

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 51147/2019 (51) Int. Cl.: **F01L 1/344** (2006.01)  
 (22) Anmeldetag: 20.12.2019 **F01L 1/356** (2006.01)  
 (45) Veröffentlicht am: 15.07.2021

|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(56) Entgegenhaltungen:<br/>         JP 2016061207 A<br/>         JP 2010031855 A</p> | <p>(73) Patentinhaber:<br/>         AVL List GmbH<br/>         8020 Graz (AT)</p> <p>(72) Erfinder:<br/>         GRUBER Manuel<br/>         8010 Graz (AT)<br/>         HUBMANN Christian Dipl.Ing. (FH)<br/>         8054 Graz (AT)<br/>         Kapus Paul Dr.<br/>         8111 Judendorf (AT)</p> <p>(74) Vertreter:<br/>         Kopetz Heinrich Dipl.Ing.<br/>         8020 Graz (AT)</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

(54) **Nockenwellenverstellvorrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') zur Veränderung der Drehphase einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle und eine Brennkraftmaschine (100) mit einer solchen Vorrichtung. Dabei sind ein auf einem Trägerelement (30) drehbar, aber axial unbeweglich gelagertes, mit der Kurbelwelle antreibbares Eingangsrad (2) und benachbart zum Eingangsrad (2) ein Schaltelement (5, 5'), das relativ zu dem Trägerelement (30) drehfest, aber axial beweglich gelagert ist, vorgesehen, wobei Eingangsrad (2) und Schaltelement (5, 5') über zumindest ein Fliehkraftmassenelement (6) wirkverbunden sind, das in einer Führung (20) so verschiebbar ist, dass durch das Bewegen das Eingangsrad (2) relativ zum Schaltelement (5, 5') verdrehbar ist. Erfindungsgemäß ist zumindest ein vom Eingangsrad (2) abgewandter Abschnitt des Schaltelements (5, 5') in einem drehfest und axial unbeweglich auf dem Trägerelement (30) gelagerten Führungselement (9) in axialer Richtung beweglich angeordnet, wobei zwischen dem Schaltelement (5, 5') und dem Führungselement (9) zumindest eine Hydraulikkammer (10) vorgesehen ist, die mit einem Hydraulikmittel beaufschlagbar ist.

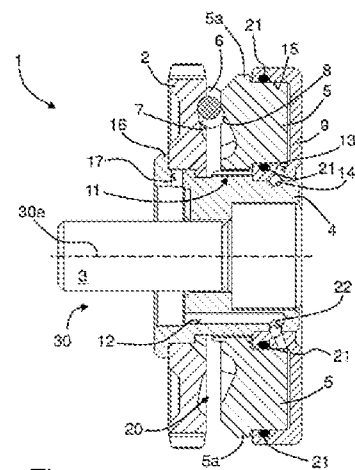


Fig. 2

## Beschreibung

### NOCKENWELLENVERSTELLVORRICHTUNG

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Nockenwellenverstellvorrichtung zur Veränderung der Drehphase einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle, mit einem mit der Nockenwelle drehfest verbindbaren und/oder verbundenen Trägerelement, zumindest einem auf dem Trägerelement gelagerten, mit der Kurbelwelle antreibbaren Eingangsrad, das relativ zum Trägerelement in Umfangsrichtung drehbar und axial unbeweglich ist, einem in axialer Richtung des Trägerelements benachbart zu dem Eingangsrad angeordneten Schaltelement, das relativ zum Trägerelement drehfest, aber axial beweglich gelagert ist, wobei Eingangsrad und Schaltelement über zumindest ein Fliehkraftmassenelement wirkverbunden sind, das in einer Führung mit einem ersten Führungsbereich im Eingangsrad und einem zum ersten Führungsbereich korrespondierenden zweiten Führungsbereich im Schaltelement verschiebbar ist, wobei die Führungsbereiche als von einem Anfangspunkt nahe dem Trägerelement zu einem weiter von dem Trägerelement entfernten Endpunkt verlaufende Nuten ausgebildet sind und bei zumindest einem Führungsbereich die Nut mit einer vom Anfangs- zum Endpunkt zu- oder abnehmenden Nuttiefe ausgeführt ist und/oder bei zumindest einem Führungsbereich Anfangs- und Endpunkt in Umfangsrichtung des Trägerelements gesehen zueinander versetzt sind, wobei durch Bewegen des Fliehkraftmassenelements in der Führung das Eingangsrad relativ zum Schaltelement verdrehbar ist.

**[0002]** Die Erfindung betrifft außerdem eine Brennkraftmaschine mit zumindest einer Kurbelwelle, zumindest einer mit der Kurbelwelle drehverbundenen Nockenwelle und zumindest einer derartigen, mit der Nockenwelle drehverbundenen Nockenwellenverstellvorrichtung.

**[0003]** Durch Veränderung der Steuerzeiten der Ventilsteuerung von Brennkraftmaschinen bzw. die Anpassung der Ventilöffnungszeiten des Einlass- und/oder Auslassventils ergibt sich eine Effizienzsteigerung der Brennkraftmaschine, mit der ein Leistungs- und Drehmomentgewinn bzw. eine Kraftstoffeinsparung erzielbar sind. Gerade im Zweiradbereich gibt es Bestrebungen, durch möglichst einfache variable Ventiltriebe Performancesteigerungen zu erzielen.

**[0004]** Im Stand der Technik sind verschiedene Lösungen zur variablen Nockenwellensteuerung oder Ventilsteuerung bekannt. Beispielsweise beschreibt die JP 2011 236875 A eine Lösung, bei der ein mit der Kurbelwelle drehverbundenes Eingangsrad mittels als Kugeln ausgeführten Zentrifugalgewichten mit einem Führungselement der Nockenwelle wirkverbunden ist. Ein Federelement drückt dabei das Eingangsrad gegen das Führungselement, sowohl im Eingangsrad als auch im Führungselement sind Führungsbahnen für die Kugeln ausgeführt. Bei hohen Drehzahlen werden die Kugeln durch die wirkenden Zentrifugalkräfte nach außen gedrückt und bewirken ein Verdrehen des Eingangsrad gegenüber der Nockenwelle - es ergibt sich eine Änderung der Ventilöffnungszeiten.

**[0005]** Nachteilig an diesem System ist insbesondere, dass sich bei hohen Drehzahlen durch die Fliehkräfte immer eine Phasenverstellung ergibt, selbst wenn diese vom Anwender nicht gewünscht ist.

**[0006]** Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Nockenwellenverstellvorrichtung bereit zu stellen, mit der unabhängig von der Drehzahl eine Verstellung der Ventilöffnungszeiten umsetzbar ist.

**[0007]** Diese Aufgabe wird mit einer eingangs genannten Nockenwellenverstellvorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zumindest ein vom Eingangsrad abgewandter Abschnitt des Schaltelements in einem drehfest und axial unbeweglich auf dem Trägerelement gelagerten Führungselement in axialer Richtung beweglich angeordnet ist, wobei zwischen dem vom Eingangsrad abgewandten Abschnitt des Schaltelements und dem Führungselement zumindest eine Hydraulikkammer vorgesehen ist, die mit einem Hydraulikmittel beaufschlagbar und von einem Hydraulikmittel entlastbar ist.

**[0008]** Die Erfindung ermöglicht damit ein Verstellen der Nockenwelle unabhängig von der Dreh-

zahl durch Beaufschlagen mit oder Entlasten von einem Hydraulikmittel. Während die Fliehkräfte durch Verwendung eines Fliehkraftmassenelements genutzt werden, ist gleichzeitig ein aktives Steuern in allen Situationen möglich - entgegen den Lösungen im Stand der Technik kann auch bei hohen Drehzahlen die Nockenwelle verstellt werden. Durch die hydraulische Betätigung ist ein ausfallsicheres Betreiben mit geringem Hydraulikmittelvolumen möglich. Damit kann eine kompakte Nockenwellenverstellvorrichtung mit geringem Gewicht bereitgestellt werden.

