



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen pulvermetallurgisch hergestellten Rotor für einen Nockenwellenversteller aus einem Sinterwerkstoff, umfassend einen Rotorgrundkörper, aufweisend eine radial äußere Mantelfläche und eine radial innere Mantelfläche, sowie eine erste Stirnfläche und eine zweite Stirnfläche, die in einer Axialrichtung betrachtet der ersten Stirnfläche gegenüberliegend angeordnet ist, wobei der Rotorgrundkörper einen äußeren Durchmesser, der durch die radial äußere Mantelfläche begrenzt ist und durch eine erste Rotationsachse verläuft, und einen inneren Durchmesser, der durch die radial innere Mantelfläche begrenzt ist und durch eine zweite Rotationsachse verläuft, aufweist, und der von der radial äußeren Mantelfläche radial nach außen vorragende Flügel und auf der inneren Mantelfläche einen radial nach innen vorragenden, kalibrierten ersten Ringsteg aufweist, der eine Stegmantelfläche aufweist, die eine in der Axialrichtung durch den Rotorgrundkörper durchgehende Bohrung mit einem Innendurchmesser, der durch eine dritte Rotationsachse verläuft, begrenzt.

**[0002]** Weiter betrifft die Erfindung einen hydraulischen Nockenwellenversteller zur variablen Verstellung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine umfassend einen Stator und einen Rotor, der zumindest teilweise von dem Stator umgeben ist, sowie ein Steuerventil, das zumindest teilweise von dem Rotor umgeben ist.

**[0003]** Nockenwellenversteller dienen bekanntlich der Anpassung der Ventilöffnungszeiten, um damit eine höhere Effizienz eines Verbrennungsmotors zu erreichen. Sie sind in verschiedensten Ausführungen aus dem Stand der Technik bekannt. Ein gattungsgemäßer hydraulischer Nockenwellenversteller umfasst einen Stator, in dem ein Rotor angeordnet ist. Der Rotor ist drehfest mit der Nockenwelle verbunden. Der Stator, der mit der Kurbelwelle verbunden ist, weist radial nach innen vorragende Stege auf, die Anschlagflächen für die Flügel des Rotors bilden. Somit kann der Rotor nur in einem vordefinierten Winkelbereich relativ zum Stator verdreht werden.

**[0004]** Es ist in diesem Zusammenhang auch bekannt, zumindest Teile eines Nockenwellenverstellers aus Sinterwerkstoffen pulvermetallurgisch herzustellen. So beschreibt z. B. die DE 10 2013 226 445 A1 einen Nockenwellenversteller für eine Verbrennungskraftmaschine nach dem Flügelzellentyp, mit einem Stator und einem relativ zu dem Stator verdrehbaren, aus mehreren miteinander verbundenen Rotorteilen bestehenden Rotor, wobei der Rotor drehfest mit einer Nockenwelle der Verbrennungskraftmaschine verbindbar ist und ein erstes Rotorteil derart ausgestaltet ist, dass die Nockenwelle in einem Betriebszustand unter Anlage an dem ersten Rotorteil abgestützt ist, wobei das erste Rotorteil mittels eines Sinterprozesses hergestellt ist und zumindest eine die Nockenwelle abstützende erste Abstützfläche des ersten Rotorteils mittels eines spanlosen Bearbeitungsvorgangs geometrisch eingestellt ist.

**[0005]** Die DE 10 2013 015 677 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Sinterteils mit hochgenauer radialer Präzision, wobei das Sinterteil aus wenigstens einem ersten Sinterfügeteil und einem zweiten Sinterfügeteil hergestellt wird, und wobei das Verfahren wenigstens die folgenden Schritte umfasst: Fügen des ersten Sinterfügeteils mit dem zweiten Sinterfügeteil, Herbeiführen der hochgenauen radialen Präzision, aufweisend ein Verformen von wenigstens einem Radialverformungselement, das bevorzugt an einer Fügekontaktzone angrenzend positioniert ist, wobei das Verformen des Radialverformungselements wenigstens mittels eines Kalibrierwerkzeugs bewirkt wird und zumindest im Wesentlichen als plastische Verformung des Radialverformungselements erfolgt.

**[0006]** Die DE 10 2018 101 979 A1 beschreibt einen hydraulischen Nockenwellenversteller zur variablen Verstellung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine, mit einem Stator und einem relativ zum Stator verdrehbaren Rotor, wobei an dem Stator radial nach innen ragende Stege ausgebildet sind, wobei an dem Rotor radial nach außen ragende Flügel ausgebildet sind, wobei zwischen dem Stator und dem Rotor mehrere hydraulische Arbeitsräume ausgebildet sind, welche jeweils durch einen Flügel des Rotors in eine erste Arbeitskammer und eine zweite Arbeitskammer unterteilt werden, und wobei der Stator ein erstes Statorbauteil und ein zweites Statorbauteil umfasst, die konzentrisch um eine gemeinsame Drehachse angeordnet

sind, wobei an dem ersten Statorbauteil ein erster Anschlag für einen Flügel des Rotors ausgebildet ist, wobei an dem zweiten Statorbauteil ein zweiter Anschlag für einen Flügel des Rotors ausgebildet ist, und wobei der Verstellbereich des Rotors durch die Positionierung der beiden Statorbauteile zueinander definiert ist.

**[0007]** Aus der AT 524197 A1 ist ein einstückiger Rotor für einen Nockenwellenversteller aus einem Sinterwerkstoff bekannt, umfassend einen Rotorgrundkörper, der von einer radial äußeren Mantelfläche radial nach außen vorragende Flügel aufweist, wobei der Rotor erste Planflächen an einer ersten Stirnfläche und zweite Planflächen an einer zweiten Stirnfläche aufweist, die in einer Axialrichtung betrachtet der ersten Stirnfläche gegenüberliegend angeordnet ist, wobei die ersten Planflächen und die zweiten Planflächen des Rotors geschliffen oder finiert sind, und die Mantelfläche des Rotors unkalibriert ist.

