

(19)



(11)

EP 2 527 607 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.11.2012 Patentblatt 2012/48

(51) Int Cl.:
F01L 1/344^(2006.01) F01L 13/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12168982.2**

(22) Anmeldetag: **22.05.2012**

(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: **27.05.2011 DE 102011076652**

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

(72) Erfinder:
• **Bohner, Jürgen**
88339 Bad Waldsee (DE)
• **Welte, Claus**
88326 Aulendorf (DE)
• **Krüger, Jens**
88427 Bad Schussenried (DE)
• **Meinig, Uwe, Dr.**
88348 Bad Saulgau (DE)

(74) Vertreter: **Schwabe - Sandmair - Marx**
Patentanwälte
Stuntzstraße 16
81677 München (DE)

(54) **Vorrichtung zur Verstellung der relativen Drehwinkelposition geschachtelter Nockenwellen**

(57) Vorrichtung zur Verstellung der relativen Drehwinkelposition geschachtelter Nockenwellen einer Brennkraftmaschine, die Vorrichtung umfassend:

(a) eine Wellenanordnung mit einer ersten Nockenwelle (1) und einer zweiten Nockenwelle (2), von denen eine zumindest in einem axialen Wellenabschnitt in der anderen erstreckt ist und die relativ zueinander drehbar sind,

(b) einen Phasensteller (S), der an einem axialen Ende der Wellenanordnung als Montageeinheit montiert ist und einen drehfest mit der ersten Nockenwelle (1) verbundenen Stator (3) und einen vom Stator (3) drehantreibbaren, relativ zum Stator (3) drehwinkelverstellbaren Rotor (9) aufweist,

(c) eine Verbindungseinrichtung (2a, 14, 21; 2a, 14, 45; 2a, 14, 55), die den Phasensteller (S) an der Wellenanordnung in Bezug auf die axiale Richtung befestigt und den Rotor (9) mit der zweiten Nockenwelle (2) drehfest verbindet,

(d) ein mit der ersten Nockenwelle (1) und dem Stator (3) drehfestes Antriebsrad (10; 40; 50) zum Drehantreiben der ersten Nockenwelle (1) und des Stators (3),

(e) wobei eine mit der ersten Nockenwelle (1) drehfeste Nockenwellen-Eingriffsstruktur (12; 41; 51) und eine mit dem Stator (3) drehfeste Phasensteller-Eingriffsstruktur (6; 46; 56) in einem Verdrehsicherungseingriff axial ineinander geschoben sind und den Stator (3) durch Formschluss verdrehgesichert mit der ersten Nockenwelle (1) verbinden.

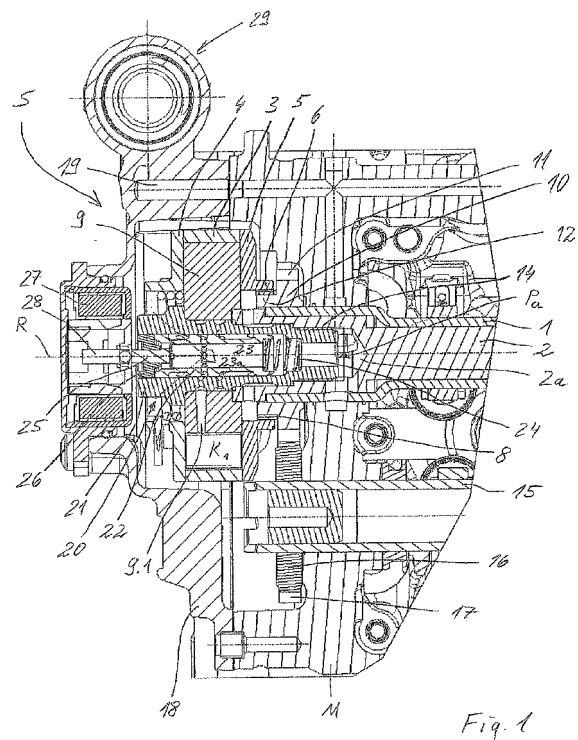


Fig. 1

EP 2 527 607 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verstellung der relativen Drehwinkelposition geschachtelter Nockenwellen einer Brennkraftmaschine und einen Nockenwellen-Phasensteller, der zur Verstellung der relativen Drehwinkelposition als Montageeinheit an einem axialen Ende einer die Nockenwellen umfassenden Wellenanordnung montiert werden kann oder in Ausbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung bereits montiert ist.

[0002] Ein Phasensteller zur Verstellung der relativen Drehwinkelposition geschachtelter Nockenwellen ist bereits aus der US 1,527,456 bekannt. Dabei handelt es sich um einen Phasensteller in Axialbauart, der integrierter Bestandteil der Wellenanordnung ist. Ein Stator des Phasenstellers dient gleichzeitig auch der Drehlagerung der ineinander geschachtelten Nockenwellen.

[0003] Aus der US 7,469,670 B2 ist ein an geschachtelten Nockenwellen montierter Phasensteller vom Flügelzellentyp bekannt. Der Phasensteller umfasst einen mit der Außenwelle drehfest verbundenen Stator und einen mit der Innenwelle drehfest verbundenen Rotor. Der Stator ist ferner drehfest mit einem Antriebsrad eines Zugmitteltriebs verbunden, über den der Stator von der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine angetrieben wird. Beim Drehantrieb nimmt der Stator den Rotor mit. Allerdings ist der Rotor relativ zum Stator hydraulisch um die gemeinsame Drehachse schwenkbeweglich. Der Rotor ist mittels einer zentralen, axial erstreckten Schraube an der Innenwelle befestigt. Für die Montage des Phasenstellers sind mehrere Arbeitsschritte erforderlich. Der Stator wird auf die Außenwelle geschraubt, und der Rotor wird mittels der zentralen Schraube an der Innenwelle kraftschlüssig befestigt. Zwischen diesen beiden Schritten wird das Antriebsrad in Bezug auf seine Drehwinkelposition relativ zum Stator justiert und in der justierten Drehwinkelposition mittels mehrerer Schrauben fest mit dem Stator verbunden. Erst danach erfolgt die Fixierung des Rotors an der Innenwelle durch Anziehen der zentralen Schraube. In einer Variante wird der Rotor auf die Außenwelle geschraubt, und der Stator wird mittels einer zentralen Verbindungsschraube nach Justierung der Drehwinkelposition des Antriebsrads kraftschlüssig fest an der Innenwelle befestigt.

[0004] Aus der WO 2006/081789 A1 ist ebenfalls eine Anordnung mit geschachtelten Nockenwellen bekannt, die mittels eines montierten Phasenstellers relativ zueinander verdrehbar sind. Stator und Rotor des Phasenstellers sind mit der jeweils zugeordneten Nockenwelle fest verbunden und stoßen stirnseitig unter Abdichtung von durch die Stirnenden geführten Hydraulikkanälen gegen die jeweils zugeordnete Nockenwelle.

[0005] Die EP 0 686 754 B1 beschreibt geschachtelte Nockenwelle mit einem Phasensteller vom Axialverstelltyp. Der Phasensteller weist einen von der Kurbelwelle drehantreibbaren Stator und einen Rotor auf, der mit dem Stator in einem Zahneingriff mit Schrägverzahnung und in diesem Zahneingriff relativ zum Stator verdrehbar ist.

Der Rotor ist mit einer der Nockenwellen in einem Schubgelenk verdrehgesichert, aber axial beweglich verbunden. Der Stator ist zusammen mit einem Antriebsrad mit der anderen Nockenwelle in einem Verbindungsflansch an mehreren Stellen mit Schrauben fest verbunden. Der Stator ist für eine Einstellung der Drehwinkelposition im Verbindungsflansch mit in Umfangsrichtung erstreckten schlitzförmigen Öffnungen versehen, durch die sich die Schrauben erstrecken. Der Stator bildet einen stirnseitig zu den Nockenwellen hin offenen Topf, in dem der Rotor im Eingriff der Schrägverzahnungen axial hin und her beweglich ist. Für die Verstellung wird der Rotor an einer von den Nockenwellen abgewandten Stirnseite mit Hydraulikdruck beaufschlagt. Dem Hydraulikdruck wirkt eine Rückstellfeder entgegen, die sich an einer der Nockenwellen und am Rotor abstützt. Die Rückstellfeder muss bei der Montage vor dem Aufschieben des Rotors und dem Befestigen des Stators zwischen Rotor und Nockenwelle angeordnet und bei der Montage vorgespannt werden. Um den vom Stator gebildeten Topf fluid dicht zu verschließen, ist am Stirnende der zugeordneten Nockenwelle ein Flanschbauteil angebracht.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Montage eines Phasenstellers an oder auf geschachtelten Nockenwellen der geschilderten Art zu erleichtern, insbesondere für einen vorzugsweise in Flügelzellenbauart ausgeführten Phasensteller.

[0007] Die Erfindung geht demgemäß von einer Vorrichtung zur Verstellung der relativen Drehwinkelposition geschachtelter Nockenwellen einer Brennkraftmaschine aus, die eine Wellenanordnung mit einer ersten Nockenwelle und einer zweiten Nockenwelle umfasst, von denen eine in der anderen erstreckt ist und die relativ zueinander drehbar sind. Eine der Nockenwellen kann insbesondere eine Außenwelle und die andere eine sich durch die Außenwelle erstreckende Innenwelle sein. Grundsätzlich ist aber auch denkbar, dass sich die eine Welle abschnittsweise innen und abschnittsweise außen und die andere Welle dementsprechend abschnittsweise außen und abschnittsweise innen erstreckt. Die Vorrichtung umfasst ferner einen Phasensteller, der an einem axialen Ende der Wellenanordnung als Montageeinheit montiert ist und einen drehfest mit der ersten Nockenwelle verbundenen Stator und einen vom Stator drehantreibbaren, relativ zum Stator in Bezug auf die Drehwinkelposition verstellbaren, in diesem Sinne drehwinkelverstellbaren Rotor aufweist. Der Phasensteller ist mittels einer Verbindungseinrichtung an der Wellenanordnung befestigt, vorzugsweise axial fixiert. Die Verbindungseinrichtung verbindet den Rotor mit der zweiten Nockenwelle drehfest. Bestandteil der Vorrichtung ist auch ein Antriebsrad, das mit der ersten Nockenwelle und dem Stator zum Drehantreiben der ersten Nockenwelle und des Stators drehfest verbunden ist. Dass eine Komponente mit einer anderen Komponente "drehfest" oder "drehfest verbunden" ist, bedeutet, dass die miteinander drehfesten Komponenten in Bezug auf eine gemeinsame Drehachse relativ zueinander drehunbeweglich sind. Die Kom-

ponenten können in einem Stück geformt oder aber separat voneinander geformt und drehfest miteinander gefügt sein, wobei die nachträgliche Fügeverbindung formschlüssig, kraftschlüssig oder stoffschlüssig sein kann. Das Wort "oder" wird hier wie auch stets sonst von der Erfindung im üblichen logischen Sinne eines "inklusive oder" verstanden, umfasst also die Bedeutung von "und" und auch die Bedeutung von "entweder... oder", soweit sich aus dem jeweils konkreten Zusammenhang nicht nur ausschließlich eine dieser beiden Bedeutungen ergeben kann. Bezogen auf die formschlüssig, kraftschlüssig oder stoffschlüssig drehfeste Verbindung bedeutet dies beispielsweise, dass die jeweiligen Komponenten in einer ersten Variante nur formschlüssig, in einer zweiten Variante nur kraftschlüssig und in einer dritten Variante nur stoffschlüssig miteinander verbunden sein können. In weiteren Varianten können die jeweiligen Komponenten mittels einer der drei möglichen Kombinationen von nur zwei dieser Verbindungsarten miteinander verbunden sein und in einer letzten Variante können schließlich alle drei Verbindungsarten verwirklicht sein.

[0008] Nach der Erfindung sind eine mit der ersten Nockenwelle drehfeste Nockenwellen-Eingriffsstruktur und eine mit dem Stator drehfeste Phasensteller-Eingriffsstruktur axial ineinander geschoben und dadurch miteinander in einem Verdrehungseingriff, nämlich einem verdrehgesicherten axialen Schiebeeingriff, der den Stator durch Formschluss verdrehgesichert mit der ersten Nockenwelle verbindet. Durch den erfindungsgemäßen Verdrehungseingriff wird eine in Umfangsrichtung das Drehmoment formschlüssig übertragende Verbindung von Stator und erster Nockenwelle und eine axiale Montierbarkeit des Phasenstellers erhalten. Soweit von einer verdrehgesicherten Verbindung oder einem Verdrehungseingriff gesprochen wird, bedeutet dies, dass die derart miteinander verbundenen Komponenten zumindest durch Formschluss verdrehgesichert miteinander verbunden sind. In bevorzugten Varianten beruht die jeweilige verdrehgesicherte Verbindung nur auf Formschluss, in alternativen Varianten auf einer Kombination von Form- und Kraftschluss. Ein Stoffschluss zusätzlich zu einem reinen Formschluss oder zusätzlich zu einem Form- und Kraftschluss soll nicht ausgeschlossen sein, bevorzugt besteht im Verdrehungseingriff jedoch kein Stoffschluss.

[0009] Die Eingriffsstrukturen können in bevorzugten ersten Ausführungen als Kronenräder gebildet und axial ineinander geschoben sein. Die Nockenwellen-Eingriffsstruktur oder die Phasensteller-Eingriffsstruktur kann auch am Stirnende ein oder mehrere axiale Vertiefungen, beispielsweise ein Loch oder mehrere Löcher, und die jeweils andere Eingriffsstruktur entsprechend angepasst geformt eine oder mehrere axiale Abragungen, beispielsweise stift- oder bolzenförmige Abragungen, in entsprechender Anzahl aufweisen, die bei der Montage des Phasenstellers axial ineinander geschoben werden und dadurch den Verdrehungseingriff bilden. In bevorzugten zweiten Ausführungen umgibt eine der Eingriffs-

strukturen die andere um die Drehachse des Stators zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig. Die Eingriffsstrukturen bilden bei der Montage miteinander ein Schubgelenk mit der gemeinsamen Drehachse von Stator und erster Nockenwelle als Gelenkachse. Die Eingriffsstrukturen können als solche im Verdrehungseingriff auch im montierten Zustand relativ zueinander axial beweglich sein. Insbesondere in Ausführungen, in denen der Phasensteller vom Flügelzellen- bzw. Schwenkflügeltyp ist, muss solch eine Beweglichkeit, obgleich vorteilhaft, nicht unumgänglich vorhanden sein. Der Verdrehungseingriff kann, wie bereits erwähnt, über den Formschluss hinaus auch einen Kraftschluss beinhalten, so dass die Eingriffsstrukturen im montierten Zustand des Phasenstellers miteinander eine Steckverbindung bilden. Der Phasensteller oder zumindest der Stator kann durch den Verdrehungseingriff axial relativ zur Wellenanordnung fixiert sein, bevorzugt besteht im Verdrehungseingriff jedoch keine axiale Fixierung, eine axiale Fixierung wird vorzugsweise mittels der Verbindungseinrichtung über den Rotor des Phasenstellers bewirkt.

[0010] In Ausführungen, in denen sich die Eingriffsstrukturen um die Drehachse erstrecken, vorzugsweise um die Drehachse vollständig, d. h. über 360° umlaufend erstrecken und die eine der Eingriffsstrukturen die andere zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig in Umfangsrichtung umgibt, können die Eingriffsstrukturen aneinander angepasst jeweils als ein Ein- oder Mehrfach oder anders nicht rotationssymmetrisch geformt sein, wobei sie durchaus eine ein- oder mehrfache, allgemein gesagt n-fache Drehsymmetrie aufweisen können. Sie müssen in derartigen Ausführungen auch keine plane, den Formschluss bewirkende Eingriffsflächen aufweisen. Die den Formschluss bewirkende Fläche oder die mehreren den Formschluss gemeinsam bewirkenden Flächen der jeweiligen Eingriffsstruktur kann oder können durchaus gekrümmt sein, die den Formschluss miteinander bildenden Querschnitte sind aber zumindest nicht kreisrund. In bevorzugten Ausführungen weisen die Eingriffsstrukturen im Formschluss miteinander befindliche Verzahnungen auf. Die Verzahnungen können über den Umfang gesehen eine gleichmäßige Zahnteilung aufweisen, grundsätzlich ist dies aber nicht erforderlich. Die Verzahnungen können ausgeprägt sein, also eine große Zahntiefe aufweisen, grundsätzlich genügen jedoch auch flache Rändelungen, solange nur der Formschluss sicher bewirkt und das erforderliche Drehmoment schlupffrei übertragen werden kann.

[0011] Der Verdrehungseingriff ist vorzugsweise wieder lösbar, so dass die Phasenstellers-Eingriffsstruktur für eine Demontage des Phasenstellers von der ersten Nockenwelle einfach axial abgezogen werden kann.