**[0009]** Vorzugsweise sind beim ersten Führungsbereich im Eingangsrad Anfangs- und Endpunkt der Nut in Umfangsrichtung des Trägerelements gesehen zueinander versetzt angeordnet und beim zweiten Führungsbereich im Schaltelement ist die Nut in radialer Richtung verlaufend ausgeführt. Ein Bewegen des Fliehkraftmassenelements in radialer Richtung nach außen bewirkt damit ein Drehen des Eingangsrad in Umfangsrichtung rund um das Trägerelement bzw. die Trägerelementachse relativ zum Schaltelement während das Schaltelement unbewegt bleibt. Damit ist eine einfache Phasenverstellung der Nockenwelle möglich.

**[0010]** In einer Variante ist die Nut des zweiten Führungsbereich mit in radialer Richtung abnehmender Nuttiefe ausgeführt. Mit anderen Worten ist die Nut des zweiten Führungsbereich mit in radialer, von dem Trägerelement wegführender Richtung abnehmender Nuttiefe ausgeführt. Vorzugsweise ist zudem die Nut des ersten Führungsbereichs mit in radialer Richtung konstanter Nuttiefe ausgeführt. Mit anderen Worten ist die Nut des ersten Führungsbereich mit in radialer, von dem Trägerelement wegführender Richtung konstanter Nuttiefe ausgeführt. Je weiter außen das Fliehkraftmassenelement sich also in radialer Richtung in der Führung befindet, desto mehr wird es durch den ersten Führungsbereich geführt, beim Bewegen nach innen erfolgt die Führung zunehmend durch den zweiten Führungsbereich.

**[0011]** Eine besonders gute Aufnahme und Führung des Schaltelements im Führungselement lässt sich erzielen, wenn das Führungselement eine ringförmige, in Umfangsrichtung um das Trägerelement verlaufende Ausnehmung zur Aufnahme des korrespondierend zur Ausnehmung ausgeführten Abschnitts des Schaltelements aufweist. Mit anderen Worten weist das Führungselement eine Ausnehmung mit im Wesentlichen in radialer Richtung verlaufendem Boden ab, der an einer Außenseite und einer Innenseite je einen coaxial zum Trägerelement bzw. zur Trägerelementachse verlaufenden Wandabschnitt aufweist. Insbesondere liegt der Boden der Ausnehmung des Führungselements in einer Ebene die normal zu einer Trägerelementachse orientiert ist.

**[0012]** In einer Variante der Erfindung ist zwischen Schaltelement und Führungselement zumindest ein Federelement vorgesehen, wobei das Federelement das Schaltelement in Richtung des Eingangsrad drückt. Vorzugsweise sind vier Federelemente vorgesehen, die gleichmäßig über die Umfangsrichtung des Schaltelements und/oder des Führungselements verteilt angeordnet sind. Durch das Federelement wird sichergestellt, dass in jeder Betriebssituation eine in Richtung des Eingangsrad orientierte Kraft auf das Schaltelement wirkt. Das Federelement ist dabei so ausgelegt, dass bei zunehmender Fliehkraft bei hohen Drehzahlen ein Bewegen des Fliehkraftmassenelement in radialer Richtung nach außen nicht behindert wird - das Fliehkraftmassenelement drückt das Schaltelement entgegen der Federkraft vom Eingangsrad weg. Diese Interaktion kann durch Beaufschlagen der Hydraulikkammer mit Hydraulikmedium unterbunden werden.

**[0013]** Günstigerweise ist im Schaltelement und/oder im Führungselement eine Federausnehmung zur Aufnahme des Federelements ausgeführt. Wenn sich die Federausnehmung im Schalt- und im Führungselement befindet, ist entsprechend in jedem Element eine Teilausnehmung ausgeführt, wobei die beiden Teilausnehmungen zur Bildung der Federausnehmung miteinander korrespondieren. Dadurch wird eine einfache Montage ermöglicht - das Federelement muss einfach in die entsprechende Federausnehmung eingelegt werden - und eine sichere Führung der Feder ist gewährleistet.

**[0014]** Dabei ist es von Vorteil, wenn die Federausnehmung als Teil der Hydraulikkammer ausgeführt ist. Mit anderen Worten fungiert die Federausnehmung bzw. - je nach Ausführungsbeispiel - die Federausnehmungen als Teil Hydraulikkammer. Dadurch wird die Konstruktion der erfindungsgemäßen Nockenwellenverstellvorrichtung weiter vereinfacht und die Ausdehnung ins-

besondere in axialer Richtung kann trotz zusätzlicher Federausnehmung geringgehalten werden.

**[0015]** In einer weiteren Variante weist das Trägerelement zumindest ein mit der Nockenwelle drehfest verbundenes oder verbindbares Halteelement auf und zumindest das Schaltelement und das Führungselement sind auf dem Halteelement angeordnet, wobei vorzugsweise das Trägerelement des Weiteren ein Befestigungselement aufweist, mit dem das Halteelement drehfest mit der Nockenwelle verbindbar ist. Es ist auch möglich, dass Schalt-, Führungselement und auch Eingangsrad auf dem Halteelement angeordnet sind.

**[0016]** Das drehfeste, aber axial verschiebbliche Verbinden von Schalt- und Halteelement lässt sich umsetzen, indem Schaltelement und Halteelement über eine Keilwellenverbindung miteinander verbunden. Mit anderen Worten ist am Halteelement ein erster Keilwellenbereich ausgeführt und am Schaltelement ist ein damit korrespondierender zweiter Keilwellenbereich vorgesehen. Ein relatives Bewegen von Schalt- und Halteelement in axialer Richtung parallel zur Trägerelementachse ist möglich, während eine drehfeste Verbindung sichergestellt ist - ein Drehen des Halteelements um die Trägerelementachse bewirkt ein Drehen des Schaltelements. Der erste Keilwellenbereich fungiert als Keilwelle während der zweite Keilwellenbereich als die Keilwelle umgebende Keilnabe fungiert.

**[0017]** Eine besonders einfache und leckagearme Versorgung der Hydraulikkammer mit Hydraulikmedium lässt sich erzielen, wenn im Halteelement zumindest ein Hydraulikmediumkanal zur Verbindung der zumindest einen Hydraulikkammer mit einer Hydraulikmediumversorgung einer Brennkraftmaschine vorgesehen ist. Bei dem Hydraulikmedium kann es sich insbesondere um Öl bzw. Motoröl handeln, das einer Ölversorgung der Brennkraftmaschine entnommen wird.

**[0018]** Vorzugsweise ist der Hydraulikmediumkanal mit einer die Außenseite des Halteelements in Umfangsrichtung zumindest teilweise umgebenden Verteilernut strömungsverbunden. Damit ist besonders effizientes zu- und abführen des Hydraulikmediums selbst bei größeren Fertigungstoleranzen sichergestellt.

**[0019]** In einer Variante ist im Führungselement, vorzugsweise in einem in Richtung des Trägerelements orientierten Bereich des Führungselements, zumindest eine Bohrung zur Verbindung der Hydraulikkammer mit dem Hydraulikmediumkanal und/oder mit der Verteilernut vorgesehen ist. Günstigerweise sind vier derartige Bohrungen vorgesehen, die insbesondere gleichmäßig über den Umfang des Führungselements verteilt sein können.

**[0020]** Die oben genannte Aufgabe wird außerdem mit einer eingangs genannten Brennkraftmaschine erfindungsgemäß mit zumindest einer derartigen, mit der Nockenwelle drehverbundenen Nockenwellenverstellvorrichtung gelöst.