**[0008]** Die DE 10 2012 213 176 B4 beschreibt einen hydraulischen Nockenwellenversteller für eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Außenrotor und einem Innenrotor, wobei der Außenrotor und der Innenrotor drehverstellbar und konzentrisch um eine gemeinsame Drehachse angeordnet sind, wobei zwischen dem Außenrotor und dem Innenrotor wenigstens eine Hydraulikkammer gebildet ist, in die sich von dem Außenrotor und von dem Innenrotor jeweils mindestens ein verbundener Flügel erstreckt, wodurch die Hydraulikkammer in mindestens ein Druckkammerpaar aus zwei Druckkammern geteilt wird, wobei der Innenrotor eine konzentrisch in der Drehachse angeordnete Öffnung aufweist, wobei an der Innenfläche der Öffnung zwischen zwei axialen Seiten des Innenrotors ein Dichtabschnitt ausgebildet ist, wobei die Öffnung beidseitig des Dichtabschnitts eine größere Querschnittsfläche als in dem Dichtabschnitt aufweist. Der Innenrotor ist ein gesintertes Bauteil und der Dichtabschnitt des Innenrotors ist kalibriert.

**[0009]** Die DE 10 2013 207 747 A1 beschreibt einen hydraulischen Nockenwellenversteller, mit einem Stator, innerhalb dessen ein Rotor drehbar angeordnet ist, wobei der Stator zusammen mit dem radial absteigende Flügel aufweisenden Rotor Flügelzellen ausbildet, die mit einem Hydraulikmittel befüllbar sind, wobei der Rotor eine Aufnahme aufweist, in die eine Nockenwelle einsteckbar ist und die Aufnahme einen Flanschbereich des Rotors durchdringt, der eine solche Mikro- und/oder Makrostruktur ausbildet, die einen spielfreien Formschluss zwischen dem Rotor und einer im Montagefall in diesen gesteckte Nockenwelle erzwingt.

**[0010]** Aus der DE 10 2017 110 091 A1 ist ein Rotor eines Nockenwellenverstellers mit einem ölführenden Kanal bekannt, wobei der Rotor als Sinterteil ausgebildet ist, und der Kanal als gestufter Kanal ausgebildet ist, welcher durch eine Anlage zweier Sinterwerkzeuge herstellbar ist und dadurch eine ölführende Stufe des Kanals in radialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung ausbildet.

**[0011]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen verbesserten hydraulischen Nockenwellenversteller bereitzustellen bzw. dessen Herstellung zu vereinfachen.

**[0012]** Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Rotor gelöst, bei dem vorgesehen ist, dass die dritte Rotationsachse in radialer Richtung um einen Wert gegenüber der ersten Rotationsachse und/oder der zweiten Rotationsachse versetzt ist, der zwischen 0,04 mm und 0,08 mm beträgt.

**[0013]** Weiter wird die Aufgabe der Erfindung durch den eingangs genannten Nockenwellenversteller gelöst, der den Rotor nach der Erfindung aufweist.

**[0014]** Von Vorteil ist dabei, dass ein relativ großer Toleranzbereich der Koaxialität zugelassen wird, womit die Herstellung des Rotors vereinfacht bzw. kostengünstiger gestaltet werden kann. Anders als zu erwarten wäre, wird durch die Verringerung der Präzision der Abmessungen des Rotors aber die Funktionalität des Nockenwellenverstellers nicht beeinträchtigt. Allfällig notwendige Anpassungen des Rotors an den Stator können an dessen Außenflächen erfolgen, womit die Bearbeitung des gesinterten Rotors vereinfacht werden kann.

**[0015]** Die dritte Rotationsachse ist in radialer Richtung um einen Wert gegenüber der ersten Rotationsachse und/oder der zweiten Rotationsachse versetzt, der zwischen 0,04 mm und 0,08 mm beträgt. Insbesondere im Bereich der Mindestabweichung von 0,04 mm kann dabei eine

Anpassung von anderen Abmessungen des Rotors vermieden werden, sodass insbesondere auch der äußere Durchmesser des Rotorgrundkörpers unverändert bleiben kann. Aber auch bei einem Maximalwert von 0,08 mm ist in der Regel keine weitere spanende Bearbeitung des gesinterten Rotors erforderlich.

**[0016]** Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann zur Verbesserung der Funktionalität des Rotors in Hinblick auf die Fluidführung vorgesehen sein, dass in der Axialrichtung nach dem und beabstandet zu dem ersten Ringsteg ein weiterer Ringsteg angeordnet ist.

**[0017]** Dabei kann nach einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass der weitere Ringsteg eine radiale Höhe aufweist, die geringer ist als eine radiale Höhe des ersten Ringstegs. Es ist damit das gleichzeitige Kalibrieren der beiden Ringstege einfacher durchzuführen.

**[0018]** Ebenfalls zur Vereinfachung der Kalibrierung des Ringsteges durch einfachere Einführbarkeit des Kalibrierwerkzeugs kann entsprechend einer Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass Übergänge zwischen der Stegmantelfläche und unmittelbar an diese anschließende Stirnflächen des ersten Ringsteges und/oder zwischen den Stirnflächen des ersten Ringstegs und der radial inneren Mantelfläche des Rotorgrundkörpers gerundet oder facettiert ausgebildet sind. Zudem können damit Materialausbrüche im Kantenbereich vermieden werden. Mit der Verrundung bzw. Facettierung im Fußbereich des Ringsteges kann ein Bereich zum Verdrücken von Material beim Kalibrieren zur Verfügung gestellt werden, wo zusätzlich dem Ringsteg im Fußbereich eine höhere Stabilität verliehen werden kann. Zudem kann damit das Fließverhalten des Fluids im Rotor verbessert werden.

**[0019]** Aus den gleichen Gründen kann gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass der weitere Ringsteg eine weitere Stegmantelfläche und weitere, unmittelbar an diese anschließende weitere Stirnflächen aufweist, und dass Übergänge zwischen der weiteren Stegmantelfläche und den unmittelbar an diese anschließenden weiteren Stirnflächen und/oder zwischen den weiteren Stirnflächen des weiteren Ringstegs und der radial inneren Mantelfläche des Rotorgrundkörpers gerundet oder facettiert ausgebildet sind.