[0012] Die Erfindung erleichtert die Montage des Phasenstellers, da mittels der Verbindungseinrichtung der Rotor drehfest mit der zweiten Nockenwelle verbunden und der Phasensteller dadurch an der Wellenanordnung

befestigt wird und beim Positionieren am axialen Ende der Wellenanordnung durch eine einfache axiale Schubbewegung die Phasensteller-Eingriffsstruktur in den Verdrehsicherungseingriff mit der Nockenwellen-Eingriffsstruktur geschoben werden kann. Wenn von einem Schiebeeingriff oder davon die Rede ist, dass die Eingriffsstrukturen ineinander geschoben sind oder bei der Montage ineinander geschoben werden, bedeutet dies nicht notwendig, dass die Eingriffsstrukturen dabei auf- oder aneinander gleiten, obgleich dies bevorzugt wird. Sind die Eingriffsstrukturen beispielsweise als Kronenverzahnungen ausgeführt, können derartige Eingriffsstrukturen auch erstmals ganz am Ende der Montage in gegenseitigen Kontakt gelangen. Allerdings genügt zur Herstellung des Verdrehsicherungseingriffs eine relative axiale Linearbewegung, in diesem Sinne eine axiale Schubbewegung.

[0013] In bevorzugten Ausführungen ist der Stator drehfester Bestandteil eines Phasenstellergehäuses, das den Rotor an seinem äußeren Umfang umgibt und axial an beiden Stirnseiten einfasst. Das Phasenstellergehäuse ist vorzugsweise mittels der Verbindungseinrichtung an der Wellenanordnung axial fixiert, wobei vorteilhafterweise der Rotor an der zweiten Nockenwelle mittels der Verbindungseinrichtung axial fixiert und das Phasenstellergehäuse über die Fixierung des Rotors an der Wellenanordnung axial fixiert ist. Um eine Überbestimmung zu vermeiden, wird es bevorzugt, wenn im Verdrehsicherungseingriff nicht noch zusätzlich eine axiale Fixierung besteht, sondern die Eingriffsstrukturen zumindest grundsätzlich auch im Verdrehsicherungseingriff relativ zueinander axial beweglich sind, um gegebenenfalls Toleranzen oder Wärmedehnungsdifferenzen zwischen der Wellenanordnung und dem Phasensteller ausgleichen zu können.

[0014] Besonders günstig sind die Verhältnisse, wenn der Stator drehfester Bestandteil eines Phasenstellergehäuses und die Phasensteller-Eingriffsstruktur am Phasenstellergehäuse vorgesehen ist. Die für die einfache Montage von außen zugängliche, nämlich für die Nockenwellen-Eingriffsstruktur zugängliche Phasensteller-Eingriffsstruktur kann am Phasenstellergehäuse wie bereits erwähnt beispielsweise als axiale Vertiefung oder axiale Abragung oder eine Mehrzahl von axialen Vertiefungen oder Abragungen geformt, gegebenenfalls auch durch eine Kombination unterschiedlicher Formelemente verwirklicht sein. Die Phasensteller-Eingriffsstruktur kann auch separat geformt und mit dem Phasenstellergehäuse nachträglich drehfest gefügt sein. Sie kann insbesondere an einem stirnseitigen Deckel des Phasenstellergehäuses vorgesehen sein. Die Form und Anordnung der Phasensteller-Eingriffsstruktur ist jedenfalls derart, dass bei Montage des Phasenstellers durch eine axiale Bewegung des Phasenstellergehäuses relativ zur ersten Nockenwelle und somit relativ zur Nockenwellen-Eingriffsstruktur der Verdrehsicherungseingriff hergestellt werden kann.

[0015] In Ausführungen, in denen der Stator wie be-

vorzugt drehfester Bestandteil eines Phasenstellergehäuses ist, sind im Phasenstellergehäuse vorteilhafterweise zwischen dem Stator und dem Rotor wenigstens eine Frühstellkammer, vorzugsweise mehrere Frühstellkammern, und der Frühstellkammer oder den Frühstellkammern entgegenwirkend wenigstens eine Spätstellkammer oder vorzugsweise mehrere Spätstellkammern gebildet. Die Frühstellkammer(n) dient oder dienen der Erzeugung eines auf den Rotor relativ zum Stator in Richtung Voreilung wirkenden Drehmoments. Die Spätstellkammer(n) dient oder dienen der Erzeugung eines auf den Rotor relativ zum Stator in Richtung Nacheilung wirkenden Drehmoments. Die Stellkammern sind zur Erzeugung des jeweiligen Drehmoments mit einem Druckfluid beaufschlagbar, um die Drehwinkelposition des Rotors relativ zum Stator verstellen zu können. Der entweder in der oder den Frühstellkammer(n) oder der oder den Spätstellkammer(n) oder gegebenenfalls in beiden Stellkammerarten herrschende Druck wirkt vorzugsweise in Umfangsrichtung auf den Rotor.

[0016] Der Phasensteller ist in bevorzugten Ausführungen ein hydraulischer Phasensteller. Er kann insbesondere vom Flügelzellen- oder Schwenkflügeltyp sein, wobei die beiden Begriffe als synonym verstanden werden. In derartigen Ausführungen weist der Rotor wenigstens einen Rotorflügel auf, an den in die eine Umfangsrichtung die wenigstens eine Frühstellkammer und in die andere Richtung die wenigstens eine Spätstellkammer angrenzen. Der Rotorflügel teilt einen in Umfangsrichtung vom Stator begrenzten Druckraum in die beiden Stellkammern. Bevorzugt weist der Rotor um seine Drehachse verteilt mehrere Rotorflügel auf, die Druckräume, die in Umfangsrichtung vom Stator begrenzt werden, in jeweils eine Frühstellkammer und jeweils eine Spätstellkammer unterteilen. Ein derartiger Phasensteller kann aufgrund der Erfindung in besonders einfacher Weise als vorgefertigte Montageeinheit bereitgestellt und an der Wellenanordnung montiert werden.

[0017] Hinsichtlich des Antriebsrads, über das die Wellenanordnung und der Phasensteller drehangetrieben werden, ist von Vorteil, wenn in ersten Varianten die erste Nockenwelle über das Antriebsrad drehantreibbar ist und im Verdrehsicherungseingriff auf den Stator abtreibt oder in alternativen zweiten Varianten der Stator über das Antriebsrad drehantreibbar ist und im Verdrehsicherungseingriff auf die erste Nockenwelle abtreibt. In den ersten Varianten dient die mit dem Stator drehfeste Phasensteller-Eingriffsstruktur als Stator-Drehmitnehmer, in den zweiten Varianten dient die mit der ersten Nockenwelle drehfeste Nockenwellen-Eingriffsstruktur als Nockenwellen-Drehmitnehmer.

[0018] Das Antriebsrad weist vorteilhafterweise um seine Drehachse umlaufend eine Verzahnung für einen drehmomentfesten Antrieb durch die Kurbelwelle auf. Drehmomentfest bedeutet, dass das Antriebsrad in vorgegebener Drehzahlbeziehung zur Kurbelwelle steht. Das Antriebsrad kann beispielsweise mit einem auf das Antriebsrad abtreibenden Abtriebsrad ein Stirnradgetrie-

be, vorzugsweise ein Stirnzahnradgetriebe, bilden. Das Antriebsrad kann alternativ aber beispielsweise auch ein Kettenrad oder Zahnriemenrad eines entsprechenden Zugmitteltriebs sein.

[0019] Das Antriebsrad kann die Nockenwellen-Eingriffsstruktur oder stattdessen die Phasensteller-Eingriffsstruktur unmittelbar bilden. In derartigen Ausführungen weist es zum Drehantreiben umlaufend um seine Drehachse die genannte Verzahnung auf und ferner am Umfang oder an einer Stirnseite die Eingriffsstruktur. Die Nockenwellen-Eingriffsstruktur oder Phasensteller-Eingriffsstruktur kann zusätzlich zu der Verzahnung am Antriebsrad vorgesehen sein. Sie kann von der Verzahnung auch gleich mitgebildet werden, wobei in derartigen Fällen die Verzahnung axial länger ist, als es für den Drehantrieb der Nockenwelle oder des Phasenstellers notwendig wäre, so dass die Verzahnung axial nebeneinander einen Abschnitt für den Drehantrieb und einen anderen Abschnitt aufweist, der die Nockenwellen-Eingriffsstruktur oder Phasensteller-Eingriffsstruktur bildet. Obgleich Ausführungen, in denen das Antriebsrad sowohl die Funktion der Drehmomentaufnahme von außerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung als auch die Funktion als Eingriffsstruktur erfüllt, von Vorteil sind, kann das Antriebsrad in anderen Ausführungen stattdessen ebenfalls vorteilhaft auch nur die Funktion des Drehantriebs für die Vorrichtung erfüllen. Die mit der ersten Nockenwelle drehfeste Nockenwellen-Eingriffsstruktur und die mit dem Phasensteller drehfeste Phasensteller-Eingriffsstruktur sind dann anderweitig gebildet, die Nockenwellen-Eingriffsstruktur beispielsweise direkt an oder auf der Nockenwelle oder einem anderen Bauteil, das mit der ersten Nockenwelle drehfest gefügt ist.

[0020] Ist der Phasensteller als hydraulischer Phasensteller ausgeführt, weist er für die hydraulische Drehverstellung des Rotors einen Einlass und einen Auslass für ein Druckfluid auf. Bei dem Druckfluid kann es sich insbesondere um ein der Schmierung der Brennkraftmaschine dienendes Schmieröl handeln. Der Phasensteller kann über ein Maschinengehäuse der Brennkraftmaschine, beispielsweise einen Zylinderkopf oder einen Zylinderkopfdeckel, oder über die Wellenanordnung, vorzugsweise über die mit dem Rotor drehfeste zweite Nockenwelle, mit dem Druckfluid versorgt werden. In alternativen Ausführungen kann der Phasensteller von außen über ein am Maschinengehäuse befestigtes Anbaugehäuse mit dem Druckfluid versorgt werden. Die genannten Versorgungswege können auch miteinander kombiniert sein, beispielsweise derart, dass das Druckfluid über das Maschinengehäuse wie etwa einen Zylinderkopf oder Zylinderkopfdeckel zur Wellenanordnung und über die Wellenanordnung zum Phasensteller gelangt, oder aber beispielsweise derart, dass das Druckfluid zunächst zu dem genannten Anbaugehäuse und von diesem direkt oder aber indirekt vom Anbaugehäuse über das Maschinengehäuse oder die Wellenanordnung dem Phasensteller zugeführt wird. Das Anbaugehäuse kann einen im Versorgungskreis stromauf vom Phasensteller

angeordneten Druckspeicher zur Sicherung eines für den Phasensteller ausreichenden Druckniveaus aufweisen. Alternativ oder bevorzugt zusätzlich zu einem Druckspeicher kann stromauf vom Phasensteller ein Rücksperrmittel wie etwa ein Rückschlagventil angeordnet sein, vorzugsweise in dem Anbaugehäuse, das verhindert, dass das Druckfluid innerhalb der Zuführung zum Phasensteller bei einem stromaufwärtigen Druckabfall zurück, vom Phasensteller weg abströmen kann. Weist das Anbaugehäuse einen Druckspeicher auf, ist das optionale Sperrmittel stromauf des Druckspeichers und vorzugsweise im Anbaugehäuse angeordnet. Das Anbaugehäuse kann alternativ oder zusätzlich zu den genannten Funktionen auch der Lagerung des elektromagnetischen Teils eines elektromagnetisch ansteuerbaren Steuerventils dienen, durch das der Phasensteller mit dem Druckfluid gesteuert betrieben wird. Alternativ oder zusätzlich zu einem stromauf des Druckspeichers angeordneten Rücksperrmittel kann in der Fluidzuführung zum Phasensteller stromab des Druckspeichers, also zwischen dem Druckspeicher und dem Phasensteller, vorzugsweise zwischen dem Druckspeicher und einem Steuerventil des Phasenstellers, ein Rücksperrmittel angeordnet sein, das ein Rückströmen vom Phasensteller in Richtung auf den Druckspeicher verhindert.

[0021] In bevorzugten Ausführungen eines hydraulischen Phasenstellers erstreckt sich ein Auslass für das Druckfluid durch den Bereich des Verdrehsicherungseingriffs und zwischen den Eingriffsstrukturen, so dass der Verdrehsicherungseingriff in Doppelfunktionen für eine Druckentlastung des Phasenstellers genutzt wird. Wird das Fluid vom Phasensteller über den Verdrehsicherungseingriff abgeführt, kann das abgeführte Fluid vorteilhafterweise auch für eine Schmierung im Verdrehsicherungseingriff sorgen und so der Bildung von Reibrost entgegenwirken. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Eingriffsstrukturen im Verdrehsicherungseingriff miteinander ein Schubgelenk bilden, also zumindest dem Grunde nach relativ zueinander axial beweglich sind.

[0022] Die Eingriffsstrukturen weisen in bevorzugten Ausführungen um eine gemeinsame Drehachse umlaufend jeweils eine Verzahnung auf, und die Verzahnungen sind miteinander in dem Verdrehsicherungseingriff. Die Verzahnungen weisen vorzugsweise eine gleichmäßige Zahnteilung auf, wobei allerdings ein oder mehrere Zähne weggelassen werden kann oder können, um beispielsweise einen Auslass zu bilden. Die Verzahnungen können vorteilhafterweise an einander zugewandten Stirnseiten der Eingriffsstrukturen jeweils als Kronenverzahnung ausgeführt sein. Es kann stattdessen oder grundsätzlich auch zusätzlich eine der Eingriffsstrukturen an einem äußeren Umfang eine Außenverzahnung und die andere an einem inneren Umfang eine Innenverzahnung aufweisen. Grundsätzlich würde es zwar genügen, wenn eine der Eingriffsstrukturen eine Eingriffsnut und die andere eine damit zusammenwirkende Eingriffsrippe aufwiese, so dass der Verdrehsicherungseingriff in

der Art einer Nut- und Federverbindung ausgeführt wäre. Es könnten an einander zugewandten Stirnseiten der Eingriffsstrukturen auch jeweils nur eine axiale Vertiefung und damit zusammenwirkend nur eine axiale Abragung als Eingriffselement und Eingriffsgegenelement vorgesehen sein, wobei die Abragung im Verdrehseicherungseingriff in die Vertiefung hinein ragt und dadurch die Drehmitnahme im Verdrehseicherungseingriff bewirkt. Umlaufende Verzahnungen oder zumindest mehrere Eingriffsnuten und Eingriffsrippen oder mehrere Vertiefungen und Abragungen in vorzugsweise gleichmäßiger Verteilung um die Drehachse werden jedoch bevorzugt. Ganz grundsätzlich könnte die Verdrehseicherung auch durch ein axial einschiebbares Blockierelement, beispielsweise einen Stift, eine Passfeder, eine Scheibenfeder oder dergleichen, hergestellt werden, was jedoch einen zusätzlichen Arbeitsschritt bei der Montage erforderlich machen würde. Eine Alternative, die hinsichtlich der einfachen axialen Aufschieb-Montage ebenfalls vorteilhaft ist, wären Eingriffsstrukturen, von denen eine die andere um die Drehachse umgibt, wobei die den Formschluss miteinander bewirkenden Querschnitte der Eingriffsstrukturen von der kreisrunden Form abweichen, beispielsweise polygonal sind. Die Bildung des Verdrehseicherungseingriffs mit aneinander angepassten, um die Drehachse umlaufenden Verzahnungen ist jedoch eine besonders platz sparende Variante, die auch für die Übertragung hoher Drehmomente geeignet ist. Denkbar wäre ferner auch ein kraftschlüssiger Eingriff, wobei eine der Eingriffsstrukturen, die die andere umgibt, als Spannhülse ausgebildet sein könnte. Ein kraftschlüssiger Verdrehseicherungseingriff kann jedoch eine unerwünschte Überbestimmtheit bewirken, oder kann auch einen zusätzlichen Montageschritt erforderlich machen, wenn solch eine Spannhülse beispielsweise mittels eines Spannmittels nach dem Aufschieben gespannt werden müsste, um den Verdrehseicherungseingriff herzustellen. Da in Serienfertigungen, insbesondere Großserienfertigungen, wie etwa in der Kraftfahrzeugfertigung, dem bevorzugten Anwendungsgebiet der Erfindung, jeder zusätzliche Arbeitsschritt der Größe der Serie entsprechend tausend- oder gar millionenfach wiederholt wird, bedeutet jede Vereinfachung der Montage einen erheblichen Vorteil.

[0023] Ist der Phasensteller wie bevorzugt als hydraulischer Phasensteller ausgeführt, kann ein die relative Drehwinkelposition des Rotors steuerndes Steuerventil vorteilhafterweise zentral angeordnet sein, zentral in Bezug auf den Rotor und den Stator und vorzugsweise auch in Bezug auf die Nockenwellen. Ein zentrales Steuerventil kann insbesondere auch in die zweite Nockenwelle hineinragen. Die zweite Nockenwelle ist in derartigen Ausführungen mit einem zentralen, am dem Phasensteller zugewandten Stirnende offenen Hohlraum versehen, in den das zentrale Steuerventil ragt und in dem es fest mit der zweiten Nockenwelle verbunden sein kann, um dadurch den Phasensteller an der Wellenanordnung zu befestigen.

