielswei- se an einem Zylinderkopfgehäuse, montiert, bei abge- nommenem Deckel 2b, der nach der Montage am Ge- häuseteil 2a angebracht wird. Die Rücksperreinrichtung 51 ist vorteilhafterweise ebenfalls im Anbaugehäuse 2a, 2b, 2c angeordnet.

[0084] Figur 8 zeigt das Anbaugehäuse 2a, 2b, 2c in einer Stirnansicht auf die Montageseite. An der Monta- geseite ist eine Dichtung 56 angeordnet, die im montier- ten Zustand für die Abdichtung zwischen dem Maschi- nengehäuse und dem Anbaugehäuse 2a, 2b sorgt. An der Montageseite ragen Zentriereelemente 57 über die Dichtung 56, bezogen auf den montierten Zustand in Richtung auf das Maschinengehäuse vor und im mon- tierten Zustand in angepasste Zentriergegenstrukturen des Maschinengehäuses hinein. Die Zentriereelemente 57 sind beispielhaft stiftförmig und können im Querschnitt hohl und in solchen Ausführungen als Zentrierhülsen ge- bildet sein. Die Zentriereelemente 57 dienen nicht nur der Zentrierung und dadurch Erleichterung der Montage, sondern halten auch die Dichtung 56 an der Montage- seite des Anbaugehäuses 2a, 2b in einer für die Montage unmittelbar geeigneten Lage, indem die Dichtung 56 mit wenigstens einem der Zentriereelemente 57, vorzugswei- se mit mehreren oder allen Zentriereelementen 57, in ei- nem Halteeingriff, beispielhaft in einem Hintergriff ist. Im

Halteeingriff ist die Dichtung verliersicher mit dem Anbaugehäuse verbunden.

[0085] 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.

[0086] Figur 10 zeigt die Verriegelungseinrichtung 30 nochmals im Längsschnitt. Der Verriegelungspin 31 befindet sich im Verriegelungseingriff und ist mit maximaler Eingriffslänge L_{31} in die Aufnahme 33 eingefahren. Aufgrund des zylindrischen oder gegebenenfalls auch mit sehr spitzem Winkel von beispielsweise 2° oder 3° konischen Umfangs wirkt der Verriegelungspin 31 über seine gesamte maximale Eingriffslänge L_{31} im Umfangsbereich blockierend mit der Aufnahme 33 zusammen.

[0087] Figur 11 zeigt eine verbesserte Verriegelungseinrichtung 30 eines ersten modifizierten Ausführungsbeispiels im Längsschnitt. Diese Verriegelungseinrichtung 30 unterscheidet sich von der Verriegelungseinrichtung 30 der Figuren 1 bis 10 lediglich in Bezug auf den Verriegelungspin, der deshalb mit dem Bezugszeichen 60 versehen ist. Die Aufnahme ist zwar auch mit einem anderen Bezugszeichen, dem Bezugszeichen 80, versehen, entspricht jedoch der Aufnahme 33 der Figuren 1 bis 10. Der Verriegelungspin 60 ist in Verriegelungsrichtung L, die mit einer zentralen Längsachse des Verriegelungspins 60 zusammenfällt, in die Aufnahme 80 mit maximaler Eingriffslänge L_{60} eingefahren und liegt in Verriegelungsrichtung L auf Anschlag. Der Anschlag wird beispielhaft von einer am Boden der Aufnahme 80 abragenden flachen Erhebung gebildet. Im Unterschied zum Verriegelungspin 31 verjüngt sich der Verriegelungspin 60 jedoch in seinem über die maximale Eingriffslänge L_{60} erstreckten Eingriffsbereich prägnant. Der Verriegelungspin 60 weist in seinem Eingriffsbereich einen vorderen Pinabschnitt 61 und einen hinteren Pinabschnitt 62 auf. Der vordere Pinabschnitt erstreckt sich in

Verriegelungsrichtung L bis zum vorderen freien Ende des Verriegelungspins 60. Der hintere Pinabschnitt 62 ist im Verriegelungseingriff ebenfalls in die Aufnahme 80 eingetaucht und überlappt mit dem Öffnungsrand 83 der Aufnahme 80. Er erstreckt sich im Verriegelungseingriff ein Stück weit in Richtung auf das freie Ende des Verriegelungspins 60. Wie bevorzugt, aber nur beispielhaft, besteht der Eingriffsbereich des Verriegelungspins 60 aus den beiden Pinabschnitten 61 und 62, die sich zusammen über die maximale Eingriffslänge L_{60} erstrecken. Der vordere Pinabschnitt 61 weist eine in Verriegelungsrichtung L gemessene Länge L_{61} und der hintere Pinabschnitt 62 weist eine Länge L_{62} auf, deren Summe der maximalen L_{60} entspricht. Die Aufnahme 80 weist einen im Verriegelungseingriff mit dem vorderen Pinabschnitt 61 überlappenden unteren Aufnahmeabschnitt 81 ebenfalls der Länge L_{61} und einen bis zum Rand 83 der Aufnahmeöffnung erstreckten oberen Aufnahmeabschnitt 82 mit einer der Länge L_{62} entsprechenden Länge. Im Verriegelungseingriff überlappen somit der vordere Pinabschnitt 61 mit dem unteren Aufnahmeabschnitt 81 und der hintere Pinabschnitt 62 mit dem oberen Aufnahmeabschnitt 82.

[0088] Der vordere Pinabschnitt 61 weist über seine gesamte Länge L_{61} am äußeren Umfang eine Neigung α zur Verriegelungsrichtung L auf, die so groß ist, dass der Verriegelungspin 60, sollte er im Bereich des vorderen Pinabschnitts 61 gegen den Öffnungsrand 83 drücken, nicht klemmen und eine Selbsthemmung von Pin 60 und Aufnahme 80 nicht stattfinden kann, sondern der Verriegelungspin 60 bei vom Rotor 7 ausgeübter Querkraft gegen die Federkraft in Richtung auf die Freigabeposition gedrückt wird. Durch Eintauchen nur mit dem vorderen Pinabschnitt 61 kann der Rotor 7 daher relativ zum Stator 3 nicht blockiert werden. In einen die relative Drehbewegung blockierenden Blockierkontakt kann erst der hintere Pinabschnitt 62 gelangen, der hierfür zylindrisch oder leicht konisch mit einem sehr geringen Konuswinkel von beispielsweise 3° oder 4° zum freien Ende des Verriegelungspins 60 hin verjüngt sein kann. Ein Blockierkontakt des vorderen Pinabschnitts 61 wird durch die große Neigung α verhindert, die vorzugsweise wenigstens 45° beträgt. Die Neigung α ist vorzugsweise maximal 80° . Besonders günstig sind Neigungen um 60° , nämlich aus dem Bereich von $60^\circ \pm 10^\circ$. Die Angaben zur Neigung gelten jeweils für die gesamte Länge L_{61} des vorderen Pinabschnitts 61. Die Neigung α kann variabel sein, bevorzugt ist die Neigung α jedoch über die Länge L_{61} konstant und der Pinabschnitt 61 am äußeren Umfang entsprechend konisch. Im Ausführungsbeispiel ist der vordere Pinabschnitt 61 ein Kegelstumpf, indem das vordere Ende des Verriegelungspins 60 als plane Stirnfläche gebildet ist.

[0089] Durch die ausgeprägte Verjüngung des deshalb nicht blockierenden vorderen Pinabschnitts 61 wird das Umsteuerverhalten des Phasenstellers aus der verriegelbaren Drehwinkelstellung, beispielhaft die Frühstellung, in Richtung auf die andere Winkelstellung, im

Beispiel die Spätstellung, erleichtert. Nimmt der Rotor 7 die Frühstellung ein, werden die Frühstellkammern 8 mit Druck beaufschlagt. Der Verriegelungspin 60 nimmt in diesem Zustand die Freigabeposition ein, ausreichenden Fluiddruck vorausgesetzt. Soll der Rotor 7 nun in Richtung auf die Spätstellung verstellt werden, können beim Umsteuern zwei Bewegungen gleichzeitig stattfinden: wegen des Druckabbaus in den Frühstellkammern 8 und des Druckaufbaus in den Spätstellkammern beginnt der Rotor 7 relativ zum Stator 3 in Richtung auf die Spätstellung zu drehen. Sind die Frühstellkammern 8 im Druck entlastet, beginnt der Verriegelungspin 60 getrieben durch die Federkraft auszufahren, und es besteht die Möglichkeit, dass er in die Aufnahme 80 eintaucht. In Abhängigkeit davon, welche der beiden Bewegungen die schnellere ist, findet demnach eine Verriegelung oder eine Verstellung des Rotors 7 statt. Wegen der signifikant großen Länge L_{61} und der großen Neigung α kann der Verriegelungspin 60 zwar anfänglich leicht in die Aufnahme 80 eintauchen. Solange der Verriegelungspin 60 jedoch nur mit seinem vorderen Pinabschnitt 61 eingetaucht ist, kann der Verriegelungspin 60 im Zusammenwirken von vorderem Pinabschnitt 61 und Öffnungsrand 83 durch die vom Rotor 7 ausgeübte Querkraft gegen die Verriegelungsrichtung 2 wieder zurück in Richtung auf die Freigabeposition gedrängt werden. Da auch das System aus Verriegelungspin 60 und Verriegelungsfeder 32 einer gewissen Massenträgheit unterliegt, genügt die für das Ausfahren um die Länge L_{61} erforderliche Zeit, um ein Verklemmen von Verriegelungspin 60 und Aufnahme 80 sicherer als bei herkömmlichen Verriegelungspins zu verhindern. Der Druck, bei dem der Rotor 7 noch sicher relativ zum Stator 3 verstellt werden kann, wird verringert. Es wird eine zuverlässigere Umsteuerung in der mit dem Druckraum verbundenen Stellkammer bei niedrigem Druck gewährleistet. Der gleiche Vorteil ergibt sich auch beim Start der Brennkraftmaschine. Durch den sich dabei erst aufbauenden Fluiddruck muss der Verriegelungspin 60 nur um die Länge L_{62} des hinteren Pinabschnitts 62 gegen die Federkraft zurückgedrängt werden. Die Gefahr eines Verkantens aufgrund von Querkraften wird verringert.