**[0020]** Entsprechend einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Ringsteg in einer Außenschicht mit einer Schichtdicke von 0,5 mm eine Maximaldichte von nicht weniger als 95 % der theoretischen Dichte des Sinterwerkstoffes aufweist. Diese ist mit dem Kalibrierschritt bei entsprechender Auslegung des Kalibrierwerkzeugs relativ einfach darstellbar und verleiht dem Ringsteg eine verbesserte Belastbarkeit, obwohl an sich eine höhere Porosität durch die damit ermöglichte Einlagerbarkeit von Schmiermittel bzw. dem Fluid des Nockenwellenverstellers zu bevorzugen wäre.

**[0021]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

**[0022]** Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

**[0023]** Fig. 1 einen Ausschnitt aus einem Verbrennungsmotor;

**[0024]** Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem hydraulischen Nockenwellenversteller im Längsschnitt;

**[0025]** Fig. 3 den Stator und den Rotor des Nockenwellenverstellers nach Fig. 2 in Schrägsicht;

**[0026]** Fig. 4 den Stator und den Rotor des Nockenwellenverstellers nach Fig. 2 in Ansicht von vorne;

**[0027]** Fig. 5 ein Steuerventil;

**[0028]** Fig. 6 ein Detail eines Rotors;

**[0029]** Fig. 7 ein anderes Detail eines Rotors.

**[0030]** Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsfor-

men gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

**[0031]** In Fig. 1 ist ein Ausschnitt aus einem Verbrennungsmotor 1 dargestellt. Zu sehen sind ein hydraulischer Nockenwellenversteller 2 und ein Antriebsrad 3. Der Nockenwellenversteller 2 weist an seinem äußeren Umfang eine Stirnverzahnung 4 auf. Ebenso weist das Antriebsrad 3 an seinem äußeren Umfang eine Stirnverzahnung 5 auf. Die beiden Stirnverzahnungen 4, 5 stehen in kämmenden Eingriff miteinander.

**[0032]** Die Stirnverzahnung 4 des Nockenwellenverstellers 2 kann auch für den Eingriff einer Steuerkette oder eines Antriebsriemens (nicht dargestellt) ausgebildet sein.

**[0033]** Prinzipiell ist diese Ausbildung von hydraulischen Nockenwellenverstellern 2 aus dem Stand der Technik bekannt, sodass sich weitere Ausführungen dazu erübrigen.

**[0034]** Wie aus den Fig. 2-4 zu ersehen ist, weist der Nockenwellenversteller 2 einen Stator 6 und einen Rotor 7 auf. In den Fig. 3 und 4 wurde dabei auf die Darstellung einer in Fig. 1 ersichtlichen stirnseitigen Abdeckungen 8 des Nockenwellenverstellers 2 verzichtet.

**[0035]** Der Stator 6 weist einen ringförmigen Statorgrundkörper 9 auf, der - wie bereits erwähnt - an seinem äußeren Umfang die Außenverzahnung in Form der Stirnverzahnung 4 aufweisen kann. An einer radial inneren Mantelfläche 10 des Statorgrundkörpers 9 und über diese radial nach innen vorragend sind Stege 11 ausgebildet. Im konkreten Fall weist der Stator 6 vier Stege 11 auf. Diese Anzahl an Stegen 11 soll aber nicht beschränkend verstanden werden. Es können auch mehr oder weniger Stege 11 vorhanden sein. Die Stege 11 können bedarfsweise mit einer Ausnehmung 12 bzw. einem Durchbruch versehen sein, um damit dem Stator 6 ein geringeres Gewicht zu verleihen. Die Stege 11 sind in einer Umfangsrichtung 13 voneinander beabstandet am Statorgrundkörper 9 angeordnet.

**[0036]** Innerhalb des Stators 6 ist der Rotor 7 vollständig bzw. zumindest teilweise angeordnet. Der Rotor 7 weist einen (ringförmigen) Rotorgrundkörper 14 auf. An einer äußeren Mantelfläche 15 dieses Rotorgrundkörpers 14 sind Flügel 16 ausgebildet bzw. angeordnet, die sich von der Mantelfläche 15 beginnend radial nach außen erstrecken. Im zusammengebauten Zustand des Nockenwellenverstellers 2 sind diese Flügel 16 zwischen den Stegen 11 des Stators 6 angeordnet. Seitenflächen 17 der Stege 11 können dabei die Anschlagflächen für die Flügel 16 des Rotors 7 bilden, wie dies aus Fig. 3 ersichtlich ist.

**[0037]** Die Anzahl der Flügel 16 des Rotors 7 richtet sich nach der Anzahl der Stege 11 des Stators 6, sodass im konkreten Fall also vier Flügel 16 vorhanden sind.

**[0038]** Die Stege 11 definieren hydraulische Arbeitsräume 18. Je ein Arbeitsraum 18 wird in der Umfangsrichtung 13 von zwei Stegen 11 begrenzt. Durch die Flügel 16, die zwischen den Stegen 11 angeordnet sind, werden die Arbeitsräume 18 jeweils durch einen Flügel 16 des Rotors 7 in eine erste Arbeitskammer 19 und eine zweite Arbeitskammer 20 unterteilt. Über das in diese Arbeitskammern 19, 20 einleitbare Fluid kann die relative Stellung des Rotors 7 zum Stator 6 verändert werden, wie das an sich bekannt ist, sodass hierzu auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen sei.

**[0039]** Es sei darauf hingewiesen, dass die hydraulische Ausführung des Nockenwellenverstellers 2 die bevorzugte ist. Der Nockenwellenversteller 2 kann aber auch anders ausgeführt sein.