[0024] In Ausführungen, in denen der Phasensteller ein in Bezug auf den Stator und den Rotor zentrales Steuerventil für eine fluidische Verstellung der Drehwinkelposition des Rotors umfasst, kann das Steuerventil mit Vorteil ein Verbindungsglied der Verbindungseinrichtung bilden, zweckmäßigerweise ein Schraubelement, und in einen Hohlraum der zweiten Nockenwelle hineinragen und in dem Hohlraum mit der zweiten Nockenwelle fest verbunden, zweckmäßigerweise verschraubt sein. Ein zentrales, den Rotor durchragendes und in die zweite Nockenwelle ragendes Verbindungsglied wie etwa ein Schraubelement ist für eine drehfeste Verbindung von Rotor und zweiter Nockenwelle und die Befestigung des Phasenstellers im Ganzen aber auch dann von Vorteil, wenn solch ein Verbindungsglied nicht Bestandteil eines Steuerventils ist.

[0025] Ein auch für die Zwecke der Erfindung vorteilhaftes Steuerventil wird in der DE 10 2010 002 713 offenbart, die für vorteilhafte Ausgestaltungen des Steuerventils in Bezug genommen wird.

[0026] Der Phasensteller umfasst in bevorzugten Ausführungen eine Verriegelungseinrichtung, die den Rotor in einem lösbaren Verriegelungseingriff in einer bestimmten Drehwinkelposition relativ zum Stator mechanisch, vorzugsweise formschlüssig, fixiert und durch Beaufschlagung mit einem Druckfluid in einen die Verstellung der Drehwinkelposition des Rotors zulassenden Freigabezustand wechselt. Bei der Montage des Phasenstellers besteht vorzugsweise der Verriegelungseingriff. Verriegelungseinrichtungen, wie sie vorteilhafterweise auch im Rahmen der Erfindung verwirklicht sein können, werden in der DE 10 2011 004 539 und der DE 10 2010 053 685 offenbart, die bezüglich der Verriegelungseinrichtung, in Bezug auf das Steuerventil und auch bezüglich vorteilhafter Merkmale eines Druckspeichers, einschließlich der Abstimmung einer Verriegelungseinrichtung und eines Druckspeichers aufeinander, in Bezug genommen werden.

[0027] Der Phasensteller kann eine Drehfeder aufweisen, die den Rotor relativ zum Stator in Richtung auf eine Drehwinkelendposition spannt. Die Drehfeder kann vorteilhafterweise zusätzlich oder auch anstelle einer Verriegelungseinrichtung vorhanden sein.

[0028] Es wurde bereits ausgeführt, dass die bei montiertem Phasensteller im Verdrehseicherungseingriff befindlichen Eingriffsstrukturen insbesondere aneinander angepasste Stirnverzahnungen oder aber Kronenverzahnungen sein können. Handelt es sich um Kronenverzahnungen, wird der Phasensteller bei der Montage mit seiner kronverzahnten Eingriffsstruktur einer Klauen- oder Stirnzahnkupplung entsprechend in den Verdrehseicherungseingriff mit der angepasst kronverzahnten Nockenwellen-Eingriffsstruktur bewegt. Als Kronenverzahnung versteht die Erfindung jede Art von Verzahnung, mit mehreren, um die Drehachse des Phasenstellers verteilt an einer Stirnseite axial abragenden Zähnen, beispielsweise eine Hirth-Verzahnung und auch jede andere Art der Planverzahnung. Die Verzahnungen der Ein-

griffsstrukturen können zur Drehachse auch geneigt sein, also sowohl in axialer als auch radialer Richtung abragen. So kann die eine Eingriffsverzahnung an einer konischen Stirnseite schräg nach radial außen abragende Zähne und die andere Eingriffsstruktur entsprechend an einer zugewandten konischen Stirnseite schräg nach radial innen vorragende Zähne aufweisen. Kronen- oder Planverzahnungen mit zumindest im Wesentlichen nur axial abragenden Zähnen wird jedoch der Vorzug gegeben. Kronenverzahnungen im engeren Sinne, deren Zähne entsprechend zumindest im Wesentlichen nur axial an der jeweiligen Stirnseite abragen, können auf einfache Weise hergestellt, d. h. geformt werden. Ein Verdrehungseingriff mit kron- oder planverzahnten Eingriffsstrukturen, deren Zähne zumindest im Wesentlichen nur axial von Stirnseiten abragen, hat ferner den Vorteil, dass für den Verdrehungseingriff radial zur Drehachse gesehen kein zusätzlicher Bauraum benötigt wird. Im Vergleich zu stirnverzahnten Eingriffsstrukturen, die als solche aufgrund der Wellen-Buchsen-Anordnung unumgänglich einen gewissen radialen Bauraum benötigen, kann die Abdichtung von Druckkammern des Phasenstellers bei sonst gleichen Abmessungen des Phasenstellers verbessert oder zumindest erleichtert werden.

[0029] Im Sinne eines anzustrebenden geringen Bauumbedarfs in radialer Richtung sind grundsätzlich Eingriffsstrukturen von Vorteil, deren im montierten Zustand des Phasenstellers im Verdrehungseingriff befindlichen Eingriffselemente und -gegenelemente an axial einander zugewandten Stirnseiten zumindest im Wesentlichen nur axial abragen. Angesichts der Drehmomentbelastung, der die Eingriffsstrukturen standhalten müssen, sind solche Eingriffselemente vorzugsweise die axial abragenden Zähne von Verzahnungen, die um die Drehachse vorzugsweise vollständig, also über 360° umlaufen.

[0030] Das den Stator umfassende Phasenstellergehäuse kann auf dem Rotor oder im Verdrehungseingriff mit der Nockenwellen-Eingriffsstruktur drehgelagert sein und sonst keine weitere Drehlagerung aufweisen, insbesondere in Ausführungen, in denen die erste Nockenwelle auf den Stator abtreibt, die Phasensteller-Eingriffsstruktur also als Stator-Drehmitnehmer wirkt. Das den Stator umfassende Phasenstellergehäuse kann jedoch stattdessen auch in einem äußeren Drehlager, also einem in Bezug auf den Verdrehungseingriff und die Anordnung aus Rotor und Stator externen Drehlager und somit unabhängig von der Nockenwellenanordnung drehgelagert sein. So kann das Phasenstellergehäuse im äußeren Drehlager beispielsweise am Maschinengehäuse, wie etwa an einem Zylinderkopf oder einem Zylinderkopfdeckel, abgestützt sein. Die Abstützung in einem äußeren Drehlager ist insbesondere für Ausführungen von Vorteil, in denen das Antriebsrad über den Stator die erste Nockenwelle drehantreibt, das Phasenstellergehäuse also auf die erste Nockenwelle abtreibt, so dass die Nockenwellen-Eingriffsstruktur als

Nockenwellen-Drehmitnehmer wirkt. Das Antriebsrad ist in derartigen Ausführungen vorzugsweise drehfest mit dem Stator verbunden, beispielsweise mit dem Phasenstellergehäuse fest gefügt oder gegebenenfalls unmittelbar am Stator oder einem seitlichen Deckel des Phasenstellergehäuses in einem Stück geformt.

[0031] Die Verbindungseinrichtung, die den Phasensteller an der Wellenanordnung in Bezug auf die axiale Richtung befestigt und den Rotor mit der zweiten Nockenwelle drehfest verbindet, umfasst in bevorzugten Ausführungen einen Nockenwellen-Hohlraum, der sich am dem Phasensteller zugewandten axialen Ende der Wellenanordnung in der zweiten Nockenwelle erstreckt und zum Phasensteller hin offen ist. Die Verbindungseinrichtung umfasst ferner ein in diesen Hohlraum ragendes und im Hohlraum mit der zweiten Nockenwelle im montierten Zustand fest verbundenes Verbindungsglied, also ein zentrales Verbindungsglied wie etwa eine zentrale Befestigungsschraube. Das zentrale Verbindungsglied kann wie bereits erwähnt das Gehäuse eines zentralen Steuerventils des Phasenstellers bilden. Das Steuerventil kann jedoch stattdessen auch außerhalb der Anordnung von Rotor und Stator angeordnet sein. Das Druckfluid des bevorzugt hydraulischen Phasenstellers wird jedoch auch in derartigen Ausführungen vorteilhafterweise zentral über den Bereich des Nockenwellen-Hohlraums in die Druckkammern des Phasenstellers geführt, d. h. durch den Nockenwellen-Hohlraum und im Rotor des Phasenstellers gebildete Zuführungen. Das zentrale Verbindungsglied ist in derartigen Ausführungen kein Ventilgehäuse, sondern erfüllt im Wesentlichen nur die Funktion, den Rotor mit der zweiten Nockenwelle unbeweglich zu verbinden.

[0032] Im Bereich des Nockenwellen-Hohlraums kann zur Führung des Druckfluids radial zwischen der zweiten Nockenwelle und dem Verbindungsglied axial ein erster Verbindungskanal erstreckt sein, durch den das Druckfluid der wenigstens einen oder den bevorzugt mehreren Frühstellkammern des Phasenstellers oder aber der wenigstens einen oder den vorzugsweise mehreren Spätstellkammern zugeführt werden kann. Zweckmäßigerweise kann das Druckfluid im Falle des Umsteuerns des Phasenstellers durch den ersten Verbindungskanal von dem entsprechenden Kammertyp, nämlich entweder Frühstell- oder Spätstellkammer, auch wieder abgeführt werden. Die Schaffung eines axial erstreckten Verbindungskanals radial zwischen dem Verbindungsglied und der im Bereich des Hohlraums das Verbindungsglied umgebenden Nockenwelle ist insbesondere für Ausführungen vorteilhaft, in denen das Steuerventil in Bezug auf den Phasensteller bzw. die Nockenwelle nicht zentral, sondern außerhalb der Anordnung von Rotor und Stator angeordnet ist.

[0033] Am dem Phasensteller zugewandten Ende der zweiten Nockenwelle kann eine Hülsenstruktur angeordnet und mit der zweiten Nockenwelle nicht verdrehbar und vorzugsweise auch axial nicht beweglich verbunden sein. Die zweite Nockenwelle kann mit der Hülsenstruktur

tur einen zweiten Verbindungskanal begrenzen, durch den das Druckfluid der wenigstens einen Frühstellkammer oder aber der wenigstens einen Spätstellkammer zugeführt werden kann. Sind sowohl der axial erstreckte erste Verbindungskanal als auch der axial erstreckte zweite Verbindungskanal vorhanden, sind diese Verbindungskanäle fluidisch getrennt, d. h. der eine dieser Verbindungskanäle ist nur mit der oder den Frühstellkammer (n) und der andere nur mit der oder den Spätstellkammer (n) verbunden. Die Hülsenstruktur kann sich teilweise oder gänzlich im Nockenwellen-Hohlraum erstrecken, um den ersten und den zweiten Verbindungskanal im Hohlraum fluidisch voneinander zu trennen. Die Hülsenstruktur dient in derartigen Ausführungen als Trennhülse. Die Hülsenstruktur kann stattdessen aber auch am äußeren Umfang der zweiten Nockenwelle angeordnet sein, so dass der zweite Verbindungskanal am äußeren Umfang der zweiten Nockenwelle zwischen der zweiten Nockenwelle und der in diesem Falle äußeren Hülsenstruktur gebildet ist.

[0034] Der erste Verbindungskanal oder der zweite Verbindungskanal kann oder können jeweils insbesondere ein um die Drehachse des Phasenstellers vollständig umlaufend erstreckter Ringraum sein.

[0035] In Ausführungen, in denen der erste Verbindungskanal radial zwischen dem zentralen Verbindungsglied und einem umgebenden Mantelabschnitt der zweiten Nockenwelle gebildet ist, kann der Nockenwellen-Hohlraum vorteilhafterweise eine variable Hohlraumweite aufweisen, insbesondere als Stufenbohrung gebildet sein. Der gestufte Hohlraum weist axial aneinander grenzend in derartigen Ausführungen an seinem dem Phasensteller zugewandten Ende eine größere Weite und in einem sich axial daran anschließenden, vom Phasensteller weiter entfernten Abschnitt eine demgegenüber geringere Weite auf. Im Abschnitt mit der geringeren Weite besteht im montierten Zustand des Phasenstellers die feste Verbindung mit dem Verbindungsglied, beispielsweise eine Schraubverbindung. Im demgegenüber erweiterten Hohlraumabschnitt erstreckt sich der erste Verbindungskanal. In einer bevorzugten Weiterbildung solch einer Anordnung ist dann noch die bereits genannte Hülsenstruktur als äußere Hülsenstruktur vorgesehen, um den zweiten Verbindungskanal am Außenumfang der zweiten Nockenwelle zwischen der zweiten Nockenwelle und der äußeren Hülsenstruktur zu bilden.

[0036] Die Erfindung betrifft nicht nur die Wellenanordnung mit dem montierten Phasensteller, sondern auch einen für die Montage an geschachtelten Nockenwellen geeigneten Phasensteller. Der Phasensteller umfasst einen Stator und einen Rotor, der relativ zum Stator innerhalb eines vorgegebenen Winkelbereichs um eine Drehachse drehwinkelverstellbar angeordnet ist. Der Stator ist ein drehfester Bestandteil eines Phasenstellergehäuses, in dem der Rotor drehverstellbar aufgenommen ist. Da der Stator im montierten Zustand des Phasenstellers gemeinsam mit einer ersten der geschachtelten Nockenwellen dreht, ist das Phasenstellergehäuse in Bezug auf

die Drehachse des Stators rotationssymmetrisch. Der Phasensteller umfasst ferner ein Verbindungsglied für eine drehfeste Befestigung des Rotors an einer anderen, zweiten der geschachtelten Nockenwellen. Weist der Phasensteller wie zur Vorrichtung bereits erläutert ein zentrales Steuerventil auf, kann vorteilhafterweise ein Ventilgehäuse des Steuerventils das Verbindungsglied bilden. Der Phasensteller weist erfindungsgemäß eine mit dem Phasenstellergehäuse drehfeste Phasensteller-Eingriffsstruktur mit wenigstens einem, vorzugsweise mehreren axial erstreckten Eingriffselement(en) zur Herstellung eines auf Formschluss beruhenden Verdrehsicherungseingriffs auf. Die Phasensteller-Eingriffsstruktur bildet im montierten Zustand innerhalb der erläuterten Vorrichtung die im Verdrehsicherungseingriff befindliche Eingriffsstruktur des Phasenstellers. Die Phasensteller-Eingriffsstruktur ist in solch einer Weise am Phasenstellergehäuse vorgesehen und angepasst geformt, dass sie im montierten Zustand im Verdrehsicherungseingriff mit einer Eingriffsgegenstruktur der dem Stator zugeordneten Nockenwelle, der Nockenwellen-Eingriffsstruktur, den Stator mit der ersten Nockenwelle durch Formschluss verdrehgesichert verbindet. Die Phasensteller-Eingriffsstruktur ist so geformt, dass sie bei der Montage des Phasenstellers axial in oder auf eine mit der ersten Nockenwelle drehfeste Nockenwellen-Eingriffsstruktur geschoben werden kann, um den Verdrehsicherungseingriff herzustellen. Die Phasensteller-Eingriffsstruktur ist vorzugsweise so geformt, dass sie durch eine axiale Geradbewegung des Phasenstellers relativ zur ersten Nockenwelle in den Verdrehsicherungseingriff bewegt werden kann.

[0037] Am Phasenstellergehäuse kann zur Ausbildung der Phasensteller-Eingriffsstruktur ein axial abragender Ring geformt oder mit dem Phasenstellergehäuse gefügt sein, der beispielsweise an einer Stirnseite oder ebenfalls bevorzugt an einem inneren oder äußeren Ringumfang mit einer Verzahnung, vorteilhafterweise mit einer um die Drehachse des Stators umlaufenden Verzahnung versehen ist. Der Ring erstreckt sich vorzugsweise umlaufend, über 360°, kann grundsätzlich aber auch nur als Teilring gebildet sein. Für die Verzahnung gilt dies ebenso, d. h. sie kann teilweise oder bevorzugt vollständig um die Drehachse umlaufend vorgesehen sein. Eine Phasensteller-Eingriffsstruktur mit zumindest im Wesentlichen axial abragenden Eingriffselementen, wie insbesondere eine Kronenverzahnung, kann vorteilhafterweise aber auch unmittelbar an einer der Wellenanordnung zugewandten Stirnseite eines seitlichen Deckels des Phasenstellergehäuses gebildet sein. Eine derartige Phasensteller-Eingriffsstruktur kann auch in einer an der Stirnseite des Deckels gebildeten Vertiefung, beispielsweise einer an der Stirnseite umlaufenden Nut oder eines radial am Deckel innen, unmittelbar der Wellenanordnung radial zugewandten Absatz gebildet sein, um den für den Verdrehsicherungseingriff in axialer Richtung benötigten Bauraum zu verringern.

[0038] Soweit für die Komponenten des Phasenstel-

lers, wie insbesondere den Stator, das Phasenstellergehäuse, den Rotor, das Verbindungsglied und die Phasensteller-Eingriffsstruktur Merkmale in Verbindung mit der Vorrichtung, also dem Phasensteller im montierten Zustand, offenbart werden, gelten die diesbezüglichen Ausführungen auch in Bezug auf den Phasensteller als solchen. Der Phasensteller ist vorzugsweise für die Verwendung innerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen.

[0039] Weitere vorteilhafte Merkmale werden auch in den Unteransprüchen und deren Kombinationen offenbart.