[0090] Von Vorteil ist insbesondere auch der abrupte Übergang im Grenzbereich der Pinabschnitte 61 und 62. Trägt man die Neigung α über der Ver- und Entriegelungsrichtung bzw. -achse L auf, so macht die Neigung im Grenzbereich einen Sprung, nämlich von der Neigung 0° oder einer kleinen Neigung von wenigen Winkelgrad am äußeren Umfang des hinteren Pinabschnitts 62 auf die vergleichsweise große Neigung α am äußeren Umfang des vorderen Pinabschnitts 61. Aufgrund des Neigungssprungs können der stark geneigte Umfangswirkbereich und der bei entsprechender Eintauchtiefe mit dem oberen Aufnahmeabschnitt 82 blockierend zusammenwirkende Umfangswirkbereich des hinteren Pinabschnitts 62 bezogen auf die maximale Eingriffslänge L_{60} des Eingriffsbereichs des Verriegelungspins 60 jeweils in maximaler Länge ausgeführt werden. Dies ist günstig

im Sinne einer Verhinderung eines ungewollten Einriegelns beim Umsteuern des Rotors und einer sicheren Verriegelung in Betriebsphasen mit noch nicht gefülltem Phasensteller. Der Neigungssprung findet vorteilhafterweise innerhalb einer sehr kleinen Länge von vorzugsweise weniger als 10 % und bevorzugter noch von weniger als 5 % der maximalen Eingriffslänge L_{60} bzw. über einen entsprechend kleinen Radius statt. Die Fertigung kann jedoch auch so eingerichtet sein, dass der Neigungssprung so abrupt wie fertigungstechnisch möglich stattfindet. Im Vergleich zu bekannten Verriegelungspins, die beispielsweise kugelförmige oder paraboloiden Eingriffsbereiche aufweisen, wird durch die vergleichsweise scharfe geometrische Trennung in die beiden funktional unterschiedlichen Pinabschnitte 61 und 62 wie vorstehend erläutert das Entriegeln beim Umsteuern des Rotors 7 bereits bei niedrigen Drücken möglich, gleichzeitig wird aber auch durch das Zusammenwirken des hinteren Pinabschnitts 62 mit dem oberen Aufnahmeabschnitt 83 ein sicheres Blockieren bei noch nicht mit dem Druckfluid gefülltem Phasensteller, wie insbesondere in Startphasen der Brennkraftmaschine, gewährleistet. Wegen der Verringerung des für das Entriegeln erforderlichen Entriegelungsmindestdrucks kann auch in Heißeerlaufphasen der Brennkraftmaschine die Entriegelung sicherer als bei den bekannten Verriegelungseinrichtungen gewährleistet werden. Die Verfügbarkeit des Phasenstellers für Verstelloperationen der Nockenwelle wird erhöht.

[0091] Vom vorderen Pinabschnitt 61 abgesehen entspricht der Verriegelungspin 60 dem Verriegelungspin 31, so dass auf die diesbezüglichen Ausführungen verwiesen werden kann. Lediglich zur formalen Unterscheidung ist für die erste Druckfläche das Bezugszeichen 63 eingetragen. Die zweite Druckfläche 64 wird durch die geneigte Umfangsfläche des vorderen Pinabschnitts 61 gebildet, für die Druckbeaufschlagung zum Entriegeln gelten die Ausführungen im Zusammenhang mit dem Verriegelungspin 31 jedoch in gleicher Weise.

[0092] Die Längen L_{61} und L_{62} betragen vorzugsweise jeweils wenigstens 0,5 mm, bevorzugter jeweils wenigstens 1 mm. Das Verhältnis der Länge L_{61} des nicht blockierend wirkenden Pinabschnitts 61 zur Länge L_{62} des blockierend wirkenden Pinabschnitts 62 ist in zweckmäßigen Ausführungen aus dem Bereich von 1 ± 0.5 gewählt.

[0093] Figur 12 zeigt eine anders modifizierte Verriegelungseinrichtung 30, eines zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels, bei dem ein Verriegelungspin 70 verwendet wird, der dem Verriegelungspin 31 der Figuren 1 bis 10 entspricht. Allerdings weist diese Verriegelungseinrichtung 30 eine modifizierte Aufnahme 90 auf. Die Aufnahme 90 umfasst einen unteren Aufnahmeabschnitt 91, der wie bei den Aufnahmen 33 und 80 geformt ist, und einen oberen Aufnahmeabschnitt 92, der sich bis zum Öffnungsrand 93 der Aufnahme 90 erstreckt und zu diesem hin aufweitet bzw. sich vom Öffnungsrand 93 aus bis zum unteren Aufnahmeabschnitt 91 über sei-

ne gesamte Länge kontinuierlich verjüngt. Die Länge des unteren Aufnahmeabschnitts 91 entspricht der Länge L_{71} des vorderen Pinabschnitts 71, und die Länge des oberen Aufnahmeabschnitts 92 entspricht der Länge L_{72} des hinteren Pinabschnitts 72, wobei die Pinabschnitte 71 und 72 jedoch einander kontinuierlich, ohne Neigungsänderungen gegenseitig fortsetzen. Beim Verriegeln wirken der vordere Pinabschnitt 71, insbesondere das vordere freie Ende des Verriegelungspins 70, und der obere Aufnahmeabschnitt 92 in gleicher Weise zusammen wie der vordere Pinabschnitt 61 und der obere Aufnahmeabschnitt 82 des ersten Beispiels. Die dortigen Ausführungen gelten auch für das zweite Ausführungsbeispiel. Lediglich zur formalen Unterscheidung vom ersten Ausführungsbeispiel ist die Neigung des oberen Aufnahmeabschnitts 92 mit β bezeichnet, die zur Neigung α gemachten Ausführungen gelten jedoch in gleicher Weise auch für die in Verriegelungsrichtung L stattfindende Verjüngung im Aufnahmeabschnitt 92. Der vordere Pinabschnitt 71 wirkt in diesem Ausführungsbeispiel allerdings mit dem unteren Aufnahmeabschnitt 91 im Verriegelungseingriff blockierend zusammen. Die Neigung am äußeren Umfang des vorderen Pinabschnitts 71 und die Neigung am inneren Umfangs des unteren Aufnahmeabschnitts 91 sind entsprechend klein. Die besagten Umfangsflächen können insbesondere zylindrisch oder mit einer geringen Neigung konisch sein.

[0094] Die erfindungsgemäße Verjüngung des Verriegelungspins oder der Aufnahme, jeweils in Verriegelungsrichtung L, hat über die funktionalen Vorteile der Verriegelungseinrichtung hinaus auch Vorteile hinsichtlich der Entwicklung des Phasenstellers bis zur Serienreife. Werden beispielsweise in frühen Entwicklungsphasen mit durchgehend zylindrischen oder leicht konischen Umfangswirkbereichen der Verriegelungspin und die Aufnahme geformt und die Verriegelungsfeder 32 angepasst ausgelegt, kann auch noch in späteren Entwicklungsphasen, beispielsweise in der Prüfphase auf dem Motorprüfstand oder auch noch später, ein bis dahin herkömmlich geformter Verriegelungspin durch einen der Erfindung entsprechenden Verriegelungspin oder aber eine herkömmlich geformte Aufnahme durch eine erfindungsgemäße Aufnahme ersetzt werden. An der Auslegung der Verriegelungsfeder 32 und auch der Geometrie von Verriegelungspin und Aufnahme muss im Übrigen nichts geändert werden. Durch die erfindungsgemäß eröffneten Möglichkeiten kann mit geringem Änderungsaufwand ein Optimum zwischen dem Entriegelungs- und dem Verriegelungsverhalten des jeweiligen Nockenwellen-Phasenstellers verwirklicht werden.

[0095] Figur 13 zeigt eine Verriegelungseinrichtung 30 eines dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels mit einem modifizierten Verriegelungspin 100 und einer modifizierten Aufnahme 110. Von dem Längsschnitt der Figur 13 ist in Figur 14 der Bereich des Verriegelungseingriffs vergrößert dargestellt.