**[0040]** Der Rotor 7 ist also innerhalb des Stators 6 relativ in der Umfangsrichtung 13 drehbeweglich (verschwenkbar) zum Stator 6 angeordnet, wobei der Weg der Verdrehbarkeit (Verschwenkbarkeit) durch die Stege 11 begrenzt wird. Der Nockenwellenversteller 2 arbeitet somit nach dem Schwenkmotorprinzip. Von einer Kette oder einem Riementrieb oder dem Antriebsrad 3 angetrieben verstellt der Nockenwellenversteller 2 die Öffnungs- und Schließzeiten der Gaswechselven-

tile gegenüber der antreibenden Welle, wie zum Beispiel der Kurbelwelle, zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt, um auf den Verbrennungsablauf in der Verbrennungskraftmaschine Einfluss zu nehmen. Hierbei wird durch die Befüllung mit einem geeigneten Hydraulikmedium der sich zwischen Rotor 7 und Stator 6 des Nockenwellenverstellers 2 bildenden gegenläufigen Arbeitskammern 19, 20 die Nockenwelle entweder in Richtung "Früh" oder in Richtung "Spät" verstellt.

**[0041]** Zumindest teilweise innerhalb einer in einer Axialrichtung 21 verlaufenden bzw. durch den Rotor 7 insbesondere durchgehenden Aufnahme 22 (Ausnehmung) des Rotors 7, also zumindest teilweise von dem Rotor 7 umgeben, ist ein Steuerventil 23 (auch als Zentralventil bezeichnenbar), angeordnet.

**[0042]** Eine Ausführungsvariante des Steuerventils 23 ist in Fig. 5 dargestellt. Dieses Steuerventil 23 weist mehrere konische oder zylinderförmige Abschnitte 24-26 mit Durbrüchen 27 (Bohrungen) auf, durch die Hydraulikflüssigkeit je nach Stellung eines Kolbens 28 (Fig. 2) den Arbeitskammern 19, 20 zugeführt bzw. davon abgeführt wird. Ein Kreislauf für die Hydraulikflüssigkeit (insbesondere ein Öl) ist in Fig. 2 mit Pfeilen 29 angedeutet.

**[0043]** Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass sich die Arbeitsräume 18, und damit auch die Arbeitskammern 19, 20, radial nach innen von einer Oberfläche 30 des Rotorgrundkörpers 14 (insbesondere von dessen Mantelfläche 15) und radial nach außen von einer Oberfläche 31 des Statorgrundkörpers 9 (insbesondere von dessen Mantelfläche 10) begrenzt werden.

**[0044]** Weiter können an den Flügeln 16 Dichtungen angeordnet sein, die einen Abstand zwischen den Flügeln 16 und der Oberfläche 31 (insbesondere der Mantelfläche 10) im Betrieb des hydraulischen Nockenwellenverstellers 2 abdichten. Diese Dichtungen können teilweise innerhalb der Flügel 16 angeordnet sein, wozu die Flügel 16 Schlitze aufweisen können, wie dies in Fig. 4 strichliert angedeutet ist.

**[0045]** Die Zuführung der Hydraulikflüssigkeit zu den Arbeitskammern 19, 20 kann über eine Nockenwelle 32 erfolgen, an der der Nockenwellenversteller 2 angeordnet ist.

**[0046]** Generell können zur Führung der Hydraulikflüssigkeit in Bauteilen des Nockenwellenverstellers 2 bzw. der Nockenwelle 32 entsprechende Kanäle bzw. Leitungen vorgesehen bzw. ausgebildet sein.

**[0047]** Der Rotor 7 ist pulvermetallurgisch hergestellt, bevorzugt ein einstückiges Sinterbauteil, sodass also die Flügel 16 mit dem Rotorgrundkörper 14 einen einzigen, integralen Sinterbauteil bilden.

**[0048]** Der Stator 6 kann ein einstückiges Bauteil, insbesondere Sinterbauteil sein.

**[0049]** Für weitere Einzelheiten zu hydraulischen Nockenwellenverstellern 2, die nicht im Zusammenhang mit der Erfindung stehen, sei auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

**[0050]** Die Herstellung des Rotors 7 erfolgt mit einer pulvermetallurgischen Methode. Dieses Verfahren umfasst die Verfahrensschritte:

- Bereitstellung eines ersten Pulvers zur Herstellung des Rotors 7 in einem Formhohlraum einer Form;
- Pressen des ersten Pulvers zu einem Rotorgrünling in der Form;
- gegebenenfalls Grünbearbeitung des Rotorgrünlings;
- Sintern des Rotorgrünlings;
- Kalibrieren des gesinterten Rotors;
- gegebenenfalls materialabtragendes Nachbearbeiten des Rotors;
- gegebenenfalls Waschen und Verpacken.

**[0051]** Das Grünbearbeiten bzw. das materialabtragende Nachbearbeiten des Stators 6 und/oder des Rotors 7 kann beispielsweise durch Schleifen, Läppen, Hohnen, etc. erfolgen.

**[0052]** Das Sintern des Rotors 7 kann ein- oder mehrstufig ausgeführt sein. Weiter kann es bei einer Temperatur zwischen 700 °C und 1300 °C für eine Zeitspanne von beispielsweise 10 Minuten bis 120 Minuten durchgeführt werden.

**[0053]** Da die pulvermetallurgische Herstellung von Sinterbauteilen an sich aus dem Stand der Technik bekannt ist, sei zur Vermeidung von Wiederholungen dazu auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

**[0054]** Neben der radial äußeren Mantelfläche 15 weist der Rotorgrundkörper 14 des Rotors auch eine radial innere Mantelfläche 33, eine erste Stirnfläche 34 und eine zweite Stirnfläche 35, die in einer Axialrichtung 21 betrachtet der ersten Stirnfläche 34 gegenüberliegend angeordnet ist, auf. Weiter weist der Rotorgrundkörper 14 einen äußeren Durchmesser 36, der durch die radial äußere Mantelfläche 15 begrenzt ist und der durch eine erste Rotationsachse verläuft, und einen inneren Durchmesser 38, der durch die radial innere Mantelfläche 33 begrenzt ist und durch eine zweite Rotationsachse 39 verläuft, auf.