**[0021]** In einer Variante fungiert dabei die Nockenwelle als Trägerelement. Dadurch lassen sich ein besonders einfacher Aufbau und eine rasche Montage erzielen.

**[0022]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels, das in den Figuren dargestellt ist, näher erläutert. Darin zeigen

- [0023]** Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Brennkraftmaschine mit einer erfindungsgemäßen Nockenwellenverstellvorrichtung;
- [0024]** Fig. 2 eine Schnittansicht einer ersten Variante der Nockenwellenverstellvorrichtung in einer ersten Position;
- [0025]** Fig. 3 die erste Variante aus Fig. 2 in einer zweiten Position;
- [0026]** Fig. 4a eine Draufsicht auf ein Schaltelement gemäß einem Schnitt entlang der Linie IVa-IVa in Fig. 3;
- [0027]** Fig. 4b eine Draufsicht auf ein Eingangsrad gemäß einem Schnitt entlang der Linie IVb-IVb in Fig. 3;
- [0028]** Fig. 5 eine Schnittansicht einer zweiten Variante der Nockenwellenverstellvorrichtung in einer ersten Position;

- [0029] Fig. 6 die zweite Variante aus Fig. 5 in einer zweiten Position;
- [0030] Fig. 7 eine perspektivische, teilweise geschnittene Ansicht eines Halteelements;
- [0031] Fig. 8a eine perspektivische, teilweise geschnittene Ansicht eines Führungselements;
- [0032] Fig. 8b eine Schnittansicht des Führungselements mit durch die Längsachse verlaufender Schnittebene; und
- [0033] Fig. 8c eine Ausschnittdarstellung aus der Schnittansicht aus Fig. 8b.

[0034] Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind gleiche Teile in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0035] Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Brennkraftmaschine 100 mit vier Zylindern 101, wobei unterhalb der Zylinder 101 eine Kurbelwelle 102 angedeutet ist und oberhalb der Zylinder eine Nockenwelle 103 skizziert ist. Die Anordnung der Nockenwelle 103 ist dabei nur beispielhaft zu verstehen und kann auch eine andere relative Lage zu den Zylindern 101 einnehmen. Kurbel- 102 und Nockenwelle 103 sind über eine entsprechende Verbindung 104, beispielsweise einen Ketten- oder Riementrieb, direkt oder indirekt miteinander verbunden. Etwaige Hilfsaggregate sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Über die Nockenwelle 103 erfolgt die Betätigung der Einlass- und Auslassventile (nicht dargestellt) der einzelnen Zylinder.

[0036] Zum Verändern der Drehphase der Nockenwelle 103 relativ zur Kurbelwelle 102 und Anpassen der Steuerzeiten ist eine erfindungsgemäße Nockenwellenverstellvorrichtung 1 mit der Nockenwelle 103 drehfest verbunden bzw. verbindbar, wobei die Nockenwellenverstellvorrichtung 1 über die Kurbelwelle 102 antreibbar ist und nachfolgend genauer erläutert wird.

[0037] Die Nockenwellenverstellvorrichtung 1 weist ein Trägerelement 30 auf, auf dem verschiedene, konzentrisch zu einer Trägerelementachse 30a angeordnete Komponenten gelagert sind. Es kann auch ein Teil der Nockenwelle 103 als Trägerelement 30 herangezogen werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist das Trägerelement 30 ein Halteelement 4 und ein Befestigungselement 3 auf, mit dem das Halteelement 30 drehfest mit der Nockenwelle 103 verbunden bzw. verbindbar ist. Das Befestigungselement 3 kann beispielsweise eine Schraube sein, die in ein korrespondierendes Gewinde in der Nockenwelle 103 einschraubbar ist.

[0038] Die Trägerelementachse 30a fällt jedenfalls mit der Drehachse der Nockenwelle 103 zusammen. Ein Eingangsrad 2, das an seiner Außenseite Elemente zum Antreiben durch die Kurbelwelle 102 mittels Verbindung 104 aufweist, ist relativ zu Trägerelement 30 in Umfangsrichtung rund um die Trägerelementachse 30a drehbar gelagert, aber in axialer Richtung entlang der Trägerelementachse 30a unbeweglich. In axialer Richtung benachbart zum Eingangsrad 2 ist ein Schaltelement 5 vorgesehen, das gegenüber dem Trägerelement 30 drehfest, aber in axialer Richtung beweglich gelagert ist.

[0039] Erfindungsgemäß ist das Schaltelement 5 zumindest mit einem vom Eingangsrad 2 abgewandten Abschnitt des Schaltelements 5 beweglich in einem Führungselement 9 gelagert, wobei das Führungselement 9 drehfest und axial unbeweglich mit dem Trägerelement 30 verbunden ist. Zwischen dem vom Eingangsrad 2 abgewandten Abschnitt des Schaltelements 5 und dem Führungselement 9 spannt sich eine Hydraulikkammer 10 auf, die mit einem Hydraulikmittel beaufschlagbar und von diesem Hydraulikmittel entlastbar ist. Bei dem Hydraulikmittel kann es sich beispielsweise um Motoröl handeln und das Beaufschlagen und Entlasten der Hydraulikkammer 10 erfolgt durch Strömungsverbinden mit der Ölversorgung der Brennkraftmaschine 100. Das Schaltelement 5 ist je nach Beaufschlagung mit Hydraulikmittel in eine erste Position (siehe Fig. 2) und eine zweite Position (siehe Fig. 3) bringbar. In der ersten Position ist der Abstand zwischen Schaltelement 5 und Eingangsrad 2 größer als in der zweiten Position.

[0040] Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind Eingangsrad 2, Führungselement 9 und das darin verschiebbliche Schaltelement 5 nicht direkt auf der Nockenwelle 103 gelagert sondern auf dem beschriebenen Halteelement 4 des Trägerelements 30, das drehfest mit der Nockenwelle 103 verbunden ist. Drehfest verbunden bedeutet hier, dass das Halteelement 4 relativ zur Nockenwelle 103 nicht drehbar ist, sondern eine Drehbewegung der Nockenwelle 103 unmittelbar

eine Drehbewegung des Halteelements 4 bewirkt. Das Führungselement 9 ist beispielsweise über einen Presssitz mit dem Halteelement 4 verbunden. Die drehfeste Verbindung von Schaltelement 5 und Trägerelement 30 wird auch bei Verwendung des Halteelements 4 sichergestellt, indem Schaltelement 5 und Halteelement 4 über eine Keilwellenverbindung 11 miteinander verbunden sind.

**[0041]** Um ein Bewegen des Eingangsrad 2 in einer Richtung vom Schaltelement 5 weg zu begrenzen weist das Halteelement 4 einen Absatz 16 auf, an dem das Eingangsrad 2 anliegt. In der Gegenrichtung ist das Eingangsrad 2 in seiner Bewegung durch das verpresste Führungselement 9 und das darin gelagerte Schaltelement 5 begrenzt. Um ein Überhitzen bzw. Verschleiben des - zumindest begrenzt - um das Trägerelement 30 drehbaren Eingangsrad 2 zu verhindern ist in dem Halteelement 4 ein Schmierkanal 17 vorgesehen, der im Wesentlichen in radialer Richtung verlaufend ausgeführt ist und die Innenseite des Eingangsrad 2 mit Schmiermittel versorgt.