[0096] Der Verriegelungspin 100 weist einen vorderen Pinabschnitt 101 und einen hinteren Pinabschnitt 102

auf, die den Eingriffsbereich bzw. -abschnitt bilden, mit dem der Verriegelungspin 100 im Verriegelungseingriff in die Aufnahme 110 eingreift. Im Unterschied zu den beiden anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen verjüngt sich auch der hintere Pinabschnitt 102 in Richtung auf das freie Ende des Verriegelungspins 100. Wie bevorzugt, aber nur beispielhaft verjüngt sich der Pinabschnitt 102 über seine gesamte Länge, die in Figur 14 mit L_{102} bezeichnet ist, konisch mit überall der gleichen Neigung. Der im Verriegelungseingriff mit dem Pinabschnitt 102 zusammenwirkende obere Aufnahmeabschnitt 112 verjüngt sich kongruent zum Pinabschnitt 102 in Richtung auf den Grund der Aufnahme 110, im Ausführungsbeispiel entsprechend konisch mit überall einer der Neigung des hinteren Pinabschnitts 102 entsprechenden Neigung. Wie bevorzugt, aber nur beispielhaft weist auch der untere Aufnahmeabschnitt 111 bis nahezu in den Grund der Aufnahme 110 die gleiche Neigung wie der obere Aufnahmeabschnitt 112 auf. Diese Neigung ist so gering, dass der Verriegelungspin 100 im Verriegelungseingriff im Bereich des Pinabschnitts 102 blockiert wird.

[0097] Der vordere Pinabschnitt 101 weist die ausgeprägt starke Neigung α auf, so dass der Verriegelungspin 100 im vorderen Pinabschnitt 101 nicht blockierbar ist. Insoweit gelten die Ausführungen zu den anderen Ausführungsbeispielen. Allerdings ist bei dem Verriegelungspin 100 der vordere Pinabschnitt, 101 im Verhältnis zum hinteren Pinabschnitt 102 kürzer als bei den beiden vorherigen Ausführungsbeispielen. Das Längenverhältnis $L_{102} : L_{101}$, also Länge des hinteren Pinabschnitts 102 zu Länge des vorderen Pinabschnitts 101, beträgt etwa 5.

[0098] Der obere Aufnahmeabschnitt 112 weist in einem oberen Teilabschnitt, der sich bis zum Öffnungsrand 113 erstreckt und den Öffnungsrand 113 umfasst, über eine Länge L_{113} , die in Figur 14 eingetragen ist, eine Neigung auf, die deutlich größer ist als die Neigung in dem sich daran anschließenden unteren Teilabschnitt des oberen Aufnahmeabschnitts 112. Die in Bewegungsrichtung des Verriegelungspins 100 gemessene Länge L_{113} ist größer als sie es bei einer reinen Anfasung der Aufnahme 110 wäre. Die Länge L_{113} mit der vergleichsweise großen, d.h. flachen Neigung beträgt vorzugsweise wenigstens ein Fünftel der Gesamtlänge L_{100} des Eingriffsbereichs des Verriegelungspins 100. Wie bevorzugt, aber nur beispielhaft, sind die Länge L_{101} des vorderen Pinabschnitts 101 und die Länge L_{113} des oberen Teilabschnitts des oberen Aufnahmeabschnitts 112 zumindest im Wesentlichen gleich. Ragt der Verriegelungspin 100 nur mit seinem vorderen Pinabschnitt 101 in die Aufnahme 110 hinein, wird hierdurch in Querrichtung, d.h. in Richtung der relativen Drehbewegung von Stator 3 und Rotor 7, ein vergleichsweise großes Spiel erhalten.

[0099] Von den erläuterten Unterschieden abgesehen entspricht der Phasensteller den zuvor bereits beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0100] Der Verriegelungspin ist in den dargestellten Ausführungsbeispielen als Stufenkolben gebildet. In ebenfalls bevorzugten, vereinfachten Ausführungen, kann der Verriegelungspin in sämtlichen Ausführungsbeispielen stattdessen auch als Kolben mit einer nur einfach zylindrischen Führung ausgeführt sein, so dass solch ein Verriegelungspin und ein ihn in die Verriegelungs- und Entriegelungsrichtung führender Rotor 7 nur einfach zylindrische Führungsumfangflächen aufweisen. Auch in derartigen Ausführungen kann der externe Verbindungskanal 34, der in den dargestellten Ausführungsbeispielen die Frühstellkammer 8 und in alternativen Ausführungsbeispielen die gegenüberliegende Spätstellkammer 9 auf direktem Wege mit der Verriegelungseinrichtung 30 verbindet, in einen dem Verbindungskanal 38 entsprechenden internen Verbindungskanal münden, der das Druckfluid aus der entsprechenden Entriegelungsstellkammer 8 oder 9 in die jeweilige Aufnahme und dort gegen die Druckfläche des Verriegelungspins, beispielsweise des Verriegelungspins 31, 60, 70 oder 100, führt, um die Entriegelung zu bewirken. Ein Verriegelungspin mit nur einer einfach zylindrischen Führung ist in Bezug auf die Herstellung und auch zur Vermeidung einer Überbestimmtheit im Führungseingriff von Pin und Rotor von Vorteil.

Bezugszeichenliste:

[0101]

1	Nockenwelle	21	Hohlraum
1a	Aufnahmeraum	22	Kolbeneinlass
2	Spurlager, Maschinengehäuse	23	Kolbenauslass
2a	Gehäuseteil	24	Kompensations-Zuführung
2b	Deckel	5 25	Kopplungsorgan
2c	Speicherkammerdeckel	26	Vertiefung
2d	Speicherkammereinlass	27	Vertiefung
2e	Speicherkammerauslass	28	Aufweitung, aufgeweiteter Kolbenabschnitt
2f	Schraubeingriff	30	Verriegelungseinrichtung
3	Stator	10 31	Verriegelungspin
4	Antriebsrad	31a	Führungsabschnitt
4'	Rückführung	31b	Eingriffsbereich
5	Flügelrad	31c	erste Druckfläche
5a	Flügel	31d	zweite Druckfläche
6	Deckel	15 32	Verriegelungsfeder
7	Rotor	33	Aufnahme
7a	Flügel	33a	Öffnungsrand
8	Frühstellkammer	34	äußerer Verbindungskanal
9	Spätstellkammer	35	Stützelement
10	Ventilgehäuse	20 36	Führung
11	Stirnverschlusswand	37	Druckraum
12	Schraubverbindung	38	innerer Verbindungskanal
14	Federglied	39	Ableitung
15	Stellglied	39a	Durchgang
16	Spule	25 40	Druckspeichereinrichtung
17	Anker	41	Speicherkammer
18	aufgeweiteter Gehäuseabschnitt	42	Wandstruktur, Kolben
20	Ventilkolben	43	Federeinrichtung
		44	Stirnwand
		30 45	Umfangswand
		46	Abführkanal
		50	Zuführkanal
		51	Rücksperreinrichtung
		52	Filterelement
		35 53	Zuführkanal
		56	Dichtung
		57	Zentrierelement
		58	Öffnungsrand
		59	Spannmittel
		40 60	Verriegelungspin
		61	vorderer Pinabschnitt
		62	hinterer Pinabschnitt
		63	erste Druckfläche
		64	zweite Druckfläche
		45 70	Verriegelungspin
		71	vorderer Pinabschnitt
		72	hinterer Pinabschnitt
		74	zweite Druckfläche
		80	Aufnahme
		50 81	unterer Aufnahmeabschnitt
		82	oberer Aufnahmeabschnitt
		83	Öffnungsrand
		90	Aufnahme
		91	unterer Aufnahmeabschnitt
		55 92	oberer Aufnahmeabschnitt
		93	Öffnungsrand
		100	Verriegelungspin
		101	vorderer Pinabschnitt

102	hinterer Pinabschnitt	
103	erste Druckfläche	
104	zweite Druckfläche	
110	Aufnahme	
111	unterer Aufnahmeabschnitt	5
112	oberer Aufnahmeabschnitt	
113	Öffnungsrand	
A	Arbeitsanschluss	
B	Arbeitsanschluss	10
D	Drehrichtung	
L	Ver- und Entriegelungsrichtung, Längsachse des Verriegelungspins	
L_i	Längen	
P	Druckanschluss	15
P_a	axialer Gehäuseeinlass	
P_r	radialer Gehäuseeinlass	
P_E	Entriegelungsmindestdruck	
P_{FB}	Füllbeginndruck	
P_{HL}	Heißerlaufdruck	20
R	Drehachse, zentrale Achse	
T_A	Reservoiranschluss	
T_B	Reservoiranschluss	
α	Neigung	
β	Neigung	25