**[0055]** Weiter weist der Rotorgrundkörper 14 auf der inneren Mantelfläche 33 einen radial nach innen vorragenden, kalibrierten ersten Ringsteg 40 auf. Wie besser aus Fig. 2 ersichtlich ist, weist dieser erste Ringsteg 40 eine Stegmantelfläche 41 auf, die eine in der Axialrichtung durch den Rotorgrundkörper durchgehende Bohrung, d.h. die Aufnahme 22, mit einem Innendurchmesser 42, der durch eine dritte Rotationsachse 43 verläuft, begrenzt.

**[0056]** Zur besseren Darstellung sind die Rotationsachsen 38, 39 und 43 in Fig. 6 übertrieben zueinander versetzt dargestellt.

**[0057]** Es ist nun vorgesehen, dass die dritte Rotationsachse in radialer Richtung um einen Wert gegenüber der ersten Rotationsachse und/oder der zweiten Rotationsachse versetzt ist, der zwischen 0,04 mm und 0,08 mm, vorzugsweise zwischen 0,05 und 0,07, beträgt.

**[0058]** Es sei darauf hingewiesen, dass vorzugsweise die erste Rotationsachse 37 mit der zweiten Rotationsachse 39 zusammenfällt.

**[0059]** Der erste Ringsteg 40 kann in der Axialrichtung 21 eine Breite zwischen 2 mm und 15 mm, insbesondere zwischen 2 mm und 10 mm, aufweisen. Insbesondere diese Breite des ersten Ringsteges 40 kann das Kalibrierergebnis verbessern.

**[0060]** Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass das Kalibrieren von einem Sinterbauteil üblicherweise der Verbesserung der Genauigkeit der Abmessungen des Sinterbauteils dient. Dazu werden entsprechende Kalibrierwerkzeuge verwendet, die eine hohe Präzision hinsichtlich der Abmessungen aufweisen. Mit diesen Werkzeugen wird auf das Sinterbauteil nach dem Sintern ein entsprechend hoher Druck ausgeübt. Für den Rotor 7 bedeutet dies, dass dieser in einer Kalibriermatrize aufgenommen ist und mit Stempeln und einem Kernstab zumindest der Ringsteg 40 gepresst wird, wodurch es teilweise zu einer Materialverlagerung bzw. Komprimierung kommt.

**[0061]** Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, kann in der Axialrichtung 21 neben dem ersten Ringsteg 40 zumindest ein weiterer Ringsteg 44 angeordnet sein. Bevorzugt wird auch der weitere Ringsteg 44 kalibriert.

**[0062]** In der besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung wird der gesamte Rotor 7 kalibriert.

**[0063]** Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass der erste Ringsteg 40 und vorzugsweise der weitere Ringsteg 44 neben der Kalibrierung nach dem Sintern keiner weiteren mechanischen Bearbeitung, insbesondere keiner spanenden Bearbeitung, unterzogen werden, sodass der erste Ringsteg 40 und vorzugsweise der weitere Ringsteg 44 nach dem Kalibrieren fertig hergestellt ist/sind.

**[0064]** Zur besseren Kalibrierbarkeit des weiteren Ringsteges 44 kann vorgesehen, dass ein Abstand 45 zwischen dem ersten Ringsteg 40 und dem weiteren Ringsteg 44 ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 mm und 12 mm, insbesondere zwischen 1 mm und 8 mm.

**[0065]** Ebenfalls zur Verbesserung/Vereinfachung der Kalibrierbarkeit des ersten Ringsteges 40 bei vorhandenem weiteren Ringsteg 44 kann vorgesehen sein, dass der weitere Ringsteg 44 eine radiale Höhe 46 aufweist, die geringer ist, als eine radiale Höhe 47 des ersten Ringsteges 40, wie dies besser aus Fig. 7 ersichtlich ist, die einen Ausschnitt aus dem Rotor 7 im Bereich des ersten

Ringsteges 40 und des weiteren Ringsteges 44 zeigt.

**[0066]** Die radiale Höhe 46 des weiteren Ringsteges 44 ist vorzugsweise um maximal 20 % kleiner als die radiale Höhe 47 der ersten Ringsteges 40. Insbesondere kann die radiale Höhe 46 des weiteren Ringsteges 44 um einen Wert kleiner sein als die radiale Höhe 47 der ersten Ringsteges 40, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 % und 10 % der radialen Höhe 47 des ersten Ringsteges 40.

**[0067]** Wie Fig. 2 zeigt, besteht aber auch die Möglichkeit, dass die radiale Höhe 46 des weiteren Ringsteges 44 gleich groß ist wie die radiale Höhe 47 der ersten Ringsteges 40.

**[0068]** Wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, kann nach einer weiteren Ausführungsvariante des Rotors 7 vorgesehen sein, dass Übergänge 48 zwischen der Stegmantelfläche 41 und unmittelbar an diese anschließende Stirnflächen 49 des ersten Ringsteges 40 und/oder zwischen den Stirnflächen 49 des ersten Ringstegs 40 und der radial inneren Mantelfläche 33 des Rotorgrundkörpers 14 gerundet und/oder facettiert ausgebildet sind. Dazu sind in Fig. 7 beide Ausführungen schematisch angedeutet. Die Übergänge 48 können auch nur gerundet oder nur facettiert sein.

**[0069]** Ein Rundungsradius der gerundeten Übergänge 48 kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 0,1 mm und 3 mm, insbesondere 0,5 mm und 2 mm, vorzugsweise aus einem Bereich von 0,5 mm und 1 mm.

**[0070]** Die durch die Facettierung gebildeten schrägen Flächen an den Übergängen 48 können mit der radial inneren Mantelfläche 33 des Rotorgrundkörpers 14 einen Winkel zwischen 10 ° und 90 °, insbesondere zwischen 30 ° und 50 °, einschließen.

**[0071]** Die Ausführungen zu den Übergängen 48 des ersten Ringsteges 40 können gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des Rotors 7 auch auf den weiteren Ringsteg 44 bzw. jeden weiteren Ringsteg 44 an der inneren Mantelfläche 33 des Rotorgrundkörpers 14 angewandt werden. Generell können die Ausführungen zum ersten Ringsteg 40 auch auf jeden weiteren Ringsteg an der inneren Mantelfläche 33 des Rotorgrundkörpers 14 angewandt werden.