[0040] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Figuren erläutert. Am Ausführungsbeispiel offenbart werdende Merkmale bilden jeweils einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche und auch die vorstehend beschriebenen Ausführungen vorteilhaft weiter. Es zeigen:

- Figur 1 einen Phasensteller eines ersten Ausführungsbeispiels, der zur Drehwinkelverstellung geschachtelter Nockenwellen an einem axialen Ende der Nockenwellen angeordnet ist, in einem Längsschnitt,
- Figur 2 den Phasensteller in einem Querschnitt,
- Figur 3 einen Querschnitt, in dem der Phasensteller mit einer der Nockenwellen in einem verdrehgesicherten, axialen Schiebeseingriff ist,
- Figur 4 die Nockenwellen und den Phasensteller in einem anderen Längsschnitt,
- Figur 5 den Phasensteller mit einer Wellenanordnung, die eine modifizierte Nockenwelle aufweist,
- Figur 6 den Phasensteller als solchen,
- Figur 7 einen Phasensteller eines zweiten Ausführungsbeispiels in einem Längsschnitt,
- Figur 8 das dem Phasensteller zugewandte Ende der Nockenwellenanordnung des zweiten Ausführungsbeispiels,
- Figur 9 einen Phasensteller eines dritten Ausführungsbeispiels in einem Längsschnitt,
- Figur 10 ein Beispiel einer Eingriffsstruktur mit an einer Stirnseite axial abragenden Zähnen, und
- Figur 11 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Eingriffsstruktur mit an einer Stirnseite axial abragenden Zähnen.

[0041] Figur 1 zeigt in einem ersten Ausführungsbeispiel eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit geschachtelten Nockenwellen 1 und 2 und einem Nockenwellen-Phasensteller S, der an einem axialen Ende der von den Nockenwellen 1 und 2 gebildeten Wellenanordnung angeordnet ist und der Variation der Drehwinkelposition dient, die die Nockenwellen 1 und 2 relativ zueinander aufweisen. Die erste Nockenwelle 1 bildet in der Wellenanordnung eine Außenwelle oder weist zumindest an dem axialen Ende, an dem der Phasensteller S angeordnet ist, einen äußeren Wellenabschnitt auf. Die zweite

Nockenwelle 2 bildet in der Wellenanordnung eine Innenwelle, die sich zumindest im Wesentlichen innerhalb der ersten Nockenwelle 1 erstreckt oder zumindest an dem axialen Ende der Wellenanordnung, an dem der Phasensteller S angeordnet ist, einen im äußeren Wellenabschnitt der Nockenwelle 1 erstreckten inneren Wellenabschnitt aufweist. Die Nockenwellen 1 und 2 sind um eine gemeinsame Drehachse R gemeinsam und innerhalb eines durch den Phasensteller S vorgegebenen Drehwinkelbereichs relativ zueinander verdrehbar, um die Steuerzeiten von Nocken der Nockenwelle 1 im Vergleich zu Nocken der Nockenwelle 2 und dadurch der zugeordneten Ventile variieren zu können. Die Vorrichtung ist Bestandteil einer Brennkraftmaschine, beispielsweise eines Antriebsmotors eines Kraftfahrzeugs. Die Wellenanordnung ist in oder an einem Maschinengehäuse M der Brennkraftmaschine, beispielsweise in oder an einem Zylinderkopf, drehgelagert.

[0042] Der Phasensteller S umfasst einen Stator 3, der mit einem Statordeckel 4 und einem Statordeckel 5 ein Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 bildet, und einen Rotor 9, der relativ zu dem Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 um die Drehachse R hin und her drehbar ist. Der Stator 3 ist mit den stirnseitigen Statordeckeln 4 und 5 fest, d. h. relativ zum jeweiligen Statordeckel 4 und 5 unbeweglich gefügt. Der Stator 3 bzw. das Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 wird über ein Getriebe von einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine in vorgegebener Drehzahlbeziehung zur Kurbelwelle um die Drehachse R drehangetrieben und nimmt bei seiner Drehbewegung den Rotor 9 mit. Zur Variation der relativen Drehwinkelposition der Nockenwellen 1 und 2 kann die Drehwinkelposition des Rotors 9 relativ zum Stator 3 allerdings verstellt werden. Der Rotor 9 ist mit der Nockenwelle 2 drehfest verbunden und wie bevorzugt, aber nur beispielhaft, mit der Nockenwelle 2 auch axial fest, d. h. relativ zur Nockenwelle 2 axial unbeweglich, verbunden. Der Stator 3 ist in einem Verdrehicherungseingriff mit der Nockenwelle 1 verdrehgesichert verbunden, kann also relativ zu der ersten Nockenwelle 1 um die Drehachse R nicht verdreht werden.

[0043] Figur 2 zeigt den Phasensteller in einem Querschnitt. Der Stator 3 ist als Hohlring mit nach innen, in Richtung auf die Drehachse R abragenden Statorbacken gebildet. Der Rotor 9 weist entsprechend eine Rotornabe und von der Rotornabe nach außen abragende Rotorflügel auf. Die Statorbacken begrenzen in Umfangsrichtung Druckräume für ein hydraulisches Druckfluid. Die Rotorflügel ragen jeweils zwischen zwei benachbarten Statorbacken nach außen und unterteilen jeweils einen der von den Statorbacken begrenzten Druckräume in eine Frühstellkammer K_1 und eine Spätstellkammer K_2 . Werden die Frühstellkammern K_1 unter Druck gesetzt und die Spätstellkammern K_2 entlastet, dreht der Rotor 9 relativ zum Stator 3 in Figur 2 im Uhrzeigersinn bis maximal in die in Figur 2 eingenommene Frühstellung. Werden die Spätstellkammern K_2 unter Druck gesetzt und die Frühstellkammern K_1 im Druck entlastet, dreht der Rotor 9

gegen den Uhrzeigersinn bis maximal in eine Spätstellung. Durch Druckbeaufschlagung der Frühstellkammern K_1 wird die Nockenwelle 2 wegen der drehfesten Verbindung mit dem Rotor 9 relativ zur Nockenwelle 1 in Richtung Voreilung bzw. "früh" verstellt. Eine relative Drehverstellung in die andere Drehrichtung entspricht einer Verzögerung oder Verstellung der Nockenwelle 2 in Richtung Nacheilung bzw. "spät". Die Frühstellung und die Spätstellung werden jeweils durch einen Anschlagkontakt vorgegeben. In den beiden Endstellungen ist jeweils vorzugsweise wenigstens einer der Rotorflügel in einem Anschlagkontakt mit einer der Statorbacken. In bevorzugten Ausführungen kann der Rotor 9 nicht nur zwischen diesen beiden Drehwinkelendpositionen relativ zum Stator 3 hin und her drehverstellt, sondern durch entsprechende Druckbeaufschlagung sowohl der Frühstellkammern K_1 als auch der Spätstellkammern K_2 in einer beliebigen Zwischenposition hydraulisch fixiert werden.

[0044] Der Phasensteller S weist ein in Bezug auf die Stator-Rotor-Anordnung 3, 9 zentrales Steuerventil 20 mit einem Ventilgehäuse 21 und einem im Ventilgehäuse 21 axial hin und her verstellbar angeordneten Ventilkolben 22 auf. Der Ventilkolben 22 ist hohl mit einem axial erstreckten Hohlraum 23. Das Steuerventil 20 weist einen Ventileinlass P_a an einem der Nockenwelle 2 zugewandten Ende und einen Kolbenauslass auf, der radial durch einen den Hohlraum 23 umgebenden Mantel des Ventilkolbens 22 führt. Der Ventilkolben 22 weist an seinem vom Einlass P_a abgewandten anderen axialen Ende ein Kopplungsorgan 25 auf für eine Kopplung mit einem Stellglied, das die axiale Verstellung des Ventilkolbens 22 bewirkt. Das Kopplungsorgan 25 wirkt als Betätigungsstößel des Ventilkolbens 22. Das Kopplungsorgan 25 durchragt eine Stirnverschlusswand 26 des Ventilgehäuses 21. Die Stirnverschlusswand 26 umgibt das Kopplungsorgan 25 in enger Passung und sorgt trotz des hin und her beweglichen Kopplungsorgans 25 für den fluiddichten Verschluss des Ventilgehäuses 21. Das Stellglied ist beispielhaft wie bevorzugt ein elektromagnetisches Stellglied, im Ausführungsbeispiel ein Axialhub-Elektromagnet, mit einer bestrombaren Spule 27 und einem Anker 28, den die Spule 27 umgibt. Die Spule 27 ist drehfest mit dem Maschinengehäuse M der Brennkraftmaschine verbunden. Im Ausführungsbeispiel ist die Spule 27 drehfest mit einem Anbaugehäuse 18 verbunden, das am Maschinengehäuse M montiert ist und den Phasensteller S abdeckt. Der Anker 28 ist relativ zur Spule 27 axial beweglich. Er ist mit dem Kopplungsorgan 25 in einem Kopplungseingriff, der als axialer Druckkontakt gebildet ist. Bei Bestromung der Spule 27 wirkt auf den Anker 28 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.

[0045] Das Steuerventil 20 umfasst ein Federglied 24, dessen Federkraft der Stellkraft des elektromagnetischen Stellglieds entgegenwirkt. Das Federglied 24 ist

unmittelbar am Ventilgehäuse 21 und in Richtung auf das elektromagnetische Stellglied am Ventilkolben 22 abgestützt. Das elektromagnetische Stellglied 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 oder weiterer für den Betrieb der Brennkraftmaschine relevanter Parameter.

[0046] Über den Einlass P_a ist dem Steuerventil 20 zentral und in axialer Richtung Druckfluid zum Steuern des Phasenstellers S zuführbar. Das Druckfluid wird über die Wellenanordnung in den zentralen Hohlraum 2a geführt und strömt von dort axial durch den Ventileinlass P_a in den Kolbenraum 23. Bei dem Fluid kann es sich insbesondere um ein der Schmierung der Brennkraftmaschine dienendes Schmieröl handeln, das auch zur Schmierung beispielsweise eines Spurlagers der Wellenanordnung dienen kann. Das Druckfluid strömt vom Kolbenraum 23 über im Mantel des Ventilkolbens 22 gebildete Durchlässe 23a in Abhängigkeit von der axialen Position des Ventilkolbens 22 entweder über Zuführkanäle 9.1 zu den Frühstellkammern K_1 oder über Zuführkanäle 9.2 zu den Spätstellkammern K_2 (Figur 2). Das Ventilgehäuse 21 weist durch seinen Mantel führende Anschlüsse für die Zu- und Abführung des Druckfluids zu und von den Stellkammern K_1 und K_2 auf. Der Abführung dient wie noch erläutert wird ein Auslass 8. Weitere Details und vorteilhafte Merkmale des Steuerventils 20 werden in der bereits genannten deutschen Patentanmeldung DE 10 2010 002 713 und auch den beiden anderen genannten Anmeldungen DE 10 2011 004 539 und DE 10 2010 053 685 erläutert, die diesbezüglich in Bezug genommen werden.

[0047] Im Ausführungsbeispiel wird das Druckfluid über das Maschinengehäuse M zugeführt. Das Anbaugehäuse 18 umfasst einen Druckspeicher 29 für den Phasensteller S, der über einen im Anbaugehäuse 18 gebildeten Fluidkanal 19 an die Druckfluidzuführung des Maschinengehäuses M angeschlossen ist. Verfügt der Phasensteller S nicht über einen eigenen Druckspeicher, kann der Fluidkanal 19 im Anbaugehäuse 18 entfallen. In einer Modifikation kann das Druckfluid für den Phasensteller S dem Anbaugehäuse 18 zugeführt werden, das hierfür einen Druckfluidanschluss aufwies und vorzugsweise auch ein Sperrglied stromauf vom Druckspeicher. Anstelle eines externen Anschlusses am Anbaugehäuse 18 könnte das Druckfluid aber auch in noch einer Modifikation über das Maschinengehäuse M zunächst über das Sperrglied zum Druckspeicher und von diesem zurück über das Maschinengehäuse und die Wellenanordnung wie bevorzugt zentral dem Steuerventil 20 zugeführt werden.

[0048] Der Phasensteller S ist mittels eines Verbindungsglieds 21 mit der zweiten Nockenwelle 2 drehfest und wie bevorzugt, aber nur beispielhaft auch axial fest verbunden. Das Verbindungsglied 21 ragt mit einem vor-

deren Axialabschnitt in einen zentralen Hohlraum 2a der Nockenwelle 2 und ist dort mittels einer Schraubverbindung 14 fest mit der Nockenwelle 2 verbunden. Das Verbindungsglied 21 presst den Rotor 9 axial fest gegen eine Stirnwand der Nockenwelle 2 und schafft auf diese Weise die drehfeste und auch axial feste Verbindung von Rotor 9 und Nockenwelle 2.

[0049] Der Stator 3 ist durch Formschluss verdrehgesichert mit der ersten Nockenwelle 1 verbunden. Für die formschlüssige Verbindung sind eine mit dem Stator 3 drehfeste Eingriffsstruktur 6 des Phasenstellers S und eine mit der ersten Nockenwelle 1 drehfeste Eingriffsstruktur 12 miteinander in einem auf Formschluss beruhenden Verdrehsicherungseingriff. Die Phasensteller-Eingriffsstruktur 6 ist am Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 vorgesehen. Sie läuft um die Drehachse R um. Die Nockenwellen-Eingriffsstruktur 12 läuft ebenfalls um und überlappt im Verdrehsicherungseingriff mit der Phasensteller-Eingriffsstruktur 6 axial. Die Eingriffsstrukturen 6 und 12 können im Verdrehsicherungseingriff form- und kraftschlüssig ineinander greifen, um eine Steckverbindung miteinander zu bilden, bevorzugter beruht der Verdrehsicherungseingriff allerdings nur auf Formschluss oder zumindest ganz überwiegend auf Formschluss, so dass die Eingriffsstrukturen 6 und 12 miteinander ein Schubgelenk mit der Drehachse R als Gelenkachse bilden. Für die axiale Fixierung sorgt die Schraubverbindung 14 mit der Nockenwelle 2. Im Schubgelenk der Eingriffsstrukturen 6 und 12 können in derartigen Ausführungen gegebenenfalls erforderliche geringe axiale Relativbewegungen zwischen den Eingriffsstrukturen 6 und 12 stattfinden.

[0050] Die Phasensteller-Eingriffsstruktur 6 ist am Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 an der der Wellenanordnung zugewandten Stirnseite als axial abragender Ring gebildet, der wie bevorzugt, aber lediglich beispielhaft in einem Stück am den Nockenwellen 1 und 2 zugewandten Statordeckel 5 geformt ist. Die Nockenwellen-Eingriffsstruktur 12 wird vom Antriebsrad 10 gebildet, im Beispiel an einem äußeren Umfang des Antriebsrads 10. In Umkehrung der Verhältnisse wäre es aber auch möglich, die Eingriffsumfangsfläche als äußere Umfangsfläche der Phasensteller-Eingriffsstruktur 6 und die Eingriffsumfangsgegenfläche entsprechend als innere Umfangsfläche des Antriebsrads 10 oder einer entsprechenden anderen, mit der Nockenwelle 1 drehfesten Struktur zu bilden. Die Eingriffsstrukturen 6 und 12 sind vorzugsweise axial kurz, stummelförmig, grundsätzlich sind aber auch andere Geometrien denkbar. In einer Abwandlung könnte die Eingriffsumfangsfläche der Eingriffsstruktur 6 anstatt an einem axial abragenden Ring auch im axialen Bereich des scheibenförmigen Statordeckels 5 gebildet sein. Die Bildung der Eingriffsstruktur 6 an einem außen axial abragenden Ring oder einer vergleichbaren Abtragung hat jedoch den Vorteil, dass im scheibenförmigen Bereich des Statordeckels 5 Druckfluid über den auf der axialen Höhe des Statordeckels 5 um die Wellenanordnung sich ergebenden Hohlraum in Richtung auf ein

Druckfluidreservoir, beispielsweise ein Ölsumpf, abgelassen werden kann. Das vom Phasensteller S abströmende Druckfluid wird über einen im Verdrehsicherungseingriff zwischen den Eingriffsstrukturen 6 und 12 erstreckten Auslass 8 abgelassen, d. h. der Auslass 8 dient der Druckentlastung des Phasenstellers S.

[0051] Figur 3 zeigt den Verdrehsicherungseingriff in einem Querschnitt. Die Eingriffsstrukturen 6 und 12 sind an ihren im Verdrehsicherungseingriff befindlichen Umfangsflächen, der Eingriffsumfangsfläche und der Eingriffsumfangsgegenfläche, jeweils mit einer um die Drehachse R umlaufenden Verzahnung versehen, die Phasensteller-Eingriffsstruktur 6 mit einer Innenverzahnung 7 und die Nockenwellen-Eingriffsstruktur 12 mit einer Außenverzahnung 13. Bei einer der Verzahnungen 7 und 13, optional bei beiden Verzahnungen 7 und 13, ist wenigstens ein Zahn oder sind bevorzugter mehrere Zähne abgeflacht, bevorzugt bis zum Fußkreis der jeweiligen Verzahnung, so dass in dem als reiner Mitnahmeeingriff gebildeten Verdrehsicherungseingriff axial durch den Verdrehsicherungseingriff erstreckte Lücken oder wenigstens eine Lücke erhalten wird, die den Auslass 8 bilden oder bildet. Beispielhaft ist zur Ausbildung des Auslasses 8 wie bevorzugt nur die Verzahnung 7 der Phasensteller-Eingriffsstruktur 6 mit einem oder mehreren abgeflachten Zähnen bzw. mit einer oder mehreren verlängerten Zahnspalten versehen, um den Auslass 8 zu bilden.