**[0042]** Das Eingangsrad 2 und das Schaltelement 5 sind über zumindest ein Fliehkraftmassenelement 6 wirkverbunden, das im dargestellten Ausführungsbeispiel kugelförmig ausgeführt ist. Die Wirkverbindung führt dazu, dass eine Drehbewegung des Eingangsrad 2 auf das Schaltelement 5 und das Trägerelement 30 und damit die Nockenwelle 103 übertragen wird. Dazu ist für das Fliehkraftmassenelement 6 eine Führung 20 vorgesehen, die einen ersten Führungsbereich 7 im Eingangsrad 2 und einen zum ersten Führungsbereich 7 korrespondierenden zweiten Führungsbereich 8 im Schaltelement 5 aufweist. Die Führungsbereiche 7, 8 sind jeweils als Nuten ausgeführt und das Fliehkraftmassenelement 6 ist in dieser Führung 20 verschiebbar. Da sich das Fliehkraftmassenelement 6 zu jedem Zeitpunkt sowohl im ersten 7 als auch im zweiten Führungsbereich 8 befindet, ist eine Wirkverbindung hergestellt.

**[0043]** Fig. 4a zeigt in einer Schnittansicht der Nockenwellenstellvorrichtung 1 entlang der Schnittlinie IVa-IVa in Fig. 3 das Schaltelement 5 aus einer Blickrichtung entlang der Trägerelementachse 30a. Die Nuten der zweiten Führungsbereiche 8 der Führung 20 sind im Wesentlichen hinsichtlich der Trägerelementachse 30a gerade in radialer Richtung verlaufend ausgeführt. Jede Nut weist dabei einen nahe des Trägerelements 30 bzw. der Trägerelementachse 30a angeordneten Anfangspunkt 8a und einen von dem Trägerelement 30 bzw. der Trägerelementachse 30a weiter entfernten Endpunkt 8b auf. Anfangs- 8a und Endpunkt 8b sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur für eine Nut eines zweiten Führungsbereichs 8 eingezeichnet.

**[0044]** Fig. 4b zeigt die Schnittansicht entlang Schnittlinie IVb-IVb in Fig. 3 auf das Eingangsrad 2. Bei den Nuten der ersten Führungsbereiche 7 sind dabei jeweils der Anfangspunkt 7a und der Endpunkt 7b in Umfangsrichtung rund um die Trägerelementachse 30a zueinander versetzt. Der Verlauf der Nuten der ersten Führungsbereiche 7 ist also hinsichtlich einer radialen Richtung schräg und/oder gekrümmt ausgeführt. Auch hier sind Anfangs- 7a und Endpunkt 7b aus Gründen der Übersichtlichkeit nur für eine Nut eines ersten Führungsbereichs 7 eingezeichnet.

**[0045]** Bei den dargestellten Nuten mit einer gewissen Breite sind als Anfangs- 7a, 8a und Endpunkt 7b, 8b jeweils z.B. der Mittelpunkt der Nut am Anfang und am Ende zu betrachten.

**[0046]** Wenn mit zunehmender Drehzahl der Brennkraftmaschine 100 die auf die Fliehkraftmassenelemente 6 wirkenden Kräfte zunehmen, bewegen sich diese in der Führung 20 in radialer Richtung nach außen. Da der zweite Führungsbereich 8 gerade verlaufend ausgeführt ist und der erste Führungsbereich 7 gekrümmt ist, wird beim Nach-außen-bewegen des Fliehkraftmassenelements 6 das Eingangsrad 2 relativ zum Schaltelement 5 um die Trägerelementachse 30a verdreht.

**[0047]** Um allerdings zu verhindern, dass mit zunehmender Drehzahl immer ein Verdrehen des Eingangsrad 2 erfolgt, sind die Nuten der zweiten Führungsbereichs 8 mit veränderlicher Nuttiefe ausgeführt. Das bedeutet, dass die Nuttiefe von Anfangs- 8a zu Endpunkt 8b zu- oder abnimmt, so dass sie am Anfang der Nut anders ist als am Ende der Nut. Im dargestellten Ausführungsbeispiel nimmt die Nuttiefe des zweiten Führungsbereichs 8 vom Anfangspunkt 8a zum Endpunkt 8b hin ab - am Anfangspunkt 8a ist die Nut des zweiten Führungsbereichs 8 also tiefer

als am Endpunkt 8b. Die Nut des ersten Führungsbereichs 7 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel mit durchgängig gleicher, konstanter Nuttiefe ausgeführt. Zumindest ein Führungsbereich 7, 8 muss mit variabler Nuttiefe ausgeführt werden, um eine axiale Bewegung des Schaltelements 5 in eine radiale Bewegung des Fliehkraftmassenelements 6 umzusetzen, bzw. umgekehrt. Das Fliehkraftmassenelement 6 befindet sich immer mit zumindest dem halben Durchmesser in zumindest einem Führungsbereich 7, 8.

**[0048]** Insbesondere Fig. 2 und Fig. 3 zeigen, dass im dargestellten Ausführungsbeispiel die Nut des zweiten Führungsbereichs 8 am Endpunkt 8b flacher bzw. weniger tief ist als am Anfangspunkt 8a. Die Nuttiefe des zweiten Führungsbereichs ist also vom Anfangs- 8a zum Endpunkt 8b abnehmend ausgeführt. Die Nuttiefe des ersten Führungsbereichs 7 erscheint in Fig. 2 und Fig. 3 ebenfalls variabel, dieser Eindruck entsteht allerdings durch den schrägen Verlauf (siehe Fig. 4b). Die Nuttiefe des ersten Führungsbereichs 7 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel vom Anfangs- 7a zum Endpunkt 7b konstant ausgeführt.

**[0049]** Wenn sich also das Fliehkraftmassenelement 6 näher an der Trägerelementachse 30a befindet, wird es mehr durch den zweiten Führungsbereich 8 geführt als den ersten Führungsbereich 7, da nahe der Trägerelementachse 30a die Nuttiefe des zweiten Führungsbereichs 8 größer ist. Befindet sich das Fliehkraftmassenelement 6 weiter von der Trägerelementachse 30a entfernt, wird es eher durch den ersten Führungsbereich 7 geführt.

**[0050]** Damit es bei dem erfindungsgemäßen Nockenwellenverstellelement 1 zu einem Verdrehen des Eingangsrad 2 relativ zum Schaltelement 5 kommt, muss der axiale Abstand zwischen Eingangsrad 2 und Schaltelement 5 verändert werden, da sich erst dann das Fliehkraftmassenelement 6 in der Führung 20 bewegen kann. Dies wird ermöglicht durch das Vorsehen der Hydraulikkammer 10 zwischen Schaltelement 5 und Führungselement 9.

**[0051]** Das Führungselement 9 weist eine ringförmige Ausnehmung 15 auf, die in Umfangsrichtung um das Trägerelement 30 verlaufend ausgeführt ist. In der Ausnehmung 15 ist ein korrespondierend ausgeführter Abschnitt des Schaltelements 5 aufgenommen. Zwischen dem vom Eingangsrad 2 abgewandten Bereich des Schaltelements 5 und dem Führungselement 9 bzw. dessen Ausnehmung 15 ist die Hydraulikkammer 10 aufgespannt. Um Leckagen zu vermeiden sind in Nuten des Führungselements 9 O-Ringe 21 zur Abdichtung der Hydraulikkammer 10 vorgesehen. Das Schaltelement 5 weist einen umlaufenden Absatz 5a auf, mit dem die Eindringtiefe des Schaltelements 5 in die Ausnehmung 15 begrenzt ist. Damit kann insbesondere verhindert werden, dass das Schaltelement 5 mit dem Boden der Ausnehmung 15 auf Stoß geht und ein Bewegen durch Zuführen von Hydraulikmittel nicht mehr möglich ist. Mit anderen Worten weist das Schaltelement 5 zumindest einen Absatz 5a auf, der zumindest teilweise umlaufend ausgeführt ist und die Eindringtiefe des Schaltelements 5 in die Ausnehmung 15 derart begrenzt, dass zwischen dem Boden der Ausnehmung 15 und der dem Boden zugewandten Oberfläche des Schaltelements 5 ein kleiner Abstand verbleibt.