**[0072]** Demzufolge kann vorgesehen sein, dass der weitere Ringsteg 44 eine weitere Stegmantelfläche 50 und weitere, unmittelbar an diese anschließende weitere Stirnflächen 51 aufweist, und dass Übergänge 52 zwischen der weiteren Stegmantelfläche 50 und den unmittelbar an diese anschließenden weiteren Stirnflächen 51 und/oder zwischen den weiteren Stirnflächen 51 des weiteren Ringstegs 44 und der radial inneren Mantelfläche 33 des Rotorgrundkörpers 14 gerundet oder facettiert ausgebildet sind.

**[0073]** Beim Kalibrieren des Ringsteges 40 und gegebenenfalls des weiteren Ringsteges 44 werden diese teilweise verdichtet. Gemäß einer Ausführungsvariante des Rotors 7 kann dabei vorgesehen sein, dass der Ringsteg 40 und gegebenenfalls der weitere Ringsteg 44 in einer Außenschicht mit einer Schichtdicke 53 von 0,5 mm eine Maximaldichte von nicht weniger als 90%, insbesondere nicht wendiger als 95 %, insbesondere zwischen 96 % und 99 %, der theoretischen Dichte des Sinterwerkstoffes aufweist. Diese Außenschicht kann dabei unterhalb der Stegmantelfläche 41 (und gegebenenfalls der weiteren Stegmantelfläche 50) und/oder unterhalb der der Stirnfläche(n) 49 (und gegebenenfalls der oder den weiteren Stirnflächen 51) ausgebildet sein.

**[0074]** Es kann auch vorgesehen sein, dass nur der weitere Ringsteg 44 eine derart verdichtete Außenschicht zumindest teilweise aufweist.

**[0075]** Die theoretische Dichte ist dabei jene Dichte, die der Werkstoff aufweisen würde, wenn er keine Poren hat, also beispielsweise ein Gusswerkstoff wäre.

**[0076]** Die Maximaldichte ist die größte Dichte in dieser Außenschicht. Dabei kann vorgesehen sein, dass die gesamte Außenschicht diese Maximaldichte aufweist. Es kann auch vorgesehen sein, dass von der Oberfläche des Ringsteges 40 (und gegebenenfalls des weiteren Ringsteges 44) aus beginnend nach innen eine Dichtegradient mit abnehmender Dichte ausgebildet ist. In dieser Ausführungsvariante kann die Außenschicht ebenfalls an keiner Stelle die Maximaldichte unterschreitend ausgebildet sein. Andererseits kann dabei auch vorgesehen sein, dass die Ma-

ximaldichte nur über einen Teilbereich der Außenschicht, beispielsweise in einer äußeren Teilschicht der Außenschicht, ausgebildet ist.

**[0077]** Der Rotor 7 kann mit der Erfindung zumindest im Bereich des Ringsteiges 40 und gegebenenfalls des weiteren Ringsteiges 44 in Net Shape oder Near Net Shape Qualität hergestellt sein.

**[0078]** Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass der Nockenwellenversteller 2 auf beiden Seiten (an den axialen Stirnflächen) eine Abdeckung 8, 41 aufweist, mit der die Arbeitsräume 18 in der Axialrichtung 21 abgeschlossen werden.

**[0079]** Nur der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass als Sinterpulver besonders bevorzugt metallische Pulver eingesetzt werden, insbesondere ein Sinterstahlpulver.

**[0080]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Nockenwellenverstellers 2 bzw. von dessen Elementen diese nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt sind.

## BEZUGSZEICHENLISTE

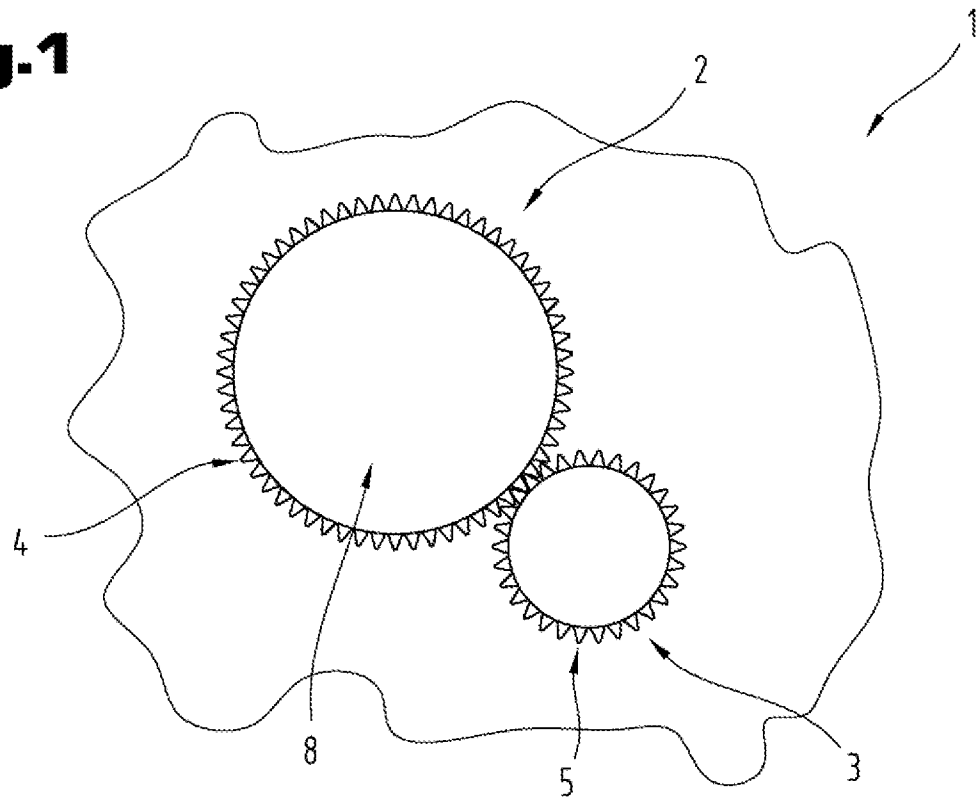
1	Verbrennungsmotor	31	Oberfläche
2	Nockenwellenversteller	32	Nockenwelle
3	Antriebsrad	33	Mantelfläche
4	Stirnverzahnung	34	Stirnfläche
5	Stirnverzahnung	35	Stirnfläche
6	Stator	36	Durchmesser
7	Rotor	37	Rotationsachse
8	Abdeckung	38	Durchmesser
9	Statorgrundkörper	39	Rotationsachse
10	Mantelfläche	40	Ringsteg
11	Steg	41	Stegmantelfläche
12	Ausnehmung	42	Innendurchmesser
13	Umfangsrichtung	43	Rotationsachse
14	Rotorgrundkörper	44	Ringsteg
15	Mantelfläche	45	Abstand
16	Flügel	46	Höhe
17	Seitenfläche	47	Höhe
18	Arbeitsraum	48	Übergang
19	Arbeitskammer	49	Stirnfläche
20	Arbeitskammer	50	Stegmantelfläche
21	Axialrichtung	51	Stirnfläche
22	Aufnahme	52	Übergang
23	Steuerventil	53	Schichtdicke
24	Abschnitt	54	Abdeckung
25	Abschnitt		
26	Abschnitt		
27	Durchbruch		
28	Kolben		
29	Pfeil		
30	Oberfläche		