[0052] Das Antriebsrad 10 bildet die Nockenwellen-Eingriffsstruktur 12 in Zweitfunktion bzw. Doppelfunktion. Seine primäre Funktion ist die eines Antriebsrads für die Wellenanordnung. Die Wellenanordnung mit den Nockenwellen 1 und 2 wird über das mit der Nockenwelle 1 drehfeste Antriebsrad 10 von außerhalb der Wellenanordnung drehangetrieben. Im Ausführungsbeispiel sind die Verhältnisse derart, dass parallel neben den Nockenwellen 1 und 2 eine weitere Nockenwelle 15 oder weitere Nockenwellenanordnung zum Steuern anderer Ventile der Brennkraftmaschine drehgelagert ist. Die Nockenwelle 15 oder Wellenanordnung 15 wird von der Pleuellwelle drehangetrieben und treibt über ein mit der Pleuellwelle 15 oder weiteren Wellenanordnung drehfestes Abtriebsrad 16 auf das Antriebsrad 10 ab. Die Räder 10 und 16 sind außenverzahnte Stirnräder, die mit ihren Stirnverzahnungen 11 und 17 im Zahneingriff aneinander abwälzen. In Modifikationen der Antriebsanordnung wäre es beispielsweise denkbar, anstelle des erfindungsgemäßen Verdrehsicherungseingriffs die Phasensteller-Eingriffsstruktur 6 mit einer Außenverzahnung zu versehen, um den Stator 3 direkt vom Abtriebsrad 16 in einem Wälzeingriff anzutreiben. Hierfür müsste lediglich das Abtriebsrad 16 mit seiner Außenverzahnung 17 in die axiale Überdeckung mit der Eingriffsstruktur 6 verlängert werden. Der Drehantrieb des Phasenstellers S durch einen nicht abwälzenden Mitnahmeeingriff, den erfindungsgemäßen Verdrehsicherungseingriff, hat jedoch deutliche Vorteile. Es findet eine reine Drehmomentübertragung ohne Wälzeingriff statt. Die radiale Toleranzkette

ist kürzer, Toleranzprobleme sind dadurch geringer. In noch einer Abwandlung könnte das Abtriebsrad 16 im Wälzeingriff nur auf den Phasensteller S abtreiben, dessen Eingriffsstruktur hierfür ebenfalls mit einer Außenverzahnung versehen werden könnte, um über den Verdrehungseingriff wie im Ausführungsbeispiel auf die Nockenwelle 1 abzutreiben. Die genannten Nachteile, nämlich der Wälzeingriff des Phasenstellers S und die verlängerte radiale Toleranzkette, lassen aber auch solch eine Modifikation gegenüber einem Antrieb nur auf die Wellenanordnung und der nicht abwälzenden, im Mitnahmeingriff reinen Drehmomentübertragung auf den Phasensteller S unterlegen erscheinen. Ein weiterer Nachteil wäre die erschwerte Montage des Phasenstellers S.

[0053] Aufgrund der Erfindung können nämlich die Montage eines Phasenstellers an einem axialen Ende einer Wellenanordnung geschachtelter Nockenwellen 1 und 2 vereinfacht und in der Folge die Kosten reduziert werden. Der Phasensteller S wird weitgehend als Montageeinheit an der Wellenanordnung montiert. Die Montageeinheit umfasst das Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 mit Eingriffsstruktur 6, den im Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 aufgenommenen Rotor 9 und optional das zentrale Steuerventil 20 mit dem das zentrale Verbindungsglied 21 bildenden Ventilgehäuse. Diese Montageeinheit wird wie aus Figur 1 bereits ersichtlich am Ende der Wellenanordnung positioniert, indem die Phasensteller-Eingriffsstruktur 6 in den Verdrehungseingriff mit der Nockenwellen-Eingriffsstruktur 6 geschoben wird. Im positionierten Zustand wird das Verbindungsglied 21 mit der Nockenwelle 2 fest verbunden, beispielhaft verschraubt. Durch entsprechende Formgebung des Verbindungsglieds 21 wird der Rotor 9 beim Verbinden axial fest gegen die Nockenwelle 2 gepresst und dadurch drehfest und axial fest mit der Nockenwelle 2 verbunden. Damit ist auch die Montageeinheit im Ganzen fertig montiert. Es muss lediglich noch das Anbaugehäuse 18 am Maschinengehäuse M befestigt werden. Mit der Befestigung des Anbaugehäuses 18 ist auch gleichzeitig der elektromagnetische Teil des Steuerventils 20 montiert und der Phasensteller S komplett. Um den Reibschluss zwischen der Nockenwelle 2 und dem Rotor 9 zu verstärken, kann zwischen den im Reibschluss befindlichen axialen Stirnfläche eine das Reibmoment erhöhende Reibscheibe angeordnet sein. Das Reibmoment kann alternativ auch durch Verfüllen mit einer Reibmischung erhöht werden, die feste Partikel enthält, Hartstoffpartikel, die sich in die einander axial zugewandten Stirnflächen eingraben. Geeignete Mischungen und Reibverbunde werden in der DE 10 2010 003 574.2 beschrieben, die diesbezüglich in Bezug genommen wird.

[0054] Figur 4 zeigt die Vorrichtung in einem weiteren Längsschnitt. In dem Längsschnitt ist wie in Figur 2 eine Verriegelungseinrichtung 30 erkennbar. Der Stator 3 und der Rotor 9 sind mittels der Verriegelungseinrichtung 30 in einer bestimmten Drehwinkelposition relativ zueinander mechanisch fixiert, um insbesondere in Startphase

der Brennkraftmaschine Oszillationen des Rotors 9 relativ zum Stator 3 zu verhindern. Im Ausführungsbeispiel wird der Rotor 9 in der Frühstellung verriegelt. Die Verriegelung in der Frühstellung ist lediglich beispielhaft, obgleich bevorzugt. Die Verriegelungseinrichtung 30 umfasst ein erstes Verriegelungsglied 31, beispielhaft in Form eines Verriegelungspins, der vom Rotor 9 axial hin und her linear beweglich geführt wird, und ein mit dem Stator 3 drehfestes zweites Verriegelungsglied 32, beispielhaft eine Eingriffsöffnung. Das Verriegelungsglied 32 ist im Phasenstellergehäuse 3, 4, 5, im Beispiel im Statordeckel 5, an einer Stirnseite dem Verriegelungsglied 31 axial zugewandt geformt. Im Verriegelungseingriff wirken die Verriegelungsglieder 31 und 32 form-schlüssig zusammen. Das Verriegelungsglied 31 wird von einem Federglied 33 in den Verriegelungseingriff gespannt und kann durch Beaufschlagung mit Druckfluid in die Gegenrichtung aus dem Verriegelungseingriff bewegt werden. Bei der Montage des Phasenstellers S besteht zweckmäßigerweise der Verriegelungseingriff.

[0055] Figur 5 zeigt die Vorrichtung in einer Modifikation, in der die Eingriffsstruktur 12 an einem Endstück 1a der Nockenwelle 1 gebildet ist. Das Endstück 1a ist ein Hülsenkörper, der mit einem Rohrabschnitt der Nockenwelle 1 drehfest und axial fest gefügt ist, vorzugsweise stoffschlüssig. Die Stoffschlussverbindung ist mit 1b bezeichnet. Es handelt sich vorzugsweise um eine Schweißverbindung, auch eine Lötverbindung wäre denkbar. Das Wellenendstück 1a bildet auch in einem Stück mit der Eingriffsstruktur 12 gleich das Antriebsrad 10.

[0056] Figur 6 zeigt die das Phasenstellergehäuse 3, 4, 5, den Rotor 9 und das Steuerventil 20 umfassende Montageeinheit. Die Montageeinheit kann im dargestellten Zustand am Ende der Wellenanordnung positioniert und durch eine axiale Schubbewegung längs der Drehachse R in Richtung auf das Stirnende der Wellenanordnung bewegt und dabei die Eingriffsstruktur 6 in den Verdrehungseingriff mit der Nockenwellen-Eingriffsstruktur 12 bewegt werden. In Figur 6 durchragt das Steuerventil 20 bereits die Stator-Rotor-Anordnung, so dass das Verbindungsglied 21 bzw. Ventilgehäuse 21 bei dem Aufschieben der Eingriffsstruktur 6 auch gleich in den zentralen Hohlraum 2a der Nockenwelle 2 bewegt wird. Das Steuerventil 20 bzw. das von ihm gebildete Verbindungsglied 21 kann aber auch erst dann in und durch die Stator-Rotor-Anordnung 3, 9 bis in den Hohlraum 2a vorgeschoben werden, wenn der Verdrehungseingriff bereits hergestellt ist. Mit 21a ist ein Verbindungsabschnitt des Ventilgehäuses bzw. Verbindungsglieds 21 bezeichnet, der im Ausführungsbeispiel als Gewindeabschnitt gebildet ist. Das Gewinde ist in Figur 6 allerdings nicht eingezeichnet. In Figur 6 ist auch die Rotationssymmetrie des Phasenstellergehäuses 3, 4, 5 erkennbar.

[0057] Figur 7 zeigt eine Wellenanordnung mit einem Phasensteller S in einem zweiten Ausführungsbeispiel. Es handelt sich wieder um einen fluidischen Phasensteller vom Schwenkflügeltyp mit einem Stator 3 und einem

Rotor 9, die wie zum ersten Ausführungsbeispiel erläutert Früh- und Spätstellkammern bilden. Im Schnitt der Figur 7 ist eine der Frühstellkammern K_1 und sind ferner eine der Zuführungen 9.1 zu den Frühstellkammern K_1 und eine der Zuführungen 9.2 zu den Spätstellkammern erkennbar. Die Zuführungen 9.1 und 9.2 führen das Druckfluid aus einem zentralen inneren Bereich der Vorrichtung nach außen zu den zugeordneten Früh- und Spätstellkammern. Der Stator 3 bildet wieder mit seitlichen Statordeckeln 4 und 5 das Phasenstellergehäuse 3, 4, 5.

[0058] Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel wird der Verdrehsicherungseingriff von Stator 3 und erster Nockenwelle 1 nicht mittels Stirnverzahnungen, sondern zusammenwirkenden Kronen- oder Planverzahnungen 43 und 47 gebildet. Die Verzahnungen 43 und 47 können wie im ersten Ausführungsbeispiel um die Drehachse R in gleichmäßiger Teilung vollständig, d. h. über 360° , umlaufen. Die Verzahnung 47 ist an einer am Deckel 5 gebildeten Phasensteller-Eingriffsstruktur 43 und die Verzahnung 47 ist an einer drehfest am äußeren Umfang der Nockenwelle 1 angeordneten Nockenwellen-Eingriffsstruktur 41 vorgesehen. Bei der Montage des Phasenstellers S wirken diese beiden Eingriffsstrukturen 41 und 46 mittels ihrer Verzahnungen 43 und 47 in der Art einer Klauen- oder Stirnzahnkupplung zusammen. Die Herstellung des Verdrehsicherungseingriffs mittels zumindest im Wesentlichen axial abragenden Zähnen, oder verallgemeinert Abragungen, hat den Vorteil, dass der Statordeckel 5, der die Eingriffsstruktur 46 bildet, mit dem zwischen die Deckel 4 und 5 ragenden Rotor 9 bei sonst gleichen Abmessungen in radialer Richtung einen längeren Dichtspalt 5a bilden kann als bei Herstellung des Verdrehsicherungseingriffs mittels Stirnverzahnungen, die an Umfangsflächen radial abragen. Ein radial vergleichbar langer Dichtspalt ließe sich bei Stirnverzahnungen nur mit einer aufwändiger herstellbaren Geometrie des Deckels 5 realisieren. Axial abragende Eingriffselemente wie beispielsweise die Zähne der Verzahnung 47 können ferner besonders einfach geformt werden, beispielsweise durch Pressformen und Sintern.

[0059] Die Verzahnung 47 ist in einer der Wellenanordnung 1, 2 zugewandt, um die Drehachse R umlaufenden Vertiefung des Deckels 5 geformt. Im Ausführungsbeispiel ist die Vertiefung ein um die Drehachse R umlaufender Absatz, der sich axial in Richtung auf die Nockenwellen-Eingriffsstruktur 41 und radial nach innen, d. h. in Richtung auf die Drehachse R, öffnet. Aufgrund der Ausbildung der Planverzahnung 46 oder einer anders gestalteten Eingriffsfläche mit axialen Abragungen in einer Vertiefung bzw. einem axial zurückgesetzten Bereich des Phasenstellergehäuses 3, 4, 5 kann der Phasensteller S in einer im Bereich des Verdrehsicherungseingriffs axial kurzen Bauweise erhalten werden.

[0060] Der Phasensteller S des zweiten Ausführungsbeispiels weist ein in Bezug auf die Anordnung aus Stator 3 und Rotor 9 dezentral angeordnetes Steuerventil 35 auf. Das Steuerventil 35 ist nahe beim Phasensteller S

im Maschinengehäuse M, beispielsweise ein Zylinderkopf oder Zylinderkopfdeckel, angeordnet. Das Druckfluid wird mittels des Steuerventils 35 gesteuert auch im zweiten Ausführungsbeispiel durch den Bereich des zentralen Hohlraums 2a der Nockenwelle 2 den Frühstell- und Spätstellkammern zugeführt und von diesen Druckkammern bei Druckentlastung auch wieder abgeführt.

[0061] Am Wellenende der Nockenwellen 1 und 2 sind Zuführkanäle 36 und 37 gebildet, die das Steuerventil 35 mit axial erstreckten Verbindungskanälen 48 und 49 verbinden. Die Zuführkanäle 36 und 37 sind beide in durchgezogenen Linien dargestellt. Tatsächlich sind die Zuführkanäle 36 und 37 jedoch in Achsrichtung des Steuerventils 35, d. h. senkrecht zur Darstellungsebene gesehen, axial zueinander versetzt. Der Verbindungs kanal 48 erstreckt sich im Hohlraum 2a der Nockenwelle 2 bis zu den Zuführungen 9.1, verbindet diese also mit dem Steuerventil 35. Der Verbindungs kanal 48 erstreckt sich radial gesehen zwischen einem zentralen Verbindungsglied 45, das wegen der dezentralen Anordnung des Steuerventils 35 im zweiten Ausführungsbeispiel nur die Befestigungsfunktion für den Phasensteller S erfüllt, und einem das Verbindungsglied 45 umgebenden Mantelabschnitt der Nockenwelle 2. Der Verbindungs kanal 49 erstreckt sich radial gesehen zwischen dem äußeren Umfang der Nockenwelle 2 und einer am äußeren Umfang unbeweglich mit der Nockenwelle 2 gefügten Hül senstruktur 42. Beide Verbindungs kanäle 48 und 49 sind jeweils um die Drehachse R umlaufend als Ringräume gebildet.

[0062] Der Hohlraum 2a ist in der Nockenwelle 2 als Stufenbohrung gebildet mit einem dem Phasensteller S nahen und zum Phasensteller S hin offenen Hohlraumabschnitt größeren Durchmessers und einem vom Phasensteller S entfernten Hohlraumabschnitt geringeren Durchmessers. Im Hohlraumabschnitt geringeren Durchmessers besteht die Verbindung von Nockenwelle 2 und Verbindungsglied 45. Im Hohlraumabschnitt größeren Durchmessers erstreckt sich der Verbindungs kanal 48. Im Ausführungsbeispiel weist das Verbindungsglied 45 im Überlappungsbereich mit dem Verbindungs kanal 48 ferner einen Schaftabschnitt auf, dessen Durchmesser kleiner ist als der Durchmesser eines sich daran anschließenden Schaftabschnitts, in dessen Bereich die Verbindung mit der Nockenwelle 2 besteht. Aufgrund des dem Phasensteller S zugewandt verbreiterten Hohlraumabschnitts ist es allerdings nicht unumgänglich erforderlich, dass das Verbindungsglied 45 im Überlappungsbereich zusätzlich auch noch einen Schaftabschnitt geringeren Durchmessers aufweist.

[0063] Mit 44 ist eine Wellendichtung bezeichnet, die zwischen dem Maschinengehäuse M und dem Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 angeordnet ist und einen um den Verdrehsicherungseingriff zwischen dem Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 und dem Maschinengehäuse M verbleibenden Raum abzudichten. Um in diesen Raum einge drungenes Druckfluid abführen, den Raum also im Druck entlasten zu können, kann oder können ein oder mehrere

Entlastungskanäle im Maschinengehäuse M vorgesehen sein und in den Raum münden.

[0064] Die Nockenwelle 1 ist über die Eingriffsstruktur 41 am Maschinengehäuse M drehbar abgestützt, wofür die Eingriffsstruktur 41 mit dem Maschinengehäuse M ein Drehgleitlager 39 bildet. Anstelle eines Drehgleitlagers 38 könnte die Nockenwelle 1 vorteilhafterweise über die Eingriffsstruktur 41 auch in einem Wälzlager am Maschinengehäuse M abgestützt sein. Anstelle oder zusätzlich zur Wellendichtung 44 könnte ein Drehlager, beispielsweise ein Wälzlager, vorgesehen sein, um das Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 des zweiten Ausführungsbeispiels mittels eines Drehlagers radial am Maschinengehäuse M abzustützen und dadurch die Eingriffsstrukturen 41 und 46 im Verdrehungseingriff zu entlasten.