Patentansprüche

1. Phasensteller zur Verstellung der Drehwinkelposition einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine, der Phasensteller umfassend:
 - (a) einen von der Kurbelwelle drehantreibbaren Stator (3),
 - (b) einen vom Stator (3) drehantreibbaren und zum Drehantreiben der Nockenwelle (1) mit dieser koppelbaren Rotor (7),
 - (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, die zur Erzeugung des jeweiligen Drehmoments mit einem Druckfluid beaufschlagbar sind, um die Drehwinkelposition des Rotors (7) relativ zum Stator (3) verstellen zu können,
 - (d) einen Verriegelungspin (60; 70; 100), der an einem aus Stator (3) und Rotor (7) in eine Ver- und Entriegelungsrichtung ($\pm L$) in und aus einem Verriegelungseingriff hin und her beweglich abgestützt und durch Beaufschlagung mit dem Druckfluid gegen Federkraft aus dem Verriegelungseingriff bewegbar ist,
 - (e) und eine von dem anderen aus Stator (3) und Rotor (7) gebildete Aufnahme (80; 90; 110),

in die der Verriegelungspin (60; 70; 100) im Verriegelungseingriff mit einem bis zu einem freien Ende des Verriegelungspins (60; 70; 100) reichenden vorderen Pinabschnitt (61; 71; 101) und einem vom freien Ende entfernten hinteren Pinabschnitt (62; 72; 102) eingreift und dadurch den Rotor (7) gegen ein Verdrehen relativ zum Stator (3) blockiert,

(f) wobei der hintere Pinabschnitt (62; 72; 102) eine im Verriegelungseingriff in die Aufnahme (80; 90; 110) eingreifende, bis zu einem Öffnungsrand (83; 93; 113) der Aufnahme (80; 90; 110) gemessene Länge (L_{62} ; L_{72} ; L_{102}) aufweist, die höchstens fünfmal, vorzugsweise höchstens dreimal oder höchstens halb so groß wie die Länge (L_{61} ; L_{71} ; L_{101}) des vorderen Pinabschnitts (61; 71; 101) ist, und die Aufnahme (80; 90; 110) mit jeweils korrespondierender Länge einen im Verriegelungseingriff mit dem vorderen Pinabschnitt (61; 71; 101) überlappenden unteren Aufnahmeabschnitt (81; 91; 111) und einen im Verriegelungseingriff mit dem hinteren Pinabschnitt (62; 72; 102) überlappenden, den Öffnungsrand (83; 93; 113) aufweisenden oberen Aufnahmeabschnitt (82; 92; 112) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- (g) entweder der vordere Pinabschnitt (61; 101) an einem äußeren Umfang zur Ver- und Entriegelungsrichtung ($\pm L$) eine Neigung (α) aufweist, die über die gesamte Länge (L_{61} ; L_{101}) des vorderen Pinabschnitts (61; 101) so groß ist, dass der Rotor (7) nur durch den Eingriff des vorderen Pinabschnitts (61; 101) nicht blockierbar ist, und der Eingriff des hinteren Pinabschnitts (62; 102) die Blockierung bewirkt,
- (h) oder der obere Aufnahmeabschnitt (92) an einem inneren Umfang zur Ver- und Entriegelungsrichtung ($\pm L$) eine Neigung (β) aufweist, die über die gesamte Länge (L_{72}) des oberen Aufnahmeabschnitts (92) so groß ist, dass der Rotor (7) nur durch Eingriff des vorderen Pinabschnitts (71) in den oberen Aufnahmeabschnitt (92) nicht blockierbar ist, und der Eingriff des vorderen Pinabschnitts (71) in den unteren Aufnahmeabschnitt (91) die Blockierung bewirkt.
2. Phasensteller nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Neigung (α ; β) über die gesamte Länge entweder des vorderen Pinabschnitts (61; 101) oder des oberen Aufnahmeabschnitts (92) mehr als 30°, vorzugsweise wenigstens 45°, und weniger als 80°, vorzugsweise höchstens 75°, beträgt.
 3. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich entweder der vordere Pinabschnitt (61; 101) in Richtung

- auf das freie Ende des Verriegelungspins (60; 100) oder der obere Aufnahmeabschnitt (92) in Richtung auf den unteren Aufnahmeabschnitt (91) zumindest in einem Umfangswirkbereich, vorzugsweise über den gesamten Umfang, konisch, bevorzugt kegelschalenförmig, oder von außen gesehen konkav verjüngt.
4. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vordere Pinabschnitt (61; 101) an den hinteren Pinabschnitt (62; 102) und der untere Aufnahmeabschnitt (91) an den oberen Aufnahmeabschnitt (92) angrenzt und sich die Neigung (α ; β) im jeweiligen Grenzbereich bei Verwirklichung des Merkmals (g) der Pinabschnitte (61, 62; 101, 102) und bei Verwirklichung des Merkmals (h) der Aufnahmeabschnitte (91, 92) abrupt, im Verlauf der über der Ver- und Entriegelungsrichtung ($\pm L$) aufgetragenen Neigung (α ; β) sprunghaft um mehr als 30° , vorzugsweise um wenigstens 45° , ändert.
5. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Verwirklichung des Merkmals (g) das Verhältnis der Länge des vorderen Pinabschnitts zur Länge des hinteren Pinabschnitts ($L_{61} : L_{62}$) und bei Verwirklichung des Merkmals (h) das Verhältnis der Länge des oberen Aufnahmeabschnitts zur Länge des unteren Aufnahmeabschnitts ($L_{72} : L_{71}$) aus dem Bereich von 0.2 bis 1.5, vorzugsweise von 0.5 bis 1.5, gewählt ist.
6. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge (L_{61}) des vorderen Pinabschnitts (61), die Länge (L_{62}) des hinteren Pinabschnitts (62), die Länge (L_{71}) des unteren Aufnahmeabschnitts (91) und die Länge (L_{72}) des oberen Aufnahmeabschnitts (72) jeweils wenigstens 0.5 mm, vorzugsweise jeweils wenigstens 1 mm beträgt.
7. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hintere Pinabschnitt (62; 72; 102) über wenigstens einen Teil seiner Länge (L_{62} ; L_{72} ; L_{102}) wenigstens in einem im Verriegelungseingriff mit der Aufnahme (80; 90; 110) zusammenwirkenden Umfangswirkbereich zylindrisch ist oder eine Neigung von weniger als 20° aufweist.
8. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- (i) entweder der vordere Pinabschnitt (61; 101) die große Neigung (α) gemäß Merkmal (g) aufweist und der obere Aufnahmeabschnitt (82; 112) über wenigstens einen Teil seiner im Verriegelungseingriff den hinteren Pinabschnitt (62; 102) überlappenden Länge (L_{61} ; L_{111}) wenigstens in einem im Verriegelungseingriff mit dem hinteren Pinabschnitt (72; 112) zusammenwirkenden Umfangswirkbereich zylindrisch ist oder eine Neigung von weniger als 20° aufweist
- (ii) oder der obere Aufnahmeabschnitt (92) die große Neigung (β) gemäß Merkmal (h) aufweist und der vordere Pinabschnitt (71) über wenigstens einen Teil seiner im Verriegelungseingriff den unteren Aufnahmebereich (91) überlappenden Länge (L_{71}) wenigstens in einem im Verriegelungseingriff mit dem unteren Aufnahmeabschnitt (91) zusammenwirkenden Umfangswirkbereich zylindrisch ist oder eine Neigung von weniger als 20° aufweist,
9. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vordere Pinabschnitt (61; 101) wenigstens in einem beim Verriegeln mit der Aufnahme (80) zusammenwirkenden Umfangswirkbereich gemäß Merkmal (g) geformt ist und der hintere Pinabschnitt (62; 102) wenigstens in einem im Verriegelungseingriff mit dem oberen Aufnahmeabschnitt (82; 112) zusammenwirkenden Umfangswirkbereich, bis vorzugsweise an den vorderen Pinabschnitt (61; 101) anschließend, zylindrisch ist oder eine Neigung von weniger als 20° aufweist.
10. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vordere Pinabschnitt (61; 101) über seinen Umfang umlaufend gemäß Merkmal (g) geformt, vorzugsweise umlaufend konisch ist, und der hintere Pinabschnitt (62; 102) über seinen Umfang umlaufend, bis vorzugsweise an den vorderen Pinabschnitt (61; 101) anschließend, zylindrisch oder mit einer Neigung von weniger als 20° konisch ist.
11. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein den Verriegelungspin (60; 70; 100) aufnehmender Druckraum (37) oder die Aufnahme (80; 90; 110) zum Lösen des Verriegelungseingriffs mit der Frühstellkammer (8), vorzugsweise nur mit der Frühstellkammer (8), oder der Spätstellkammer (9), vorzugsweise nur mit der Spätstellkammer (9), verbunden ist oder sind.
12. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verriegelungspin (60; 70; 100) über eine 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.

13. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche und einem der folgenden Merkmale:

(i) der Verriegelungspin (60; 70; 100) weist eine bei bestehendem Verriegelungseingriff außerhalb der Aufnahme (80; 90; 100) befindliche ringförmige erste Druckfläche (63; 103) und eine bei bestehendem Verriegelungseingriff in der Aufnahme (80; 90; 110) befindliche zweite Druckfläche (64; 104) auf, die zum Lösen des Verriegelungseingriffs jeweils mit dem Druckfluid beauschlagbar und miteinander verbunden sind, vorzugsweise über einen am oder im Verriegelungspin (60; 70; 100) oder in einem diesen aufnehmenden Druckraum geformten internen Verbindungskanal (38), so dass das Druckfluid zum Lösen des Verriegelungseingriffs zu einer der Druckflächen und von dort auch zu der anderen der Druckflächen oder über eine Verzweigung zu beiden Druckflächen gelangt; 5

(ii) der Verriegelungspin wird nur an einer einfach zylindrischen Führung geführt, und eine bei bestehendem Verriegelungseingriff in der Aufnahme (10; 80; 110) befindliche Druckfläche (64; 74; 104) ist über einen internen Verbindungskanal (38), der am oder im Verriegelungspin (60; 70; 100) oder in einem diesen aufnehmenden Druckraum geformt ist, und einen entweder von der Frühstellkammer (8) oder der Spätstellkammer (9) in den Verbindungskanal (38) führenden weiteren Verbindungskanal (34) mit dem Druckfluid beauschlagbar. 10 15 20 25 30

14. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (7) den Verriegelungspin (60; 70; 100) in einem Druckraum (37) beweglich lagert und einen Verbindungskanal (34) aufweist, der in eine der Stellkammern (8, 9), entweder in die Frühstellkammer (8) oder in die Spätstellkammer (9), mündet und den Druckraum (37) zum Lösen des Verriegelungseingriffs mit dieser Stellkammer (8,9) verbindet. 35 40

15. Phasensteller nach einem der vorhergehenden Ansprüche und wenigstens einem der folgenden Merkmale: 45

(i) der Verriegelungspin (60; 70; 100) ist in einem Flügel (7a) des Rotors (7) beweglich und in einer Stirnansicht des Rotors (7) gesehen in Umfangsrichtung exzentrisch angeordnet; 50

(ii) der Verriegelungspin (60; 70; 100) ist 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. 55

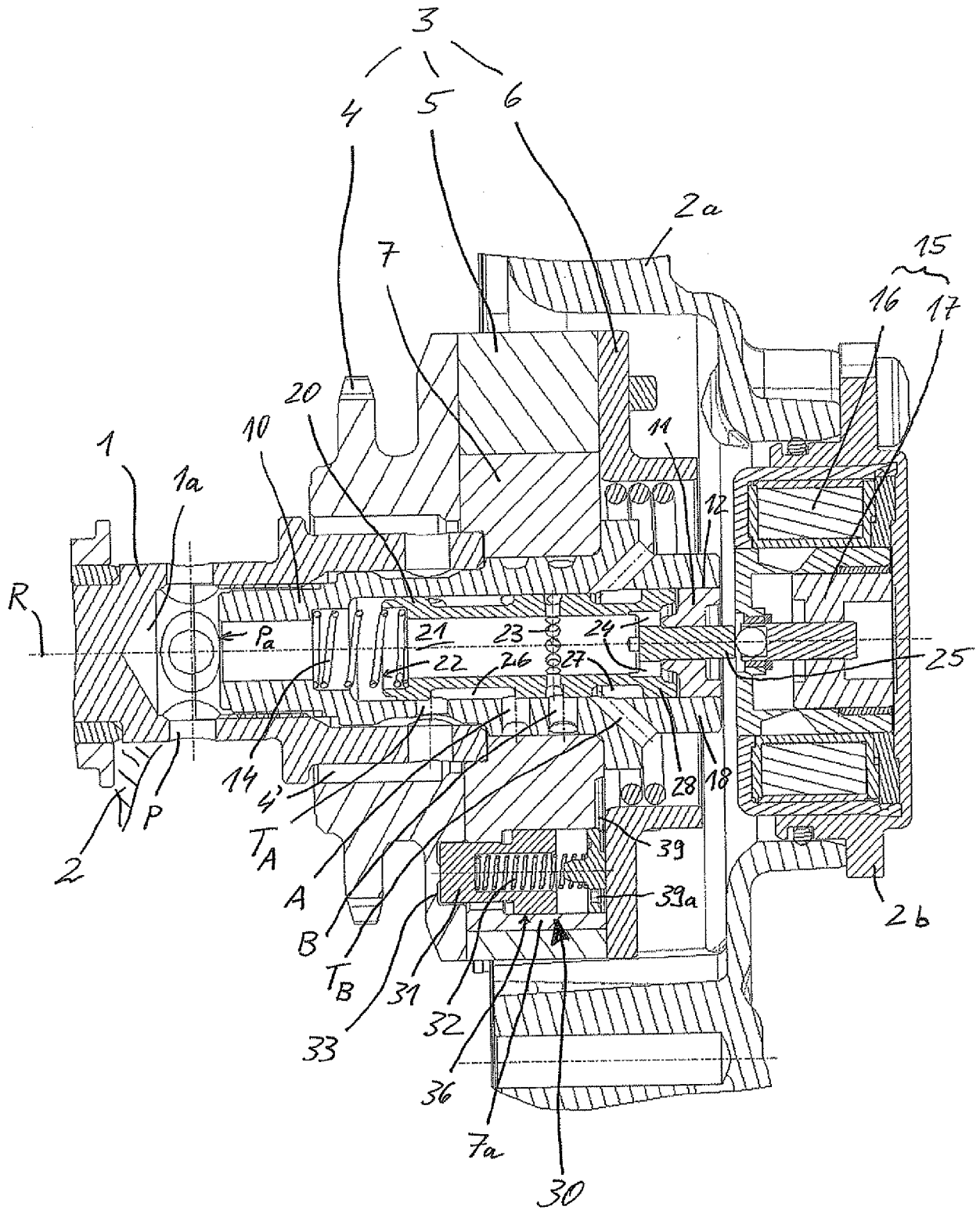
16. Phasenstellers nach einem der vorhergehenden An-

sprüche und wenigstens einem der folgenden Merkmale:

(i) der Verriegelungspin (100) entspricht dem Merkmal (g), und der hintere Pinabschnitt (102) verjüngt sich mit einer Neigung in Richtung auf den vorderen Pinabschnitt (101) und der obere Aufnahmeabschnitt (112) verjüngt sich mit einer Neigung in Richtung den unteren Aufnahmeabschnitt (111), vorzugsweise kongruent zum hinteren Pinabschnitt (102), wobei die Neigung des hinteren Pinabschnitts und die Neigung des oberen Aufnahmeabschnitts so gering sind, dass der hintere Pinabschnitt (102) im Verriegelungseingriff durch den oberen Aufnahmeabschnitt (112) blockiert wird;

(ii) der Verriegelungspin (100) entspricht dem Merkmal (g), der obere Aufnahmeabschnitt (112) verjüngt sich vom Öffnungsrand (113) der Aufnahme (110) in Richtung auf den unteren Aufnahmeabschnitt (111) mit einer ersten Neigung und tiefer in der Aufnahme (110) mit einer zweiten Neigung, und die erste Neigung ist größer als die zweite Neigung, wobei die zweite Neigung so gering ist, dass sie eine Blockierung des hinteren Pinabschnitts (102) im Verriegelungseingriff bewirkt und die erste Neigung vorzugsweise so groß ist, dass der Rotor (7) nur durch Eingriff des Verriegelungspins (100) in den Bereich der ersten Neigung (δ) nicht blockierbar ist.