**[0052]** Das Befüllen und Entleeren der Hydraulikkammer 10 erfolgt beispielsweise durch entsprechende Zu- und Ableitungen im Halteelement 4 und im Führungselement 9.

**[0053]** Wie insbesondere in Fig. 7 dargestellt ist weist das Halteelement 4 einen Hydraulikmediumkanal 12 auf, der im Wesentlichen parallel zur Trägerelementachse 30a verlaufend ausgeführt ist. Der Hydraulikmediumkanal 12 ist auf nicht näher dargestellte Weise mit einer Hydraulikmediumversorgung der Brennkraftmaschine 100 verbunden. Insbesondere kann dies beispielsweise durch eine in der Nockenwelle 103 vorgesehene Hydraulikmediumführung, z.B. in Form einer Bohrung, erfolgen, die mit dem Hydraulikmediumkanal 12 fluidverbunden ist. Die drehfeste, reproduzierbare Verbindung der Nockenwellenverstellvorrichtung 1 bzw. des Trägerelements 30 mit der Nockenwelle 103 wird auch für eine fluchtende Verbindung der Hydraulikmediumführung in der Nockenwelle 103 und dem Hydraulikmediumkanal 12 benötigt. Dazu ist im Halteelement 4 auf der vom Führungselement 9 abgewandten Seite bzw. dort, wo der Hydraulikmediumkanal 12 seinen Ausgang nimmt eine Mitnehmervorrichtung 26 vorgesehen, die im dargestellten Ausführungsbeispiel als Ausnehmung umgesetzt ist. Ein entsprechender Vorsprung in der Nockenwelle 103 (nicht dargestellt) greift im montierten Zustand der Nockenwellenvorrichtung 1 in diese Aus-

nehmung ein und führt zu einer drehfesten, formschlüssigen Verbindung zwischen Nockenwelle 103 und Nockenwellenvorrichtung 1, ergänzend bzw. zusätzlich zur Befestigung des Halteelements 4 an der Nockenwelle 103 mittels Befestigungselement 3. Für die Mitnehmervorrichtung 26 sind auch andere Varianten möglich, z.B. Passfedern, Fixierstifte oder ähnliches.

**[0054]** Da die Mitnehmervorrichtung 26 für eine korrekte, reproduzierbare Verbindung sorgt ist auch sichergestellt, dass die Hydraulikmediumführung in der Nockenwelle 103 und der Hydraulikmediumkanal 12 miteinander fluchten.

**[0055]** In dem Bereich des Halteelements 4, der vom aufgepressten Führungselement 9 umgeben ist, ist eine radial verlaufende Austrittsbohrung 22 ausgeführt, die in eine die Außenseite des Halteelements 4 zumindest teilweise umgebende Verteilernut 14 mündet.

**[0056]** Das Führungselement 9 weist in einer in Richtung des Trägerelements 30 bzw. des Halteelements 4 orientierten Wandung zumindest eine Bohrung 13 auf, durch die eine Fluidverbindung zwischen dem Hydraulikmediumkanal 12 bzw. der Verteilernut 14 des Halteelements 4 und der Hydraulikkammer 10 herstellbar ist. Um den Strömungsquerschnitt zu vergrößern und eine rasche Befüllung und Entleerung der Hydraulikkammer 10 zu ermöglichen sind in dem in Fig. 8a bis 8c dargestellten Ausführungsbeispiel mehrere Bohrungen 13 vorgesehen, insbesondere vier, von denen drei in Fig. 8a und 8b ersichtlich sind. Zusätzlich ist eine weitere Versorgungsnut 23 vorgesehen, die auf der dem Halteelement 4 zugewandten Innenseite des Führungselements 9 vorgesehen ist und sich zumindest teilweise über den inneren Umfang erstreckt.

**[0057]** Im montierten Zustand sind Verteilernut 14 und Versorgungsnut 23 im Wesentlichen fluchtend angeordnet, so dass eine rasche Weiterleitung des Hydraulikmediums vom Hydraulikmediumkanal 14 zur Hydraulikkammer 10 bzw. umgekehrt sichergestellt ist.

**[0058]** In der ersten Position, wie sie z.B. in Fig. 2 dargestellt ist, kann sich das Fliehkraftmasselement 6 durch die bei Betrieb der Brennkraftmaschine 100 auftretenden Fliehkräfte in der Führung 20 radial nach außen bewegen und ein Verdrehen des Eingangsrad 2 relativ zum Schaltelement 5 bewirken. Um dieses Verdrehen zu unterbinden kann die Hydraulikkammer 10 mit Hydraulikmedium beaufschlagt werden, so dass sich die Nockenwellenverstellvorrichtung 1 in der zweiten Position befindet, die in Fig. 3 dargestellt ist. Das Schaltelement 5 wird gegen das Eingangsrad 2 gedrückt und das Fliehkraftmasselement 6 kann sich nicht nach außen bewegen, da in radialer Richtung nach außen die Nuttiefe des zweiten Führungsbereichs 8 abnimmt.

**[0059]** In Fig. 5 und Fig. 6 ist eine zweite Variante der erfindungsgemäßen Nockenwellenverstellvorrichtung 1' dargestellt. Die Funktion ist gleich wie bei der ersten Variante, daher sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle Merkmale mit Bezugszeichen versehen. Allerdings ist in der zweiten Variante ein anders ausgeführtes Schaltelement 5' vorgesehen und die Lagerung im Führungselement 9 unterschiedlich gelöst: Zwischen Schaltelement 5' und Führungselement 9 sind Federelemente 24 vorgesehen, mit denen das Schaltelement 5' in Richtung des Eingangsrad 2 gedrückt wird. Die Federelemente 24 sind in Federausnehmungen 25 angeordnet, die in der vom Eingangsrad 2 abgewandten Seite des Schaltelements 5' ausgeführt sind. Beispielsweise können vier Federelemente 24 vorgesehen sein, die sich gleichmäßig über den Umfang des Schaltelements 5' verteilen. Fig. 10 zeigt eine derartige Ansicht eines Schaltelements 5' gemäß der zweiten Variante der Erfindung. In einer nicht dargestellten Variante können die Federausnehmungen 25 auch im Führungselement 9 oder teilweise im Schaltelement 5', teilweise im Führungselement 9 ausgeführt sein. Die Federausnehmungen 25 stehen mit der Hydraulikkammer 10 in Fluidverbindung.

**[0060]** Grundsätzlich wäre es auch möglich, Federelemente 24 in einer Nockenwellenverstellvorrichtung 1 gemäß der ersten Variante aus Fig. 2 und Fig. 3 anzuordnen - eine solche Ausführungsform ist in den Figuren aber nicht dargestellt.

**[0061]** Durch die Federelement 24 werden Schaltelement 5' und Eingangsrad 2 miteinander in Kontakt gehalten unabhängig davon, ob die Hydraulikkammer 10 mit Hydraulikmedium beaufschlagt ist oder nicht. Die Federelemente 24 sind so ausgelegt, dass bei fliehkraftbedingter Bewegung der Fliehkraftmasselemente 6 diese das Schaltelement 5' vom Eingangsrad 2 weg-

drücken und ein Verdrehen des Eingangsrads 2 relativ zum Schaltelement 5' bewirken können. Ein Beaufschlagen der Hydraulikkammer 10 mit Hydraulikmittel bewirkt eine die Federkraft überlagernde bzw. ergänzende hydraulische Kraft, die das Schaltelement 5' gegen das Eingangsrad 2 drückt und ein Bewegen des Fliehkraftmassenelements 6 in radialer Richtung nach außen verhindert bzw. ein außen angeordnetes Fliehkraftmassenelement 6 zurück nach innen drückt.

**[0062]** Die Erfindung ermöglicht damit die drehzahlunabhängige Veränderung der Drehphase einer Nockenwelle 103 relativ zu einer Kurbelwelle 102 und Variation der Steuerzeiten von Einlass- und Auslassventilen einer Brennkraftmaschine 100.