## Patentansprüche

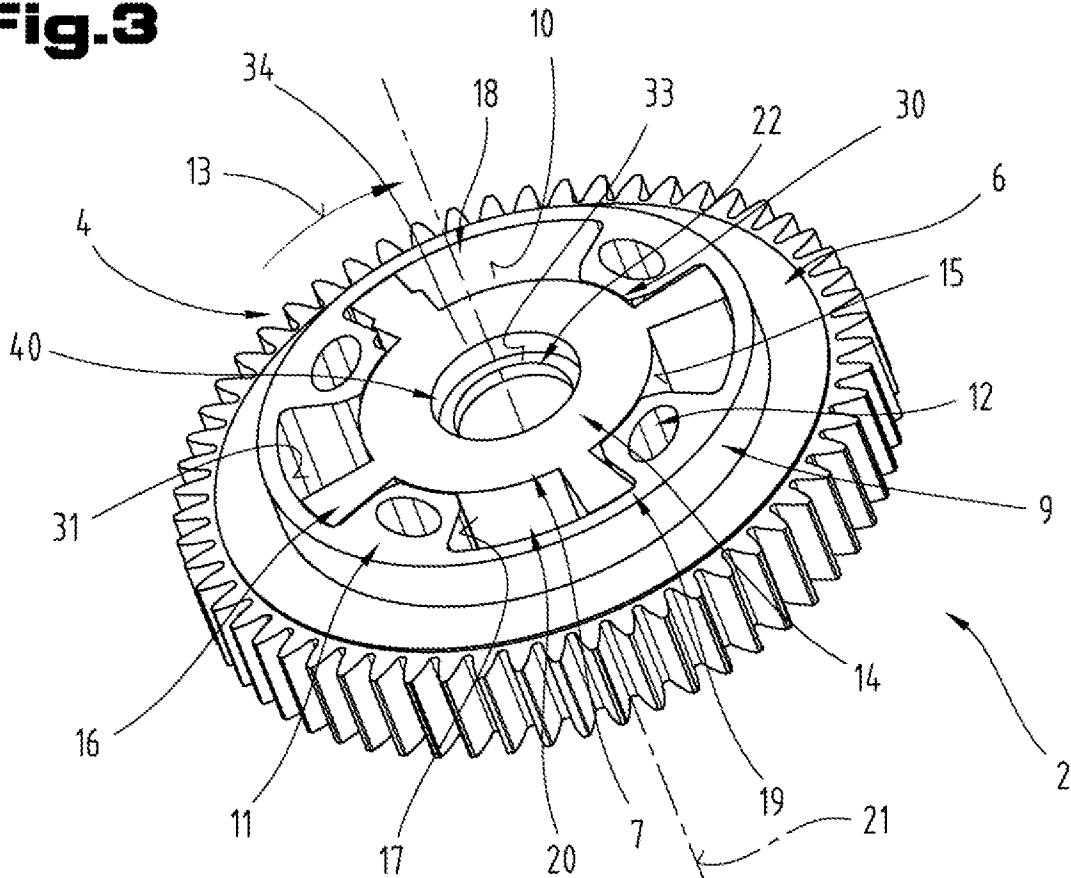
1. Pulvermetallurgisch hergestellter Rotor (7) für einen Nockenwellenversteller (2) aus einem Sinterwerkstoff, umfassend einen Rotorgrundkörper (14), aufweisend eine radial äußere Mantelfläche (15) und eine radial innere Mantelfläche (33), sowie eine erste Stirnfläche (34) und eine zweite Stirnfläche (35), die in einer Axialrichtung (21) betrachtet der ersten Stirnfläche (34) gegenüberliegend angeordnet ist, wobei der Rotorgrundkörper (14) einen äußeren Durchmesser (36), der durch die radial äußere Mantelfläche (15) begrenzt ist und der durch eine erste Rotationsachse (37) verläuft, und einen inneren Durchmesser (38), der durch die radial innere Mantelfläche (33) begrenzt ist und durch eine zweite Rotationsachse (39) verläuft, aufweist, und der von der radial äußeren Mantelfläche (15) radial nach außen vorragende Flügel (16) und auf der inneren Mantelfläche (33) einen radial nach innen vorragenden, kalibrierten ersten Ringsteg (40) aufweist, der eine Stegmantelfläche (41) aufweist, die eine in der Axialrichtung (21) durch den Rotorgrundkörper (14) durchgehende Bohrung mit einem Innendurchmesser (42), der durch eine dritte Rotationsachse (43) verläuft, begrenzt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Rotationsachse (43) in radialer Richtung um einen Wert gegenüber der ersten Rotationsachse (37) und/oder der zweiten Rotationsachse (39) versetzt ist, der zwischen 0,04 mm und 0,08 mm beträgt.
2. Rotor (7) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Axialrichtung (21) nach dem und beabstandet zu dem ersten Ringsteg (40) ein weiterer Ringsteg (44) angeordnet ist.
3. Rotor (7) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Ringsteg (44) eine radiale Höhe (46) aufweist, die geringer ist als eine radiale Höhe (47) des ersten Ringstegs (40).
4. Rotor (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Übergänge (48) zwischen der Stegmantelfläche (41) und unmittelbar an diese anschließende Stirnflächen (49) des ersten Ringsteges (40) und/oder zwischen den Stirnflächen (49) des ersten Ringstegs (40) und der radial inneren Mantelfläche (33) des Rotorgrundkörpers (14) gerundet oder facettiert ausgebildet sind.
5. Rotor (7) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Ringsteg (44) eine weitere Stegmantelfläche (50) und weitere, unmittelbar an diese anschließende weitere Stirnflächen (51) aufweist, und dass Übergänge (52) zwischen der weiteren Stegmantelfläche (50) und den unmittelbar an diese anschließenden weiteren Stirnflächen (51) und/oder zwischen den weiteren Stirnflächen (51) des weiteren Ringstegs (44) und der radial inneren Mantelfläche (33) des Rotorgrundkörpers (14) gerundet oder facettiert ausgebildet sind.
6. Rotor (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ringsteg (40) in einer Außenschicht mit einer Schichtdicke (53) von 0,5 mm eine Maximaldichte von nicht weniger als 95 % der theoretischen Dichte des Sinterwerkstoffes aufweist.
7. Hydraulischer Nockenwellenversteller (1) zur variablen Verstellung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine umfassend einen Stator (6) und einen Rotor (7), der zumindest teilweise von dem Stator (6) umgeben ist, sowie ein Steuerventil (23), das zumindest teilweise von dem Rotor (7) umgeben ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotor (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildet ist.