Fig. 1



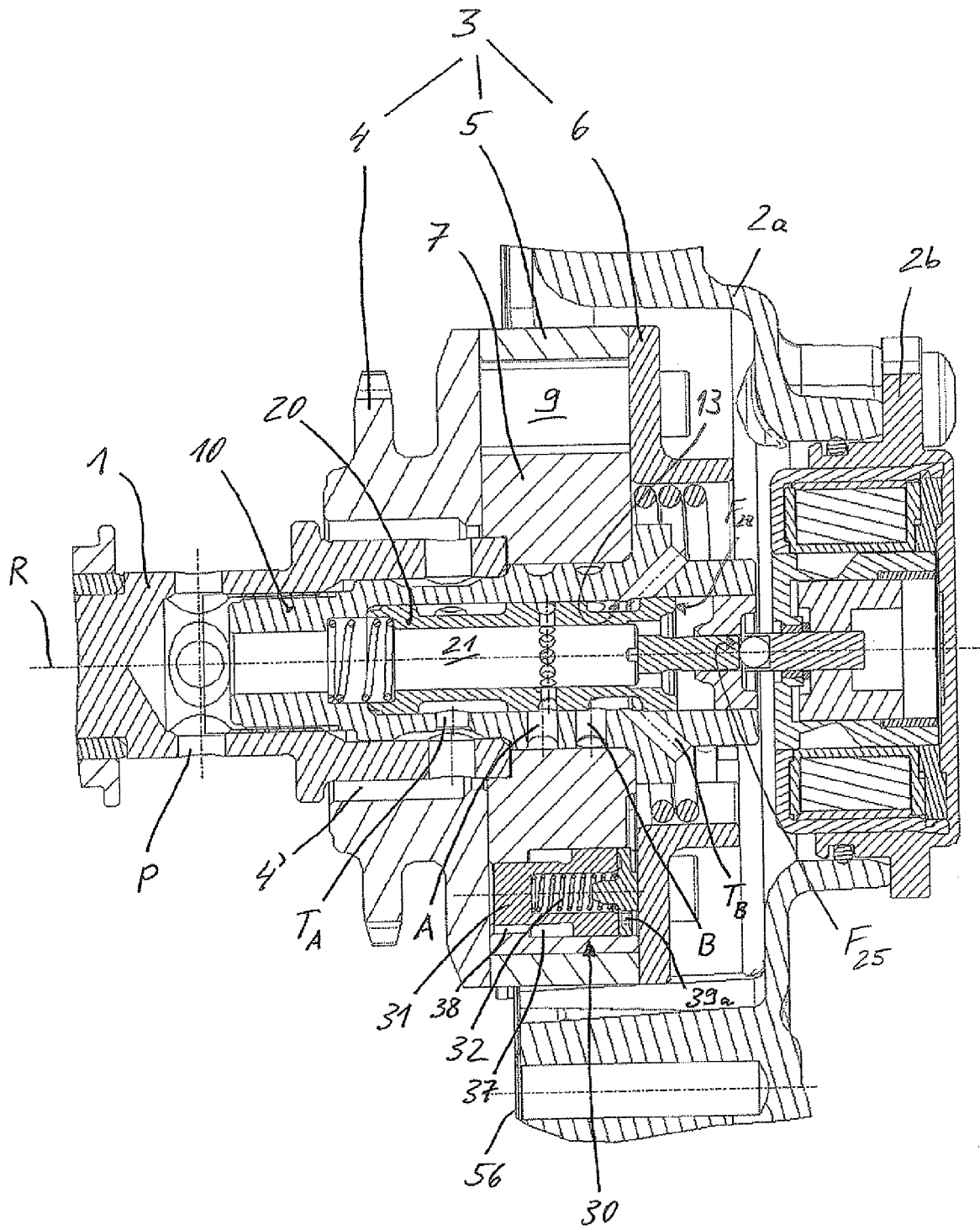


Fig. 2

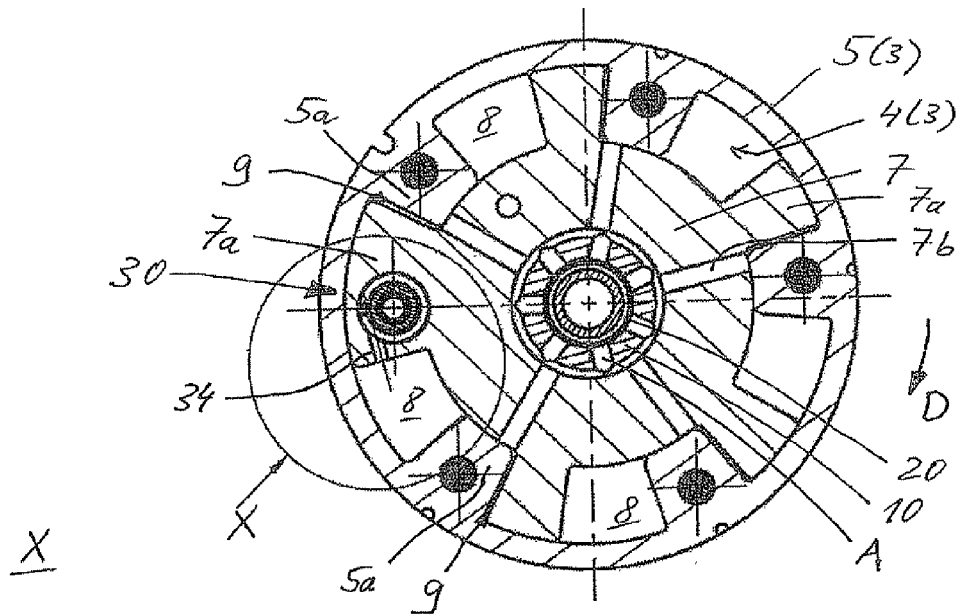


Fig. 3

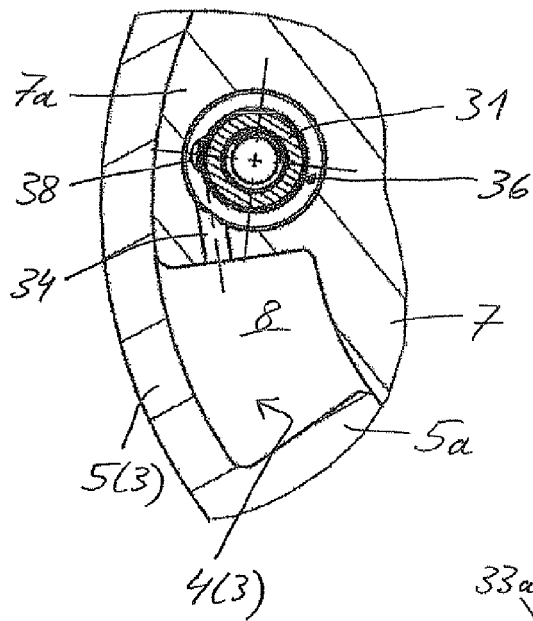


Fig. 4

Fig. 5