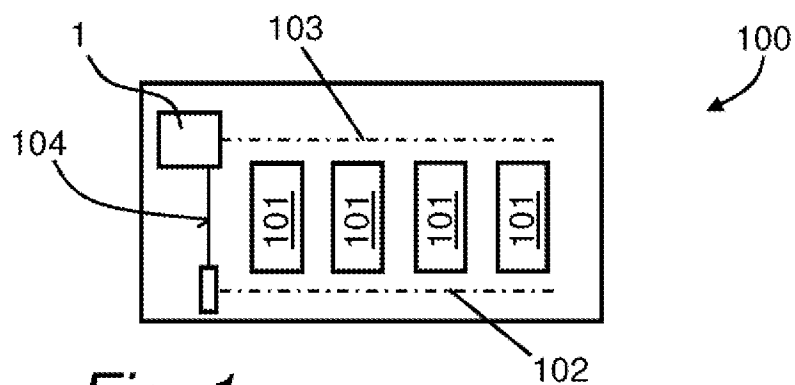
## Patentansprüche

1. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') zur Veränderung der Drehphase einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle, aufweisend:
  - ein mit der Nockenwelle drehfest verbindbares und/oder verbundenes Trägerelement (30),
  - zumindest ein auf dem Trägerelement (30) gelagertes, mit der Kurbelwelle antreibbares Eingangsrad (2), das relativ zum Trägerelement (30) in Umfangsrichtung drehbar und axial unbeweglich ist,
  - ein in axialer Richtung des Trägerelements (30) benachbart zu dem Eingangsrad (2) angeordnetes Schaltelement (5, 5'), das relativ zu dem Trägerelement (30) drehfest, aber axial beweglich gelagert ist,wobei Eingangsrad (2) und Schaltelement (5, 5') über zumindest ein Fliehkraftmassenelement (6) wirkverbunden sind, das in einer Führung (20) mit einem ersten Führungsbereich (7) im Eingangsrad (2) und einem zum ersten Führungsbereich (7) korrespondierenden zweiten Führungsbereich (8) im Schaltelement (5, 5') verschiebbar ist, wobei die Führungsbereiche (7, 8) als von einem Anfangspunkt nahe dem Trägerelement (30) zu einem weiter von dem Trägerelement (30) entfernten Endpunkt verlaufende Nuten ausgebildet sind und bei zumindest einem Führungsbereich (7, 8) die Nut mit einer vom Anfangs- zum Endpunkt zu- oder abnehmenden Nuttiefe ausgeführt ist und/oder bei zumindest einem Führungsbereich (7, 8) Anfangs- und Endpunkt in Umfangsrichtung des Trägerelements (30) gesehen zueinander versetzt sind, wobei durch Bewegen des Fliehkraftmassenelements (6) in der Führung (20) das Eingangsrad (2) relativ zum Schaltelement (5, 5') verdrehbar ist,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
zumindest ein vom Eingangsrad (2) abgewandter Abschnitt des Schaltelements (5, 5') in einem drehfest und axial unbeweglich auf dem Trägerelement (30) gelagerten Führungselement (9) in axialer Richtung beweglich angeordnet ist, wobei zwischen dem vom Eingangsrad (2) abgewandten Abschnitt des Schaltelements (5, 5') und dem Führungselement (9) zumindest eine Hydraulikkammer (10) vorgesehen ist, die mit einem Hydraulikmittel beaufschlagbar und von einem Hydraulikmittel entlastbar ist.
2. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim ersten Führungsbereich (7) im Eingangsrad (2) Anfangs- und Endpunkt der Nut in Umfangsrichtung des Trägerelements (30) gesehen zueinander versetzt angeordnet sind und beim zweiten Führungsbereich (8) im Schaltelement (5, 5') die Nut in radialer Richtung verlaufend ausgeführt ist.
3. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nut des zweiten Führungsbereich (8) mit in radialer Richtung abnehmender Nuttiefe ausgeführt ist.
4. Nockenwellenvorrichtung (1, 1') nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Führungselement (9) eine ringförmige, in Umfangsrichtung um das Trägerelement (30) verlaufende Ausnehmung (15) zur Aufnahme des korrespondierend zur Ausnehmung (15) ausgeführten Abschnitts des Schaltelements (5, 5') aufweist.
5. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Schaltelement (5') und Führungselement (9) zumindest ein Federelement (24) vorgesehen ist, wobei das Federelement (24) das Schaltelement (5') in Richtung des Eingangsrad (2) drückt.
6. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schaltelement (5') und/oder im Führungselement (9) eine Federausnehmung (25) zur Aufnahme des Federelements (24) ausgeführt ist.
7. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Federausnehmung (25) als Teil der Hydraulikkammer (10) ausgeführt ist.

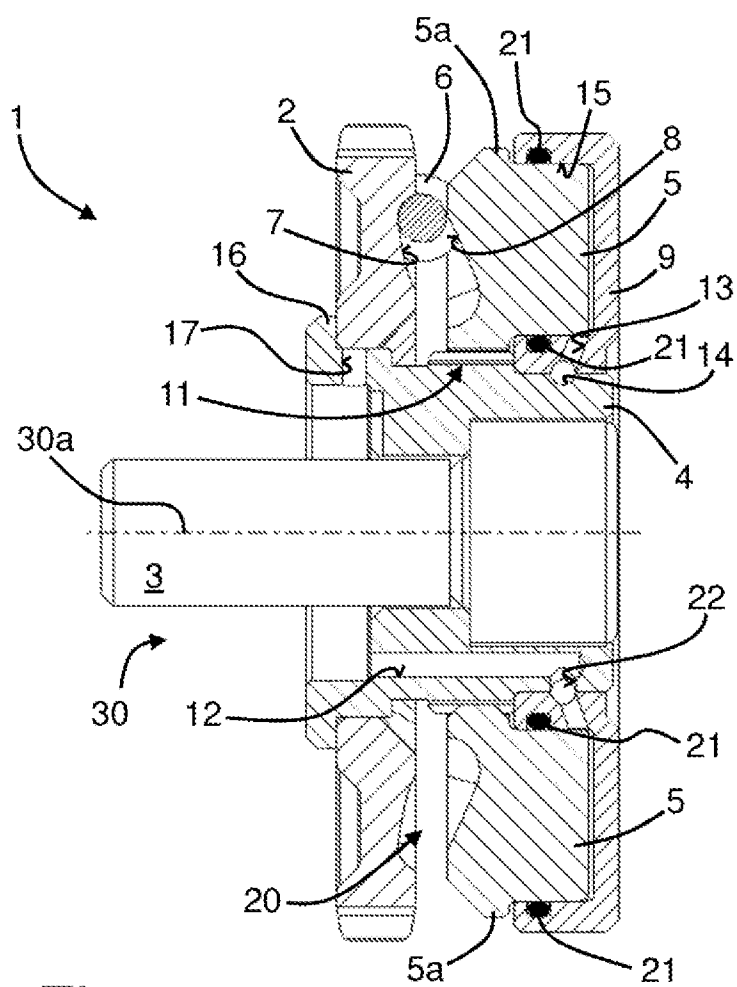
8. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägerelement (30) zumindest ein mit der Nockenwelle drehfest verbundenes oder verbindbares Halteelement (4) aufweist und zumindest das Schaltelement (5, 5') und das Führungselement (9) auf dem Halteelement (4) angeordnet sind, wobei vorzugsweise das Trägerelement (30) des Weiteren ein Befestigungselement (3) aufweist mit dem das Halteelement (4) drehfest mit der Nockenwelle verbindbar ist.
9. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass Schaltelement (5, 5') und Halteelement (4) über eine Keilwellenverbindung (11) miteinander verbunden sind.
10. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Halteelement (4) zumindest ein Hydraulikmediumkanal (12) zur Verbindung der zumindest einen Hydraulikkammer (10) mit einer Hydraulikmediumversorgung einer Brennkraftmaschine vorgesehen ist.
11. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hydraulikmediumkanal (12) mit einer die Außenseite des Halteelements (4) in Umfangsrichtung zumindest teilweise umgebenden Verteilernut (14) strömungsverbunden ist.
12. Nockenwellenverstellvorrichtung (1, 1') nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Führungselement (9), vorzugsweise in einem in Richtung des Trägerelements (30) orientierten Bereich des Führungselements (9), zumindest eine Bohrung (13) zur Verbindung der Hydraulikkammer (10) mit dem Hydraulikmediumkanal (12) und/oder mit der Verteilernut (14) vorgesehen ist.
13. Brennkraftmaschine (100) mit zumindest einer Kurbelwelle (102), zumindest einer mit der Kurbelwelle (102) drehverbundenen Nockenwelle (103) und zumindest einer mit der Nockenwelle (103) drehverbundenen Nockenverstellvorrichtung (1, 1') nach einem der Ansprüche 1 bis 12.
14. Brennkraftmaschine nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nockenwelle (103) als Trägerelement (30) fungiert.