[0065] Noch ein Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel besteht darin, dass im zweiten Ausführungsbeispiel ein Antriebsrad 40 drehfest mit dem Stator 3 verbunden und wie bevorzugt, aber nur beispielhaft auch in axialer Überlappung mit dem Stator 3 angeordnet ist, so dass die Wellenanordnung 1, 2 über den Phasensteller S drehangetrieben wird. Der Stator 3 treibt im Verdrehungseingriff auf die Nockenwelle 1 und ferner über den Rotor 9 auf die Nockenwelle 2 ab,

[0066] Figur 8 zeigt das dem Phasensteller S zugewandte Ende der Wellenanordnung 1, 2 ohne den Phasensteller S, d. h. vor der Montage, so dass der gestufte Nockenwellen-Hohlraum 2a deutlich zu erkennen ist. Mit 2b ist der nach der Montage den Verbindungskanal 48 umgebende, hülsenförmige Mantelabschnitt der Nockenwelle 2 bezeichnet, der sich über die axiale Länge des Hohlraumabschnitts größeren Durchmessers erstreckt. Durch diesen in einem Stück unmittelbar von der Nockenwelle 2 gebildeten Mantelabschnitt 2b werden auf konstruktiv besonders einfache Weise die Verbindungskanäle 48 und 49 im Bereich der Nockenwelle 2 fluidisch voneinander getrennt.

[0067] Von den erläuterten Unterschieden abgesehen kann die Vorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels derjenigen des ersten Ausführungsbeispiels entsprechen, so dass auf die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel diesbezüglich verwiesen wird.

[0068] Figur 9 zeigt eine Wellenanordnung 1, 2 mit einem Phasensteller S eines dritten Ausführungsbeispiels. Dem zweiten Ausführungsbeispiel vergleichbar treibt ein Antriebsrad 50 über den Stator 3 und den Verdrehungseingriff von Eingriffsstrukturen 51 und 56 die Nockenwelle 1 an. Die Eingriffsstruktur 51 bildet für die Nockenwelle 1 einen Drehmitnehmer. Ein Steuerventil 35 ist entsprechend dem zweiten Ausführungsbeispiel im Maschinengehäuse M angeordnet. Mit 54 ist eine Wellendichtung bezeichnet, die einen zwischen dem Maschinengehäuse M und dem Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 um den Verdrehungseingriff verbleibenden Raum abdichtet. Das Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 bildet somit wie im zweiten Ausführungsbeispiel einen drehenden Deckel, der einen fluidischen Teil der Vorrichtung am

axialen Ende der Nockenwellen 1 und 2 dicht abschließt. Im Maschinengehäuse M kann oder können ein oder mehrere Druckentlastungskanäle vorgesehen sein, um den mittels der Wellendichtung 54 abgedichteten Raum im Druck zu entlasten.

[0069] Die Nockenwelle 1 ist in ihrem dem Phasensteller S nahen axialen Endbereich mittels eines Drehlagers 39 drehbar am Maschinengehäuse M abgestützt. Bei dem Drehlager 39 handelt es sich um ein Wälzlager, beispielhaft ein Nadelwälzlager. Anstelle des Wälzlagers 39 könnte die Nockenwelle 1 aber auch wie im zweiten Ausführungsbeispiel mit dem Maschinengehäuse M ein Drehgleitlager bilden. Anstelle oder zusätzlich axial neben der Wellendichtung 54 könnte ein Drehlager angeordnet sein, um den drehangetriebenen Stator 3 bzw. das Phasenstellergehäuse 3, 4, 5 am Maschinengehäuse M abzustützen. Details der Abdichtung bei 54 und der festen Verbindung von Stator 3 und Antriebsrad 50 sind in Figur 9 erkennbar. Der Verdrehungseingriff wird wie ebenfalls bereits im zweiten Ausführungsbeispiel mittels Kronen- oder Planverzahnungen 53 und 57 bewirkt, die an einander zugewandten Stirnseiten des Statordeckels 5 und im Unterschied zum zweiten Ausführungsbeispiel unmittelbar an der Nockenwelle 1 gebildet sind. Auf der Seite des Deckels 5 ist radial innen eine die Verzahnung 57 aufweisende Eingriffsstruktur 56 in Form eines Ringstummels vorgesehen, während die Verzahnung 53 unmittelbar an der zugewandten Stirnfläche des Mantels der Nockenwelle 1 geformt ist. Das Ende des Mantels der Nockenwelle 1 bildet die Nockenwellen-Eingriffsstruktur 51.

[0070] Auch im dritten Ausführungsbeispiel ist das dezentrale Steuerventil 35 über im Bereich des Hohlraums 2a der Nockenwelle 2 axial erstreckte Verbindungskanäle 58 und 59 mit den Frühstell- und Spätstellkammern des Phasenstellers S verbunden. Im Unterschied zum zweiten Ausführungsbeispiel ist in einem dem Durchmesser nach erweiterten Abschnitt des Nockenwellenhohlraums 2a eine Hülsenstruktur 52 angeordnet, die innerhalb des Hohlraums 2a die Verbindungskanäle 58 und 59 fluidisch voneinander trennt. Die Verbindungskanäle 58 und 59 können vorteilhafterweise als umlaufend um die Drehachse R erstreckte Ringräume gebildet sein. Der innere Verbindungskanal 58 erstreckt sich im dritten Ausführungsbeispiel zwischen dem Verbindungsglied 55, das dem Verbindungsglied 45 des zweiten Ausführungsbeispiels entspricht, und der inneren Hülsenstruktur 52. Der Verbindungskanal 59 erstreckt sich zwischen der Hülsenstruktur 52 und dem umgebenden Mantelabschnitt der Nockenwelle 2. Wie in Figur 7 sind auch in Figur 9 die zu den Verbindungskanälen 58 und 59 führenden Zuführkanäle 36 und 37 mit durchgezogenen Linien dargestellt, obgleich die beiden Zuführkanäle 36 und 37 in Achsrichtung des Steuerventils 35 zueinander versetzt sind, also senkrecht zur Darstellungsebene gesehen einen Abstand voneinander aufweisen.

[0071] Figur 10 zeigt ein Beispiel für eine bevorzugte Ausführung einer Eingriffsstruktur mit axial abragenden

Eingriffselementen. Im Beispiel handelt es sich um eine Kronenverzahnung. Im Beispiel wird angenommen, dass es sich um die Eingriffsstruktur 46 oder 56 des Phasenstellers S des zweiten oder dritten Ausführungsbeispiels handelt. Die Verzahnung als solche ist entsprechend mit 47 bzw. 57 bezeichnet.

[0072] Figur 11 zeigt ein weiteres Beispiel für Eingriffsstrukturen mit axialen Abragungen. Im Beispiel der Figur 11 handelt es sich um im Verdrehsicherungseingriff befindliche Hirth-Verzahnungen, wobei wieder beispielhaft die Bezugszeichen des zweiten und des dritten Ausführungsbeispiels verwendet werden. Von der Phasensteller-Eingriffsstruktur 46 oder 56 ist nur die Planverzahnung 47 oder 57 erkennbar, die sich im Verdrehsicherungseingriff mit der korrespondierenden Planverzahnungen 43 und 53 der jeweiligen Nockenwellen-Eingriffsstruktur 41 bzw. 51 befinden. Bei den Verzahnungen 43, 53, 47 und 57 handelt es sich wie gesagt beispielhaft um Hirth-Verzahnungen.

[0073] Anzumerken ist, dass die Eingriffsstrukturen 6 und 12 des ersten Ausführungsbeispiels durch Eingriffsstrukturen mit axialen Abragungen und Vertiefungen ersetzt werden können, insbesondere durch Kronen- oder Planverzahnungen, wie etwa durch die in den Figuren 10 und 11 dargestellten Verzahnungen. Im zweiten oder dritten Ausführungsbeispiel kann andererseits das dezentrale Steuerventil 35 durch ein zentral angeordnetes Steuerventil entsprechend dem Steuerventil 20 des ersten Ausführungsbeispiels ersetzt werden. Das Verbindungsglied 45 oder 55 würde in derartigen Modifikationen durch das Ventilgehäuse 21 ersetzt werden. Insbesondere bei zentraler Anordnung des Steuerventils ist es von Vorteil, wenn sich wie beispielhaft zum ersten Ausführungsbeispiel erläutert, ein Auslass für das Druckfluid zwischen den Eingriffsstrukturen 41 und 46 des zweiten Ausführungsbeispiels oder den Eingriffsstrukturen 51 und 56 des dritten Ausführungsbeispiels erstreckt. Die Verbindungskanäle 48, 49, 58 und 59 würden entfallen, da die erforderlichen Verbindungen über das zentrale Steuerventil hergestellt würden. Wie in Figur 9 erkennbar, könnte die Phasensteller-Eingriffsstruktur 51 anstatt am Statordeckel 5 auch am Antriebsrad des Phasenstellers S, hier beispielhaft am Antriebsrad 50, nämlich an einer Tragstruktur des Antriebsrads 50, vorgesehen sein.

Bezugszeichen:

[0074]

1	erste Nockenwelle
1a	Wellenendstück
1b	Fügeverbindung
2	zweite Nockenwelle
2a	Hohlraum
2b	Mantelabschnitt
3	Stator
4	Statordeckel

5	Statordeckel
6	Phasensteller-Eingriffsstruktur
7	Verzahnung
8	Auslass
5 9	Rotor
9.1	Zuführkanal
9.2	Zuführkanal
10	Antriebsrad
11	Verzahnung
10 12	Nockenwellen-Eingriffsstruktur
13	Verzahnung,
14	Schraubverbindung
15	Nockenwelle
16	Abtriebsrad
15 17	Verzahnung
18	Anbaugehäuse
19	Fluidkanal
20	Steuerventil
21	Ventilgehäuse
20 21a	Verbindungsabschnitt
22	Ventilkolben
23	Kolbenraum
23a	Durchlass
24	Federglied
25 25	Kopplungsorgan
26	Stirnverschlusswand
27	Spule
28	Anker
29	Druckspeicher
30 30	Verriegelungseinrichtung
31	Verriegelungsglied
32	Verriegelungsglied
33	Federglied
34	-
35 35	Steuerventil
36	Zuführkanal
37	Zuführkanal
38	Drehlager
39	Drehlager
40 40	Antriebsrad
41	Nockenwellen-Eingriffsstruktur
42	Hülsenstruktur
43	Verzahnung
44	Wellendichtung
45 45	Verbindungsglied
46	Phasensteller-Eingriffsstruktur
47	Verzahnung
48	erster Verbindungskanal
49	zweiter Verbindungskanal
50 50	Antriebsrad
51	Nockenwellen-Eingriffsstruktur
52	Hülsenstruktur
53	Verzahnung
54	Wellendichtung
55 55	Verbindungsglied
56	Phasensteller-Eingriffsstruktur
57	Verzahnung
58	erster Verbindungskanal

59 zweiter Verbindungskanal

K₁ Frühstellkammer

K₂ Spätstellkammern

M Maschinengehäuse, Zylinderkopfgehäuse, Zylinderkopf 5

P_a Ventileinlass

R Drehachse

S Phasensteller

10

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verstellung der relativen Drehwinkelposition geschachtelter Nockenwellen einer Brennkraftmaschine, die Vorrichtung umfassend: 15

(a) eine Wellenanordnung mit einer ersten Nockenwelle (1) und einer zweiten Nockenwelle (2), von denen eine zumindest in einem axialen Wellenabschnitt in der anderen erstreckt ist und die relativ zueinander drehbar sind, 20

(b) einen Phasensteller (S), der an einem axialen Ende der Wellenanordnung als Montageeinheit montiert ist und einen drehfest mit der ersten Nockenwelle (1) verbundenen Stator (3) und einen vom Stator (3) drehantreibbaren, relativ zum Stator (3) drehwinkelverstellbaren Rotor (9) aufweist, 25

(c) eine Verbindungseinrichtung (2a, 14, 21; 2a, 14, 45; 2a, 14, 55), die den Phasensteller (S) an der Wellenanordnung in Bezug auf die axiale Richtung befestigt und den Rotor (9) mit der zweiten Nockenwelle (2) drehfest verbindet, 30

(d) ein mit der ersten Nockenwelle (1) und dem Stator (3) drehfestes Antriebsrad (10; 40; 50) zum Drehantreiben der ersten Nockenwelle (1) und des Stators (3), 35

(e) wobei eine mit der ersten Nockenwelle (1) drehfeste Nockenwellen-Eingriffsstruktur (12; 41; 51) und eine mit dem Stator (3) drehfeste Phasensteller-Eingriffsstruktur (6; 46; 56) in einem Verdrehungseingriff axial ineinander geschoben sind und den Stator (3) durch Formschluss verdrehgesichert mit der ersten Nockenwelle (1) verbinden. 40 45

2. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stator (3) drehfester Bestandteil eines Phasenstellergehäuses (3, 4, 5), das Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) mittels der Verbindungseinrichtung (2a, 14, 21; 2a, 14, 45; 2a, 14, 55) an der Wellenanordnung axial fixiert und die Phasensteller-Eingriffsstruktur (16) am Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) vorgesehen ist, wobei in bevorzugter Ausführung die Phasensteller-Eingriffsstruktur (6; 46; 56) am Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) von außen zugänglich angeordnet ist, so dass bei 50 55

Montage des Phasenstellers (S) durch eine axiale Bewegung des Phasenstellergehäuses (3, 4, 5) relativ zur ersten Nockenwelle (1) der Verdrehungseingriff herstellbar ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Stator (3) drehfester Bestandteil eines Phasenstellergehäuses (3, 4, 5) ist,

- im Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) eine Frühstellkammer (K₁) zur Erzeugung eines auf den Rotor (9) relativ zum Stator (3) in Richtung Vor-eilung wirkenden Drehmoments und eine Spätstellkammer (K₂) zur Erzeugung eines auf den Rotor (9) relativ zum Stator (3) in Richtung Nach-eilung wirkenden Drehmoments gebildet sind und

- die Frühstellkammer (K₁) und die Spätstellkammer (K₂) zur Erzeugung des jeweiligen Drehmoments mit einem Druckfluid beaufschlagbar sind, um die Drehwinkelposition des Rotors (9) relativ zum Stator (3) verstellen zu können,

- wobei die Phasensteller-Eingriffsstruktur (6; 46; 56) vorzugsweise am Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) vorgesehen ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** entweder die erste Nockenwelle (1) über das Antriebsrad (10) drehantreibbar ist und im Verdrehungseingriff auf den Stator (3) abtreibt, so dass die Phasensteller-Eingriffsstruktur (6) einen Stator-Drehmitnehmer bildet, oder der Stator (3) über das Antriebsrad (40; 50) drehantreibbar ist und im Verdrehungseingriff auf die erste Nockenwelle (1) abtreibt, so dass die Nockenwellen-Eingriffsstruktur (41; 51) einen Nockenwellen-Drehmitnehmer bildet.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der Eingriffsstrukturen (41, 46; 51, 56) um die Drehachse (R) verteilt mehrere zumindest im Wesentlichen axial abragende Eingriffselemente und die andere der Eingriffsstrukturen (41, 46; 51, 56) um die Drehachse (R) verteilt mehrere zu den Eingriffselementen komplementäre Eingriffsgegenelemente aufweist und die Eingriffselemente im Verdrehungseingriff in oder zwischen die Eingriffsgegenelemente zumindest im Wesentlichen axial eingreifen, wobei die Eingriffselementen und Eingriffsgegenelemente vorzugsweise Zähne oder Zahnücken von Verzahnungen (43, 47; 53, 57), beispielsweise Kronen- oder Planverzahnungen, sind.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das An-

triebsrad (10) die Nockenwellen-Eingriffsstruktur (12) bildet.

7. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antriebsrad (10; 40; 50) zum Drehantreiben des Antriebsrads (10; 40; 50) umlaufend eine Verzahnung (11) aufweist und die Nockenwellen-Eingriffsstruktur (12; 41; 51) entweder zusätzlich zu dieser Verzahnung (11) vorgesehen ist, beispielsweise am Antriebsrad (10), oder die Verzahnung (11) einen Axialabschnitt für den Drehantrieb aufweist und mit einem anderen Axialabschnitt die Nockenwellen-Eingriffsstruktur (12) bildet. 5
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Phasensteller für eine hydraulische Verstellung der Drehwinkelposition, die der Rotor (9) relativ zum Stator (3) einnimmt, einen Einlass (P_a) und einen Auslass (8) für ein Druckfluid aufweist und sich der Auslass (8) zwischen den Eingriffsstrukturen (6, 12) durch den Bereich des Verdrehungseingriffs erstreckt. 10
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche und wenigstens einem der folgenden Merkmale: 15
 - (i) die Eingriffsstrukturen (6, 12; 41, 46; 51, 56) weisen um eine gemeinsame Drehachse (R) erstreckte Eingriffsflächen (7, 13; 43, 47; 53, 57) auf, die miteinander in dem Verdrehungseingriff sind; 20
 - (ii) die Eingriffsstrukturen (6, 12) weisen um eine gemeinsame Drehachse (R) jeweils eine Eingriffsfläche (7, 13) auf, von denen die eine von einer Umfangsaußenfläche (13) und die andere von einer die Umfangsaußenfläche umgebenden Umfangsinnenfläche (7) gebildet wird, wobei die Eingriffsflächen im Querschnitt gesehen nicht kreisrund und miteinander in dem Verdrehungseingriff sind; 25
 - (iii) die Eingriffsstrukturen (6, 12; 41, 46; 51, 56) weisen um eine gemeinsame Drehachse (R) jeweils eine Verzahnung (7, 11; 43, 47; 53, 57) auf, und die Verzahnungen (7, 11; 43, 47; 53, 57), vorzugsweise eine Außenverzahnung und eine Innenverzahnung oder Kronen- oder Planverzahnungen, sind miteinander in dem Verdrehungseingriff. 30
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Phasensteller (S) ein in Bezug auf den Stator (3) und den Rotor (9) zentrales Steuerventil (20) für eine fluidische Verstellung der Drehwinkelposition des Rotors (9) umfasst und das Steuerventil (20) an dem 35

axialen Ende der Wellenanordnung mit der zweiten Nockenwelle (2) unbeweglich verbunden ist, vorzugsweise in die zweite Nockenwelle (2) ragt, wobei das Steuerventil (20) vorzugsweise in einem Hohlraum (2a) der zweiten Nockenwelle (2) mit der zweiten Nockenwelle (2) fest verbunden, vorzugsweise verschraubt ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 40
 - im Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) eine Frühstellkammer (K_1) zur Erzeugung eines auf den Rotor (9) relativ zum Stator (3) in Richtung Vor-eilung wirkenden Drehmoments und eine Spätstellkammer (K_2) zur Erzeugung eines auf den Rotor (9) relativ zum Stator (3) in Richtung Nach-eilung wirkenden Drehmoments gebildet sind,
 - die Frühstellkammer (K_1) und die Spätstellkammer (K_2) zur Erzeugung des jeweiligen Drehmoments mit einem Druckfluid beaufschlagbar sind, um die Drehwinkelposition des Rotors (9) relativ zum Stator (3) verstellen zu können,
 - die Verbindungseinrichtung (2a, 14, 45; 2a, 14, 55) einen an einem Ende in der zweiten Nockenwelle (2) erstreckten Hohlraum (2a) und ein in den Hohlraum (2a) ragendes, im Hohlraum (2a) mit der zweiten Nockenwelle (2) fest verbundenes Verbindungsglied (45; 55) umfasst und
 - sich im Bereich des Hohlraums (2a) radial zwischen der zweiten Nockenwelle (2) und dem Verbindungsglied (45; 55) axial ein erster Verbindungskanal (48; 58) erstreckt, durch den das Druckfluid einem aus Frühstellkammer (K_1) und Spätstellkammer (K_2) zuführbar ist,
 - wobei der erste Verbindungskanal (48; 58) vorzugsweise ein um die Drehachse (R) umlaufend erstreckter Ringraum ist.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 45
 - an einem dem Phasensteller (S) zugewandten Ende der zweiten Nockenwelle (2) eine Hülsenstruktur (42; 52) angeordnet und mit der zweiten Nockenwelle (2) drehfest verbunden ist,
 - die zweite Nockenwelle (2) mit der Hülsenstruktur (42; 52) einen zweiten Verbindungskanal (49; 59) begrenzt, durch den das Druckfluid einem aus Frühstellkammer (K_1) und Spätstellkammer (K_2) zuführbar ist, und
 - die Hülsenstruktur (42) die zweite Nockenwelle (2) umgibt und sich der erste Verbindungskanal (48) radial zwischen der zweiten Nockenwelle (2) und dem Verbindungsglied (45) erstreckt oder die zweite Nockenwelle (2) die Hülsen-

struktur (52) umgibt und sich der erste Verbindungskanal (58) radial zwischen der Hülsenstruktur (52) und dem Verbindungsglied (55) erstreckt.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stator (3) drehfester Bestandteil eines Phasenstellergehäuses (3, 4, 5) und das Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) in einem Drehlager (44; 54) an einem Maschinengehäuse (M) der Brennkraftmaschine drehbar abgestützt ist.

14. Phasensteller zur Verstellung der Drehwinkelposition, die eine erste Nockenwelle (1) und eine zweite Nockenwelle (2), von denen eine zumindest in einem axialen Wellenabschnitt in der anderen erstreckt ist, relativ zueinander aufweisen, der Phasenstellerumfassend:

(a) einen Stator (3), der ein in Bezug auf eine Drehachse (R) des Phasenstellers rotations-symmetrisches Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) bildet,

(b) einen im Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) aufgenommenen, relativ zum Stator (3) um die Drehachse (R) drehwinkelverstellbaren Rotor (9),

(c) ein Verbindungsglied (21; 45; 55) für eine drehfeste Befestigung des Rotors (9) an der zweiten Nockenwelle (2)

(d) und eine mit dem Phasenstellergehäuse (3, 4, 5) drehfeste, axial erstreckte Phasensteller-Eingriffsstruktur (6; 46; 56) zur Herstellung eines auf Formschluss beruhenden Verdreh-sicherungseingriffs, der den Stator (3) mit der ersten Nockenwelle (1) bei einer Montage des Phasenstellers verdrehgesichert verbindet,

(e) wobei die Phasensteller-Eingriffsstruktur (6; 46; 56) so geformt ist, dass sie bei der Montage des Phasenstellers (S) axial in oder auf oder gegen eine mit der ersten Nockenwelle (1) drehfeste Nockenwellen-Eingriffsstruktur (12; 41; 51) in den Verdreh-sicherungseingriff geschoben werden kann.

15. Phasensteller nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasensteller-Eingriffsstruktur (6; 46; 56) eine um die Drehachse (R) erstreckte Eingriffsfläche (7; 47; 57) aufweist, die eine Stirnfläche für einen zumindest im Wesentlichen nur axialen Stirneingriff oder eine Umfangsfläche für einen Umfangseingriff ist, wobei die Eingriffsfläche (7; 47; 57) vorzugsweise von einer Verzahnung (47; 57) mit wenigstens zwei in Umfangsrichtung voneinander beabstandet an einer Stirnseite der Phasensteller-Eingriffsstruktur (41; 51) zumindest im Wesentlichen axial abragenden Zähnen

oder einer Verzahnung (7) mit wenigstens zwei in Umfangsrichtung voneinander beabstandet an einem inneren oder äußeren Umfang der Phasensteller-Eingriffsstruktur (6) radial abragenden Zähnen gebildet wird.

16. Phasensteller nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (9) wenigstens einen Rotorflügel aufweist, der von einer Nabe des Rotors (9) in Richtung auf eine innere Umfangsfläche des Stators (3) abragt und eine vom Stator (3) in beide Umfangsrichtungen begrenzte Kammer in eine Frühstellkammer (K_1) und eine Spätstellkammer (K_2) unterteilt.

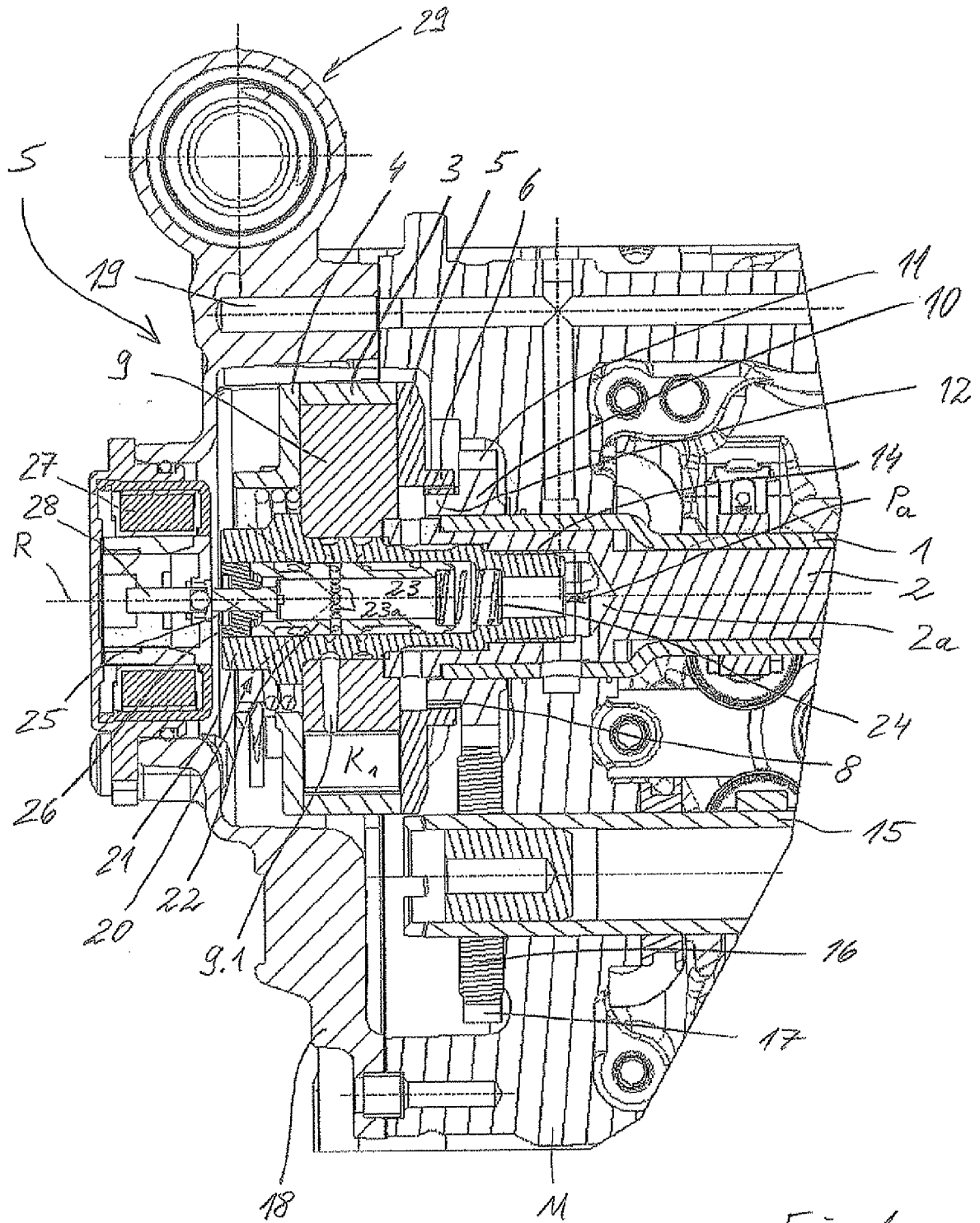
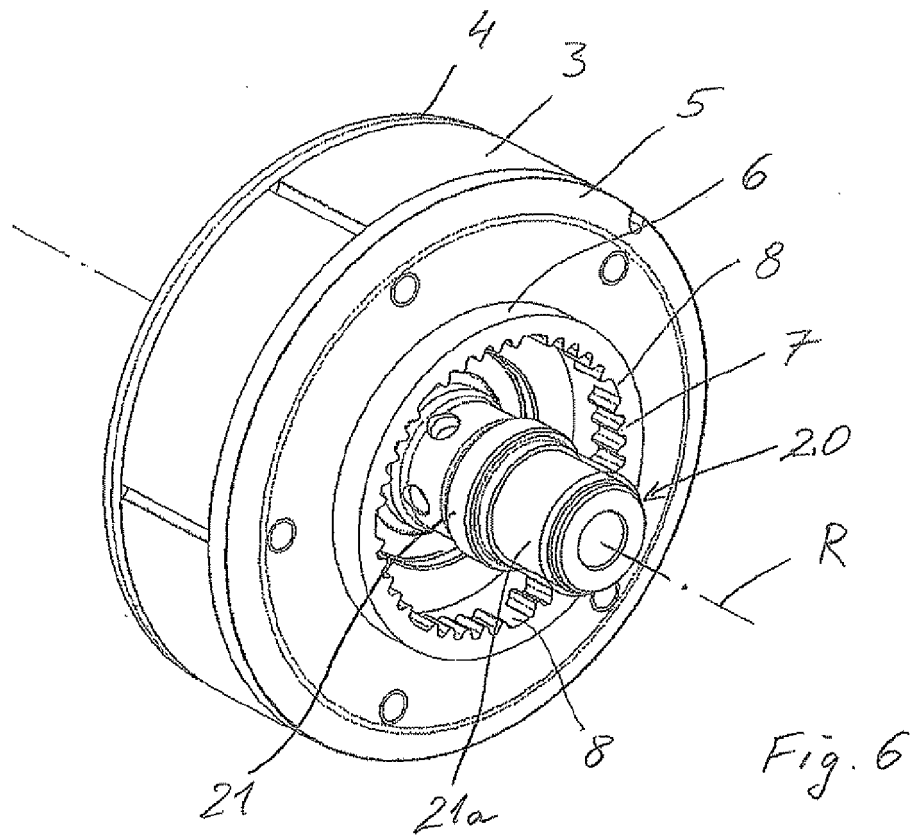
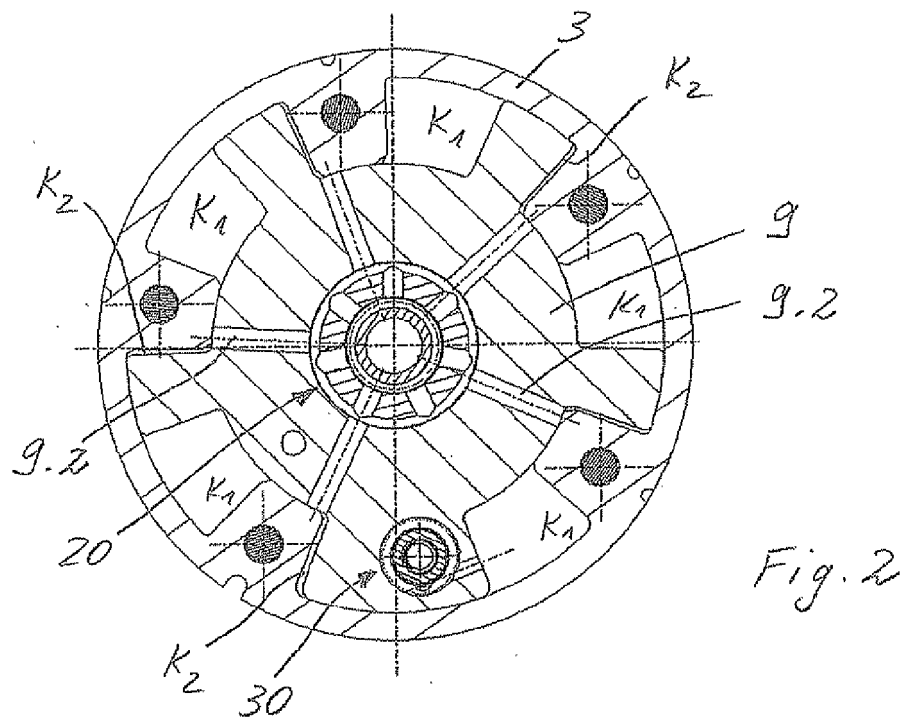
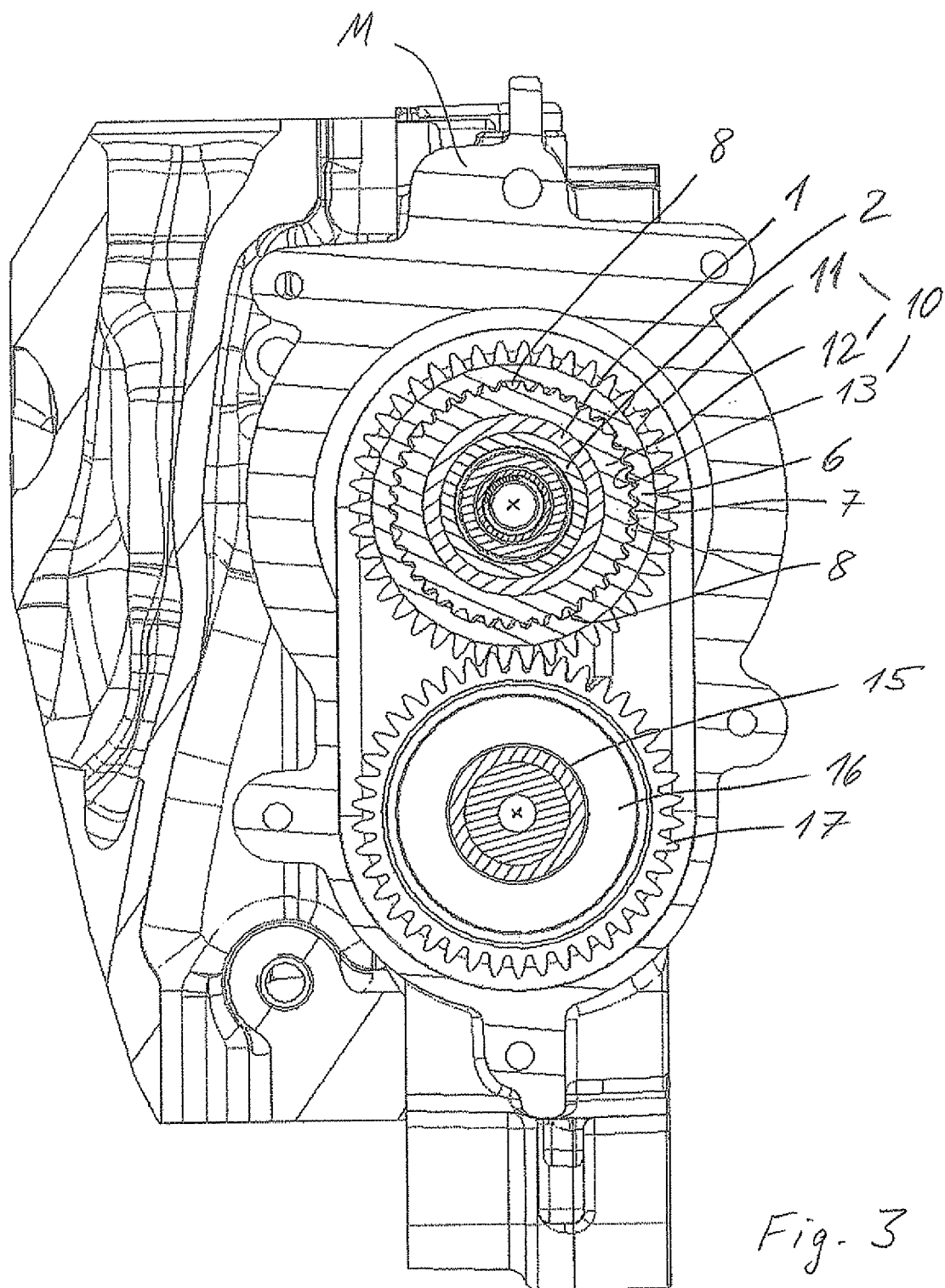
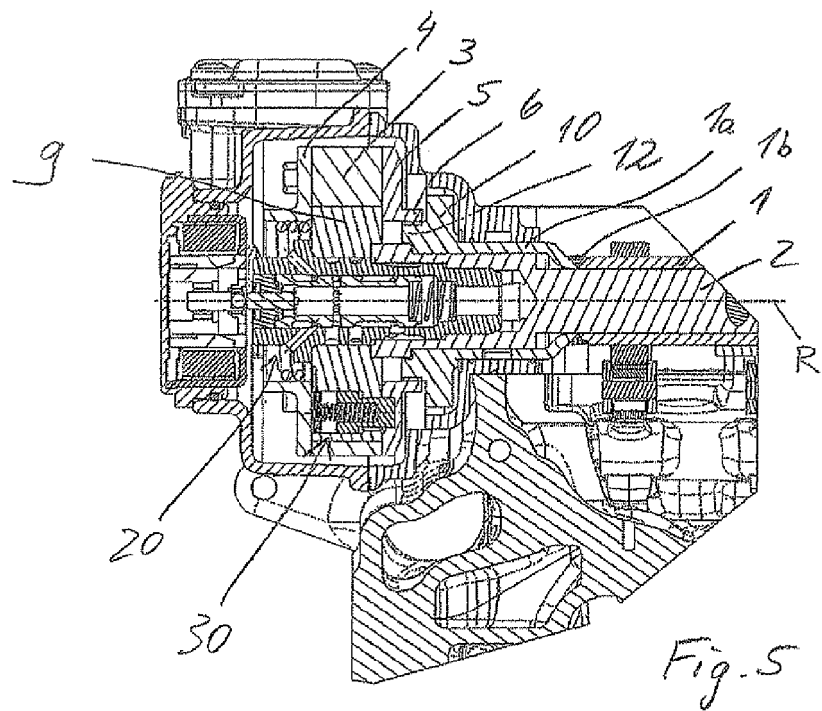
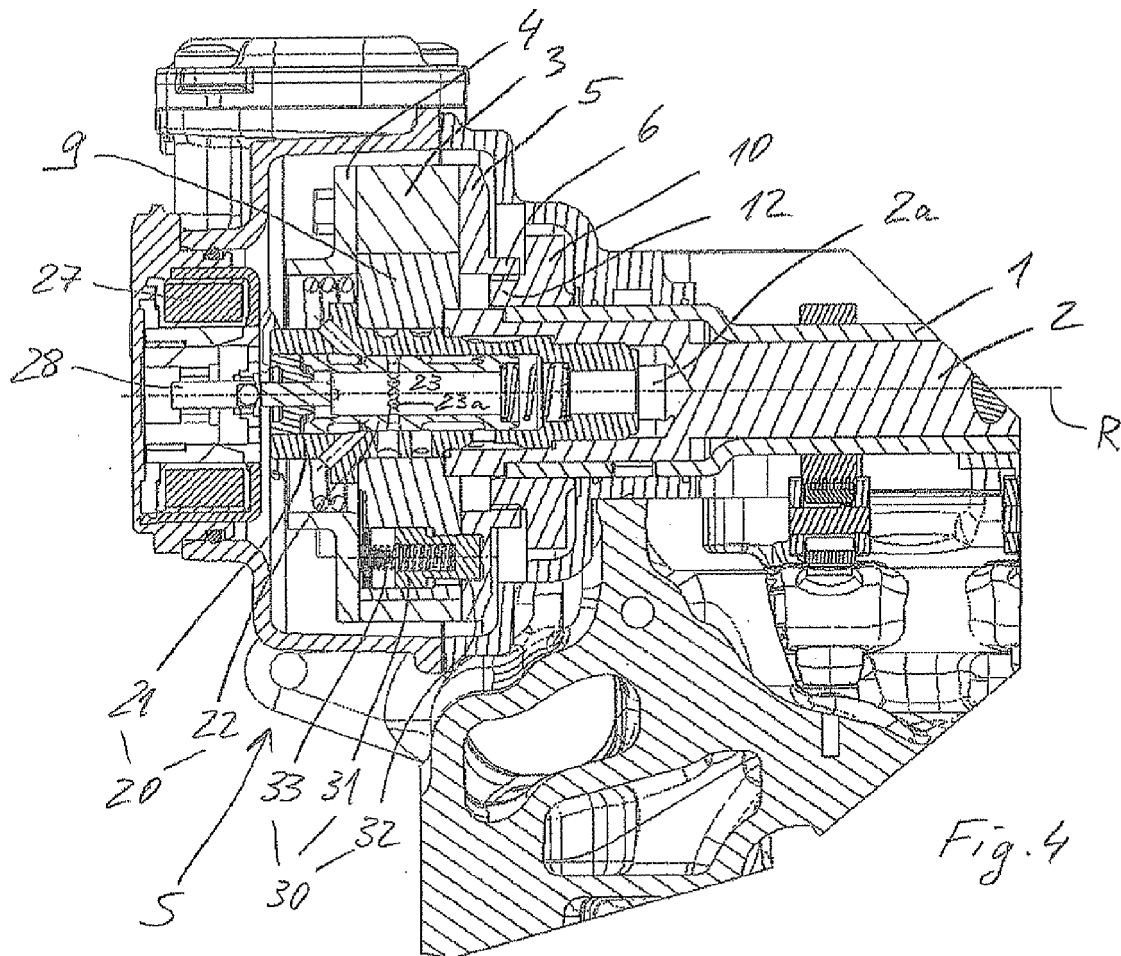