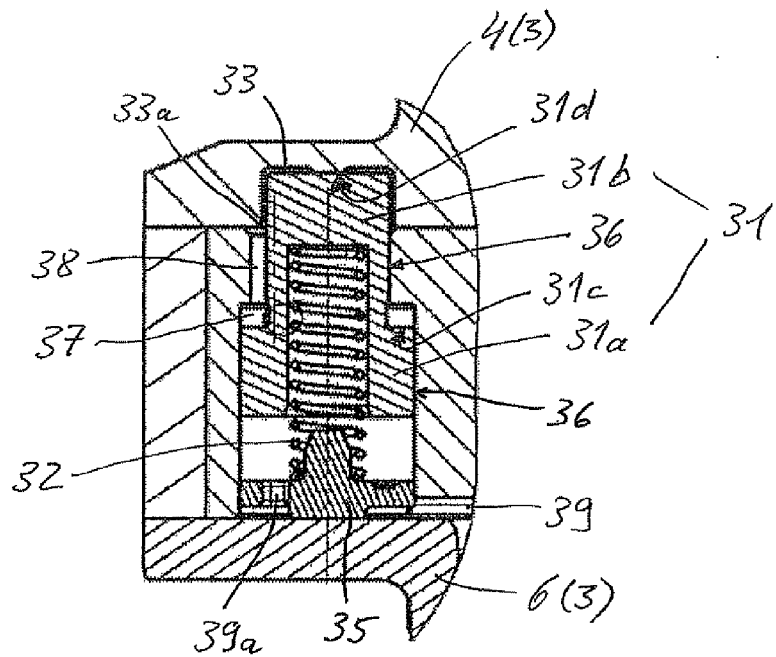
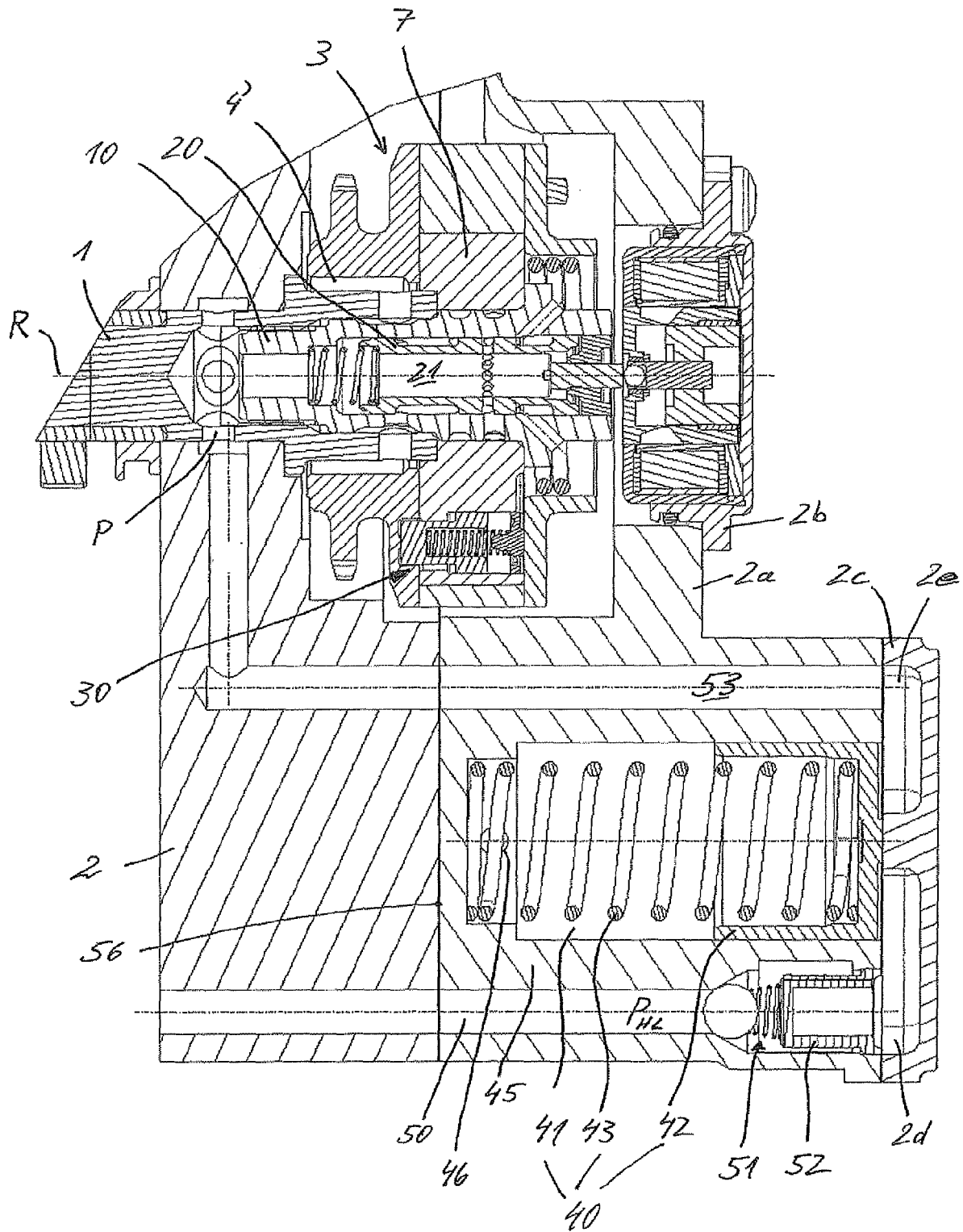
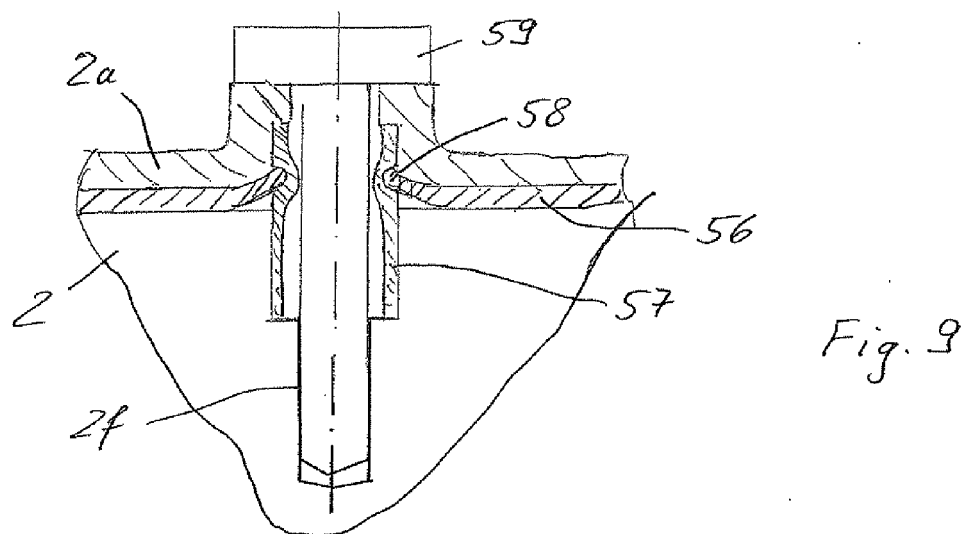
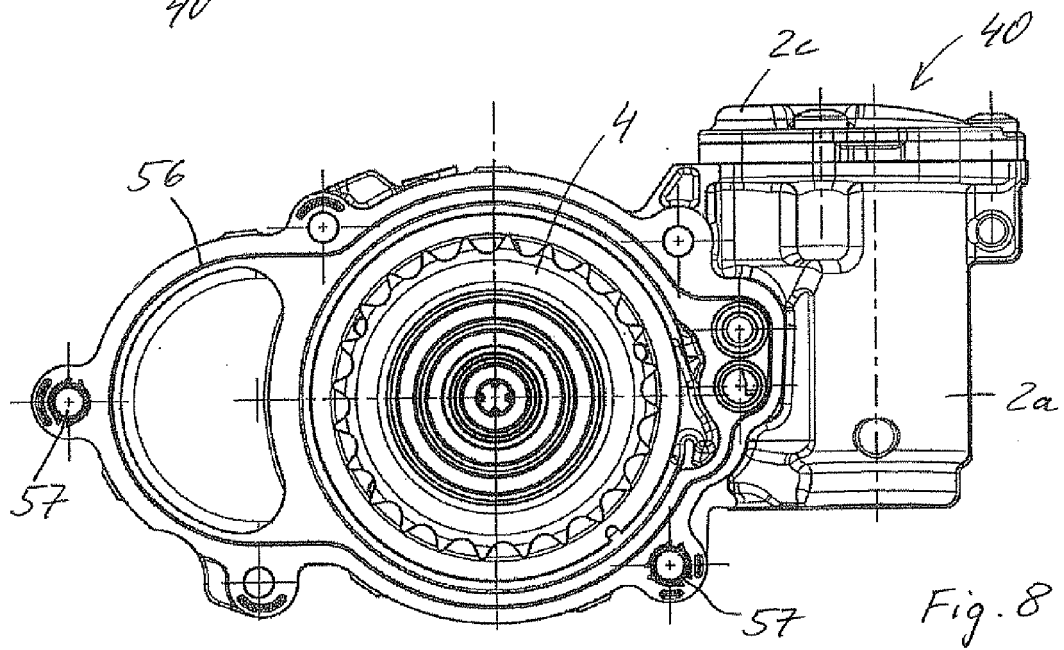
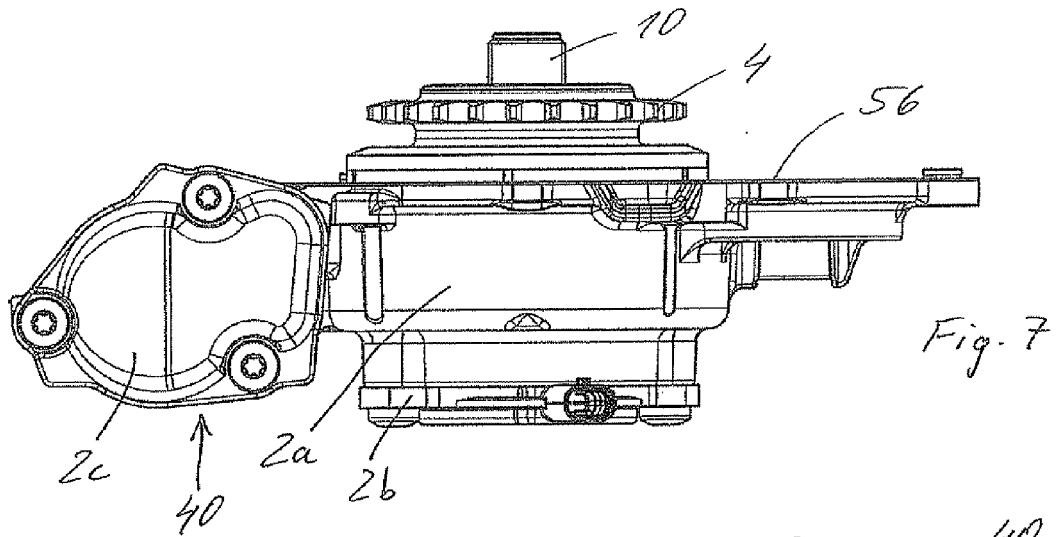