**Hierzu 5 Blatt Zeichnungen**

1/5



*Fig. 1*



*Fig. 2*

2/5

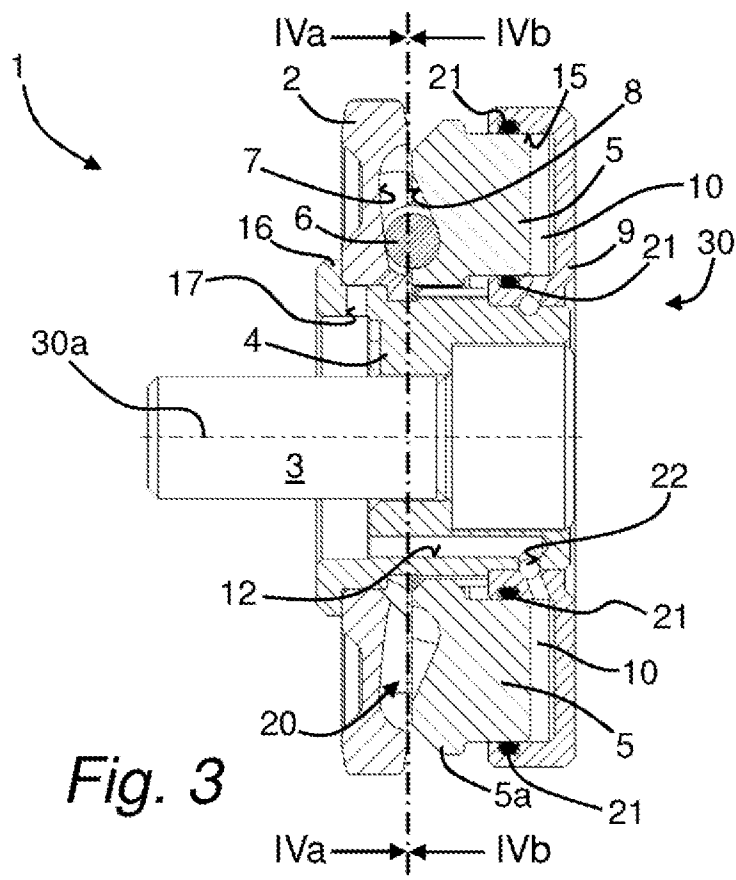


Fig. 3

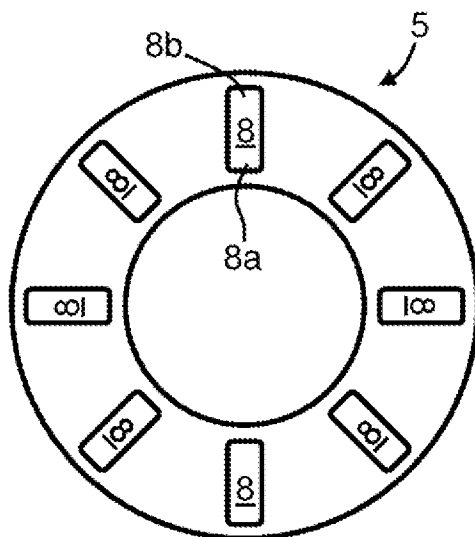


Fig. 4a

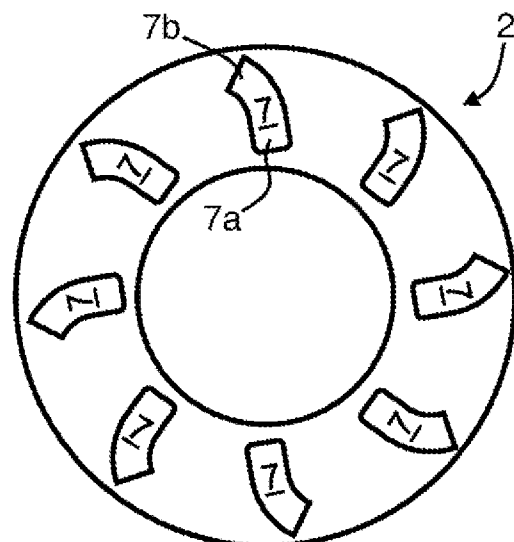
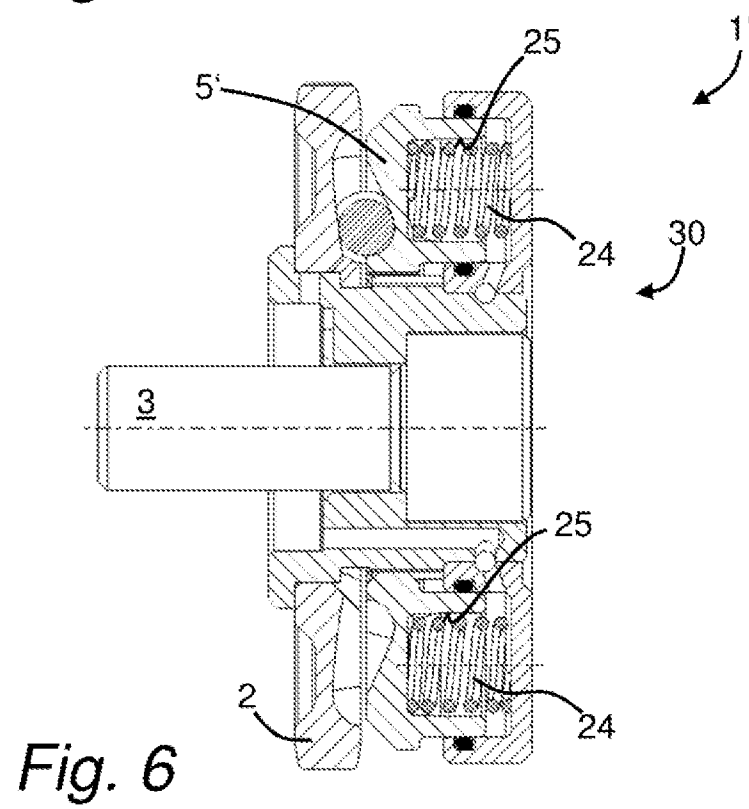
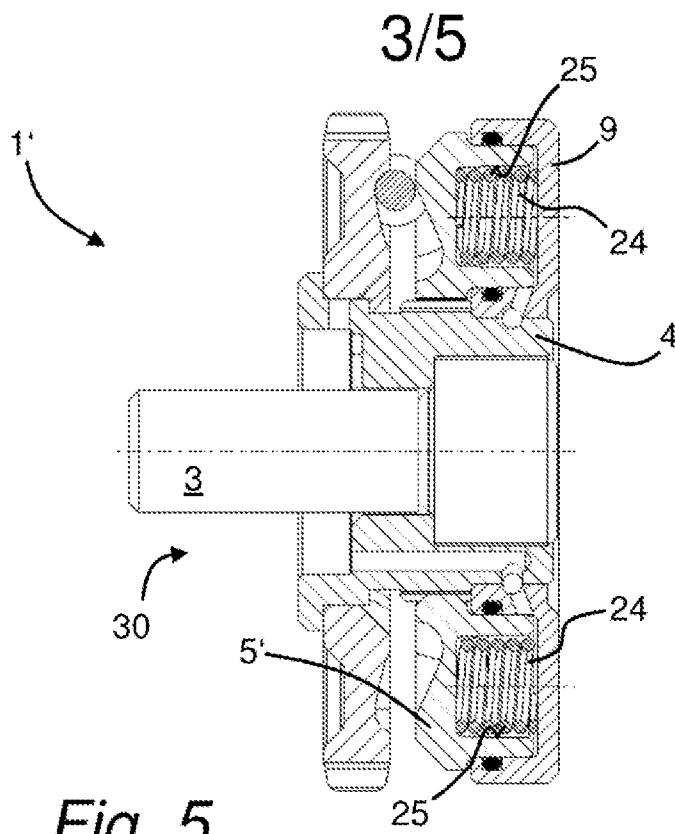