Fig. 1







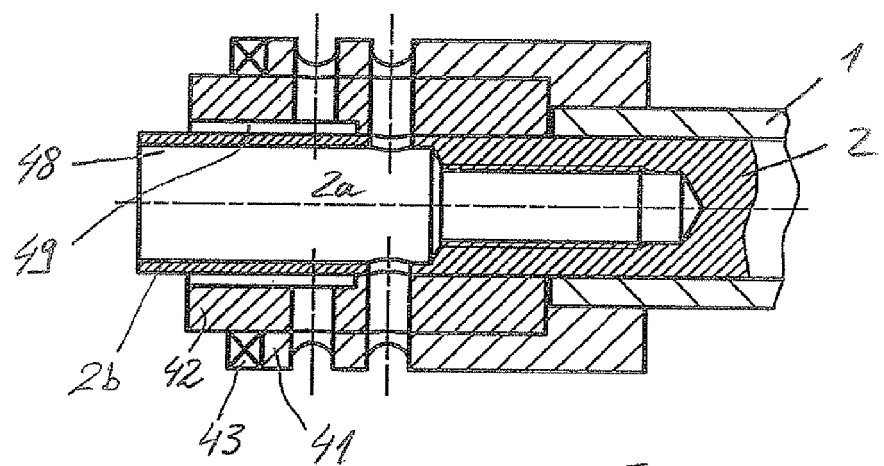
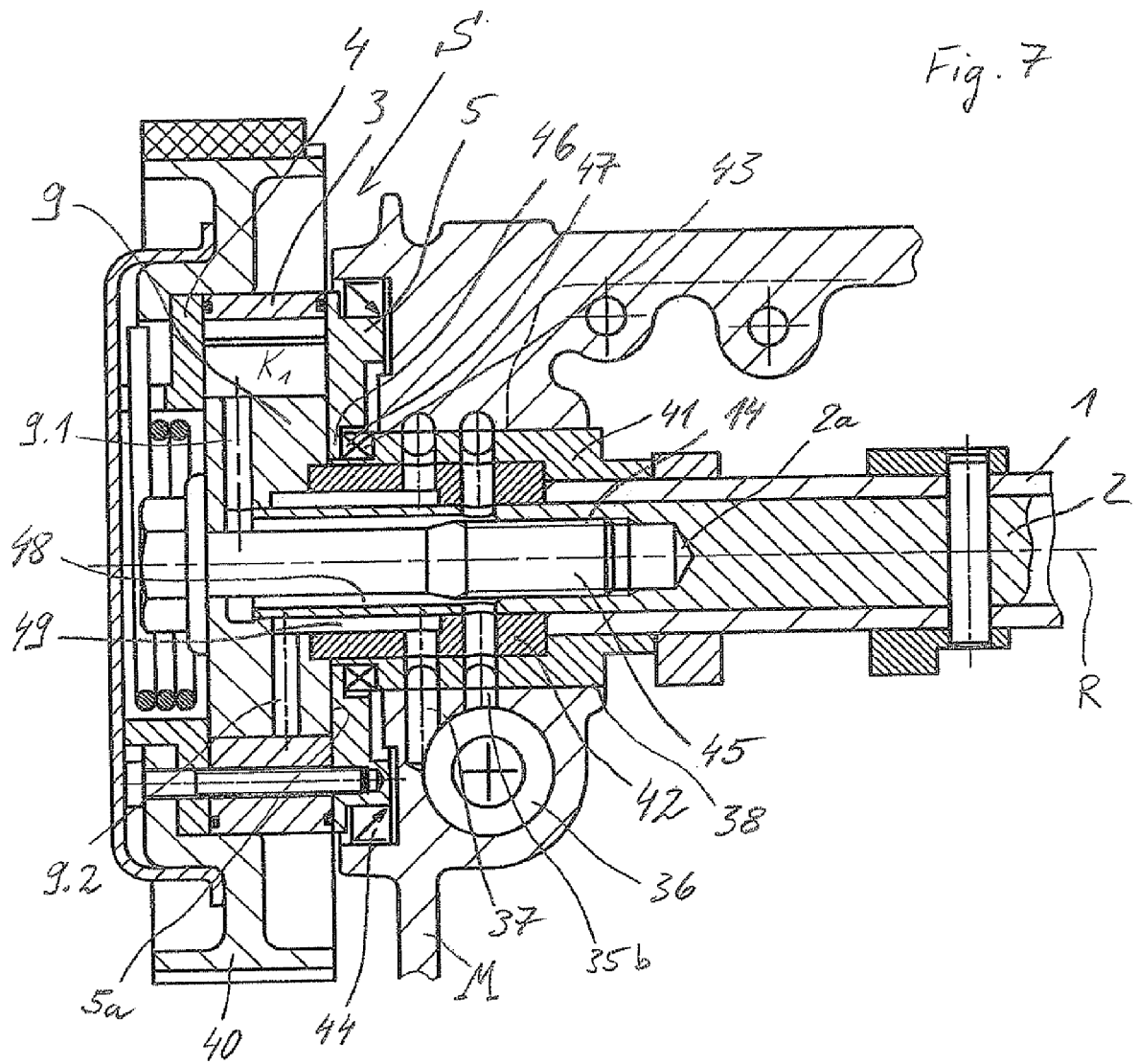


Fig. 8

Fig. 9

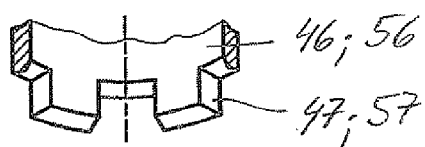
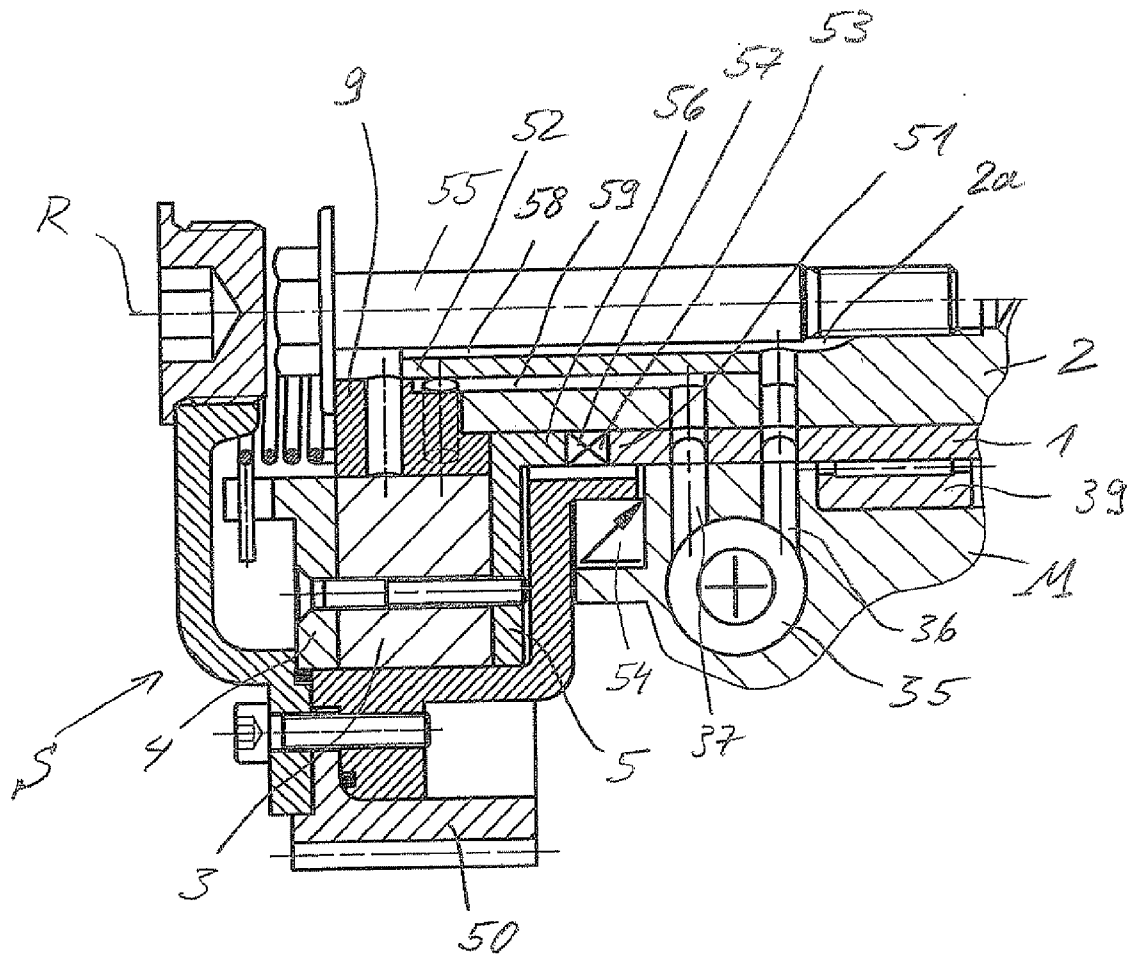


Fig. 10

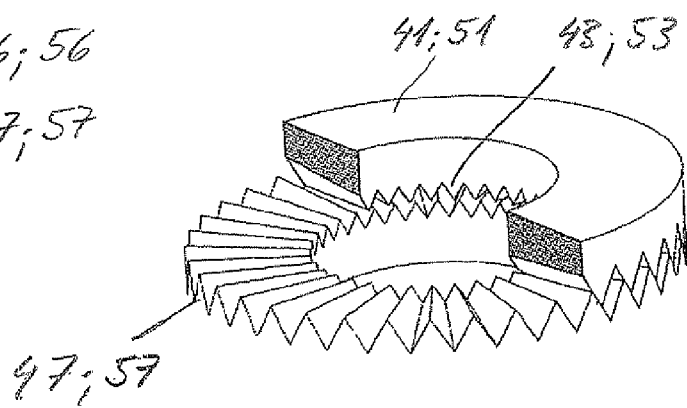


Fig. 11

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

- US 1527456 A [0002]
- US 7469670 B2 [0003]
- WO 2006081789 A1 [0004]
- EP 0686754 B1 [0005]
- DE 102010002713 [0025] [0046]
- DE 102011004539 [0026] [0046]
- DE 102010053685 [0026] [0046]
- DE 102010003574 [0053]