Fig. 6





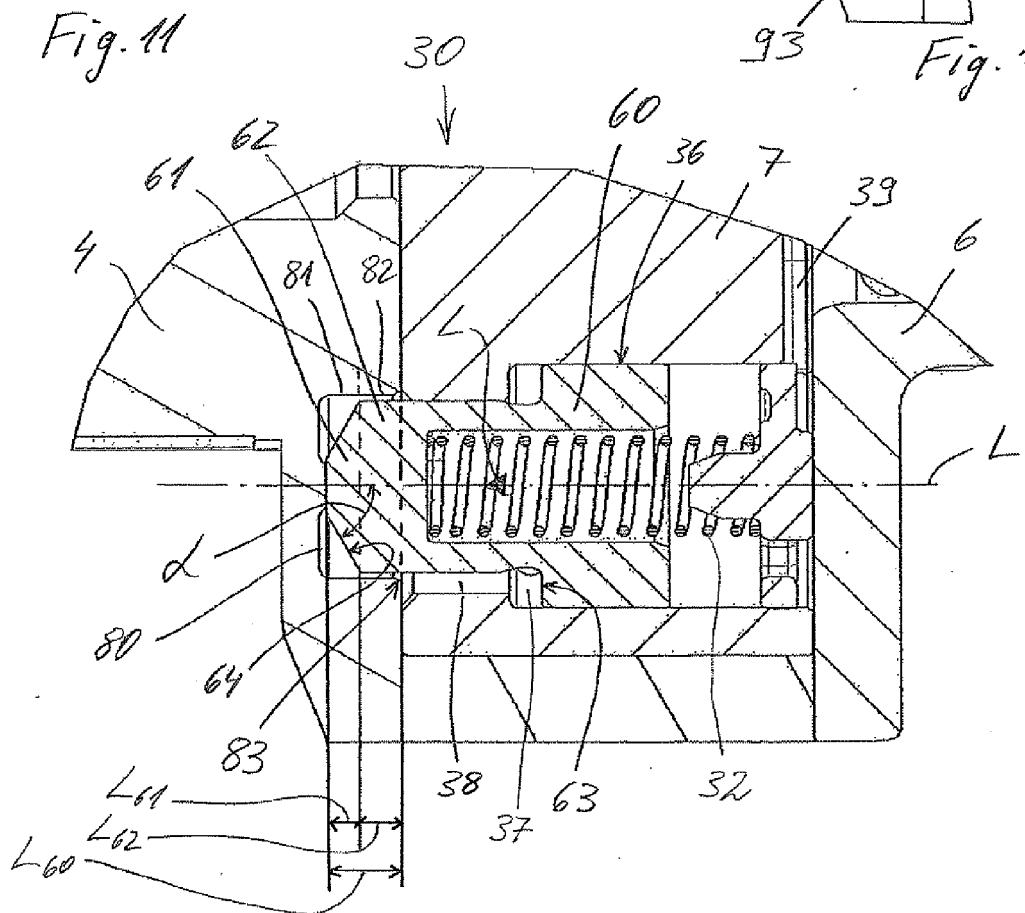
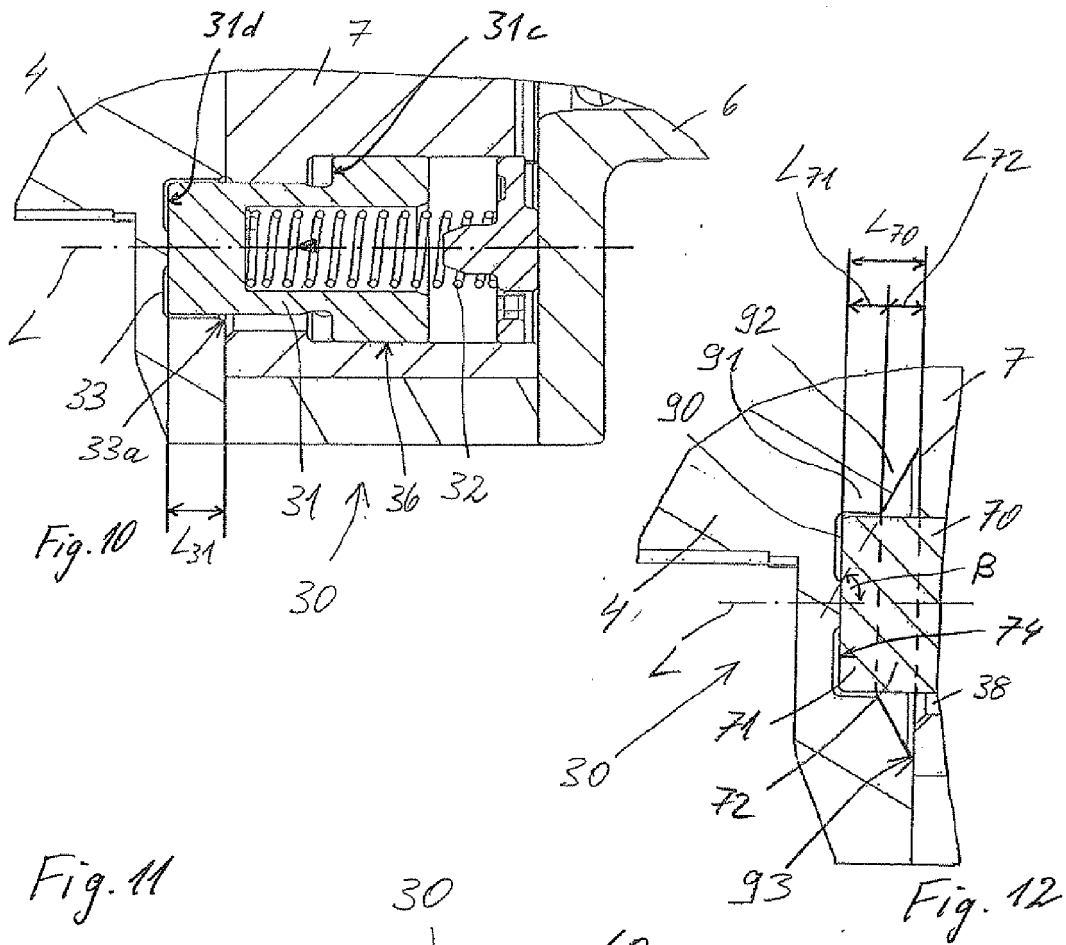


Fig. 13

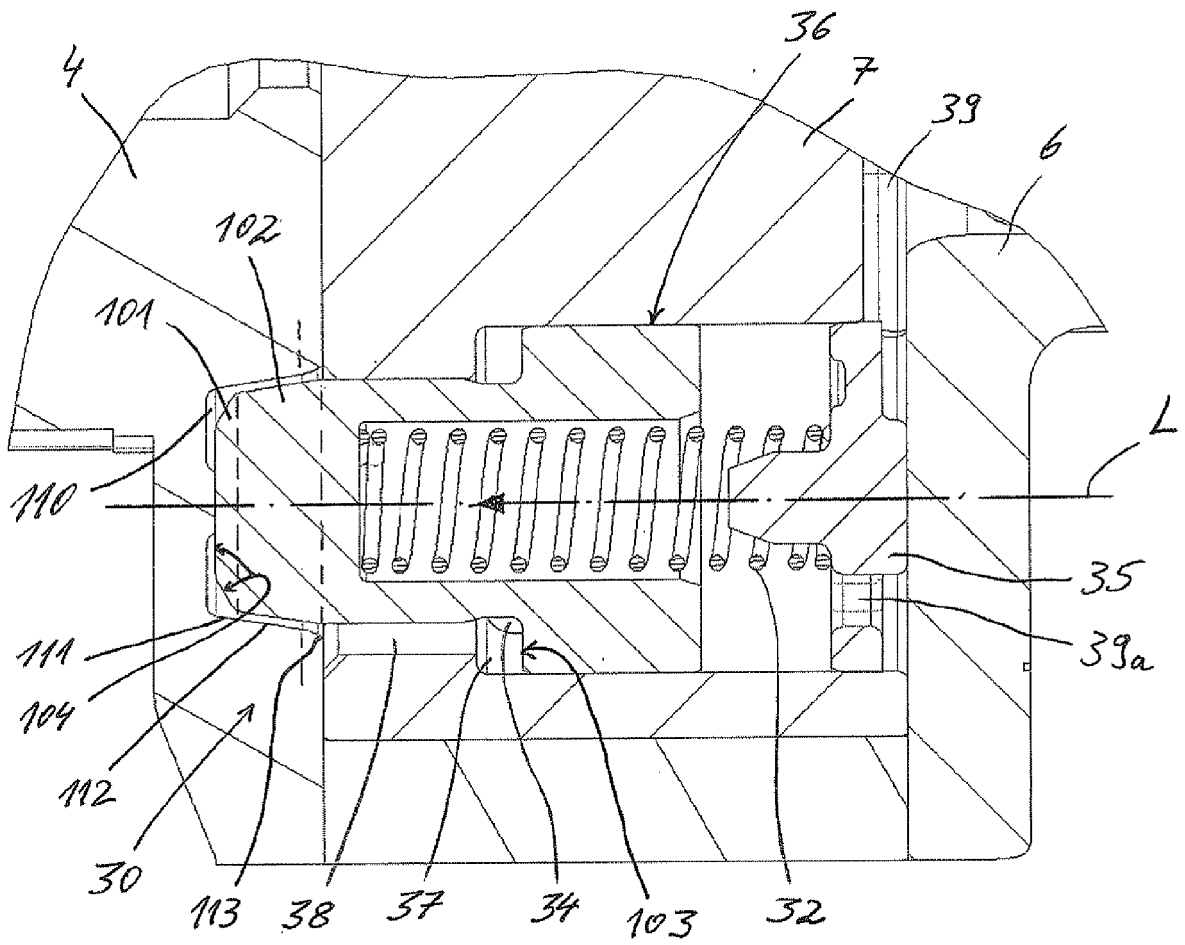
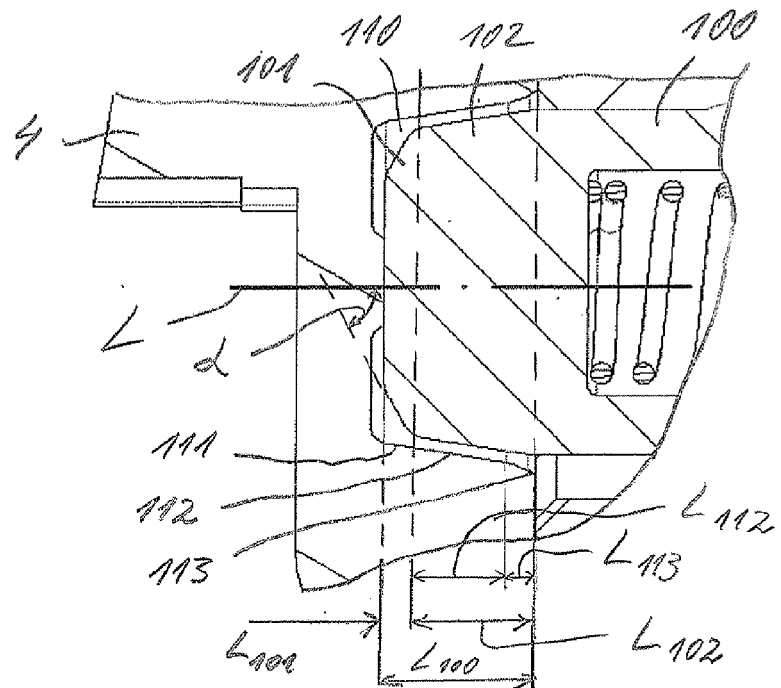


Fig. 14



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]
- DE 19623818 C5 [0004]
- DE 102004028015 A1 [0005]
- DE 102005051692 A1 [0005]