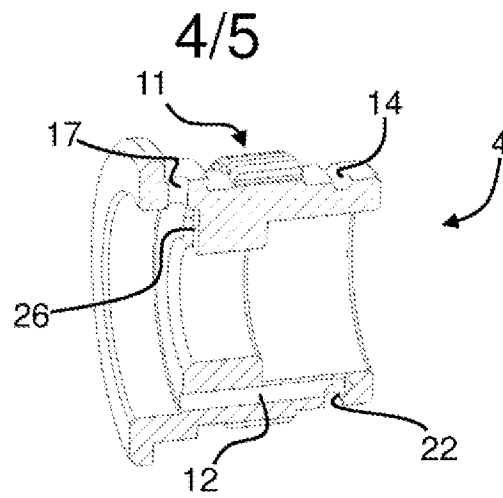
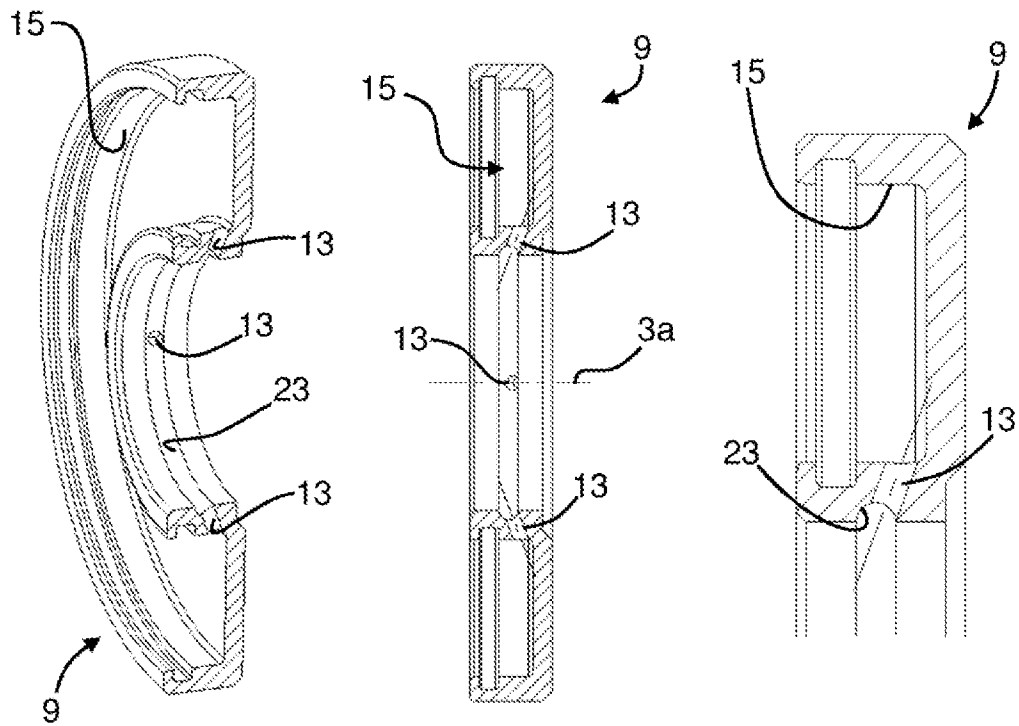


Fig. 4b





*Fig. 7*

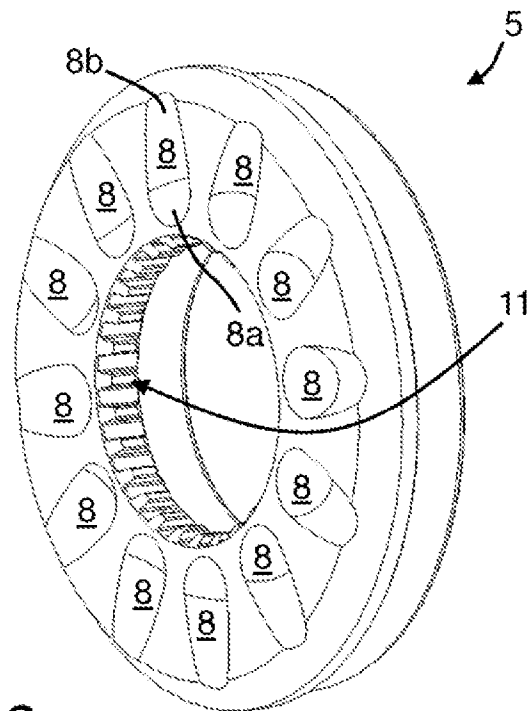


*Fig. 8a*

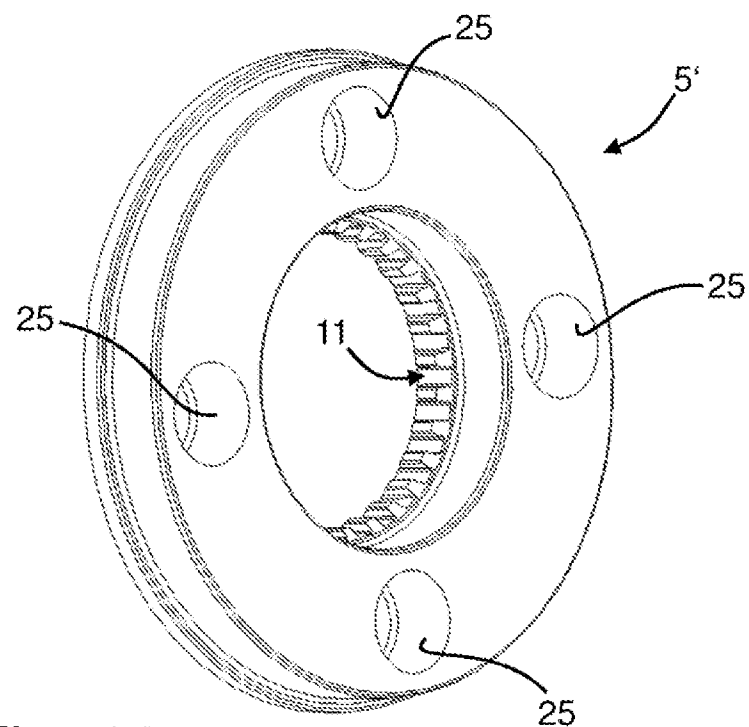
*Fig. 8b*

*Fig. 8c*

5/5



*Fig. 9*



*Fig. 10*