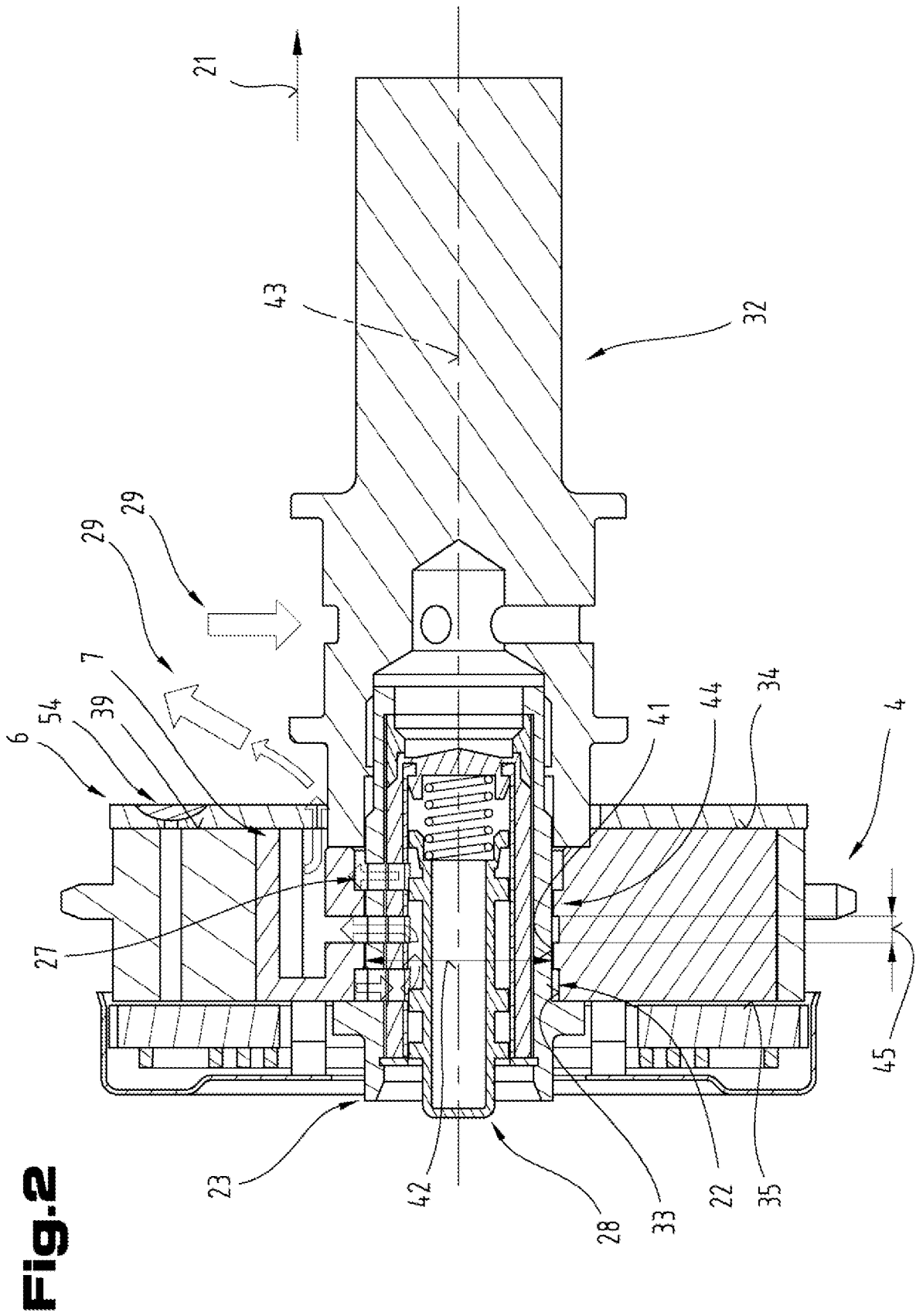
Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

**Fig.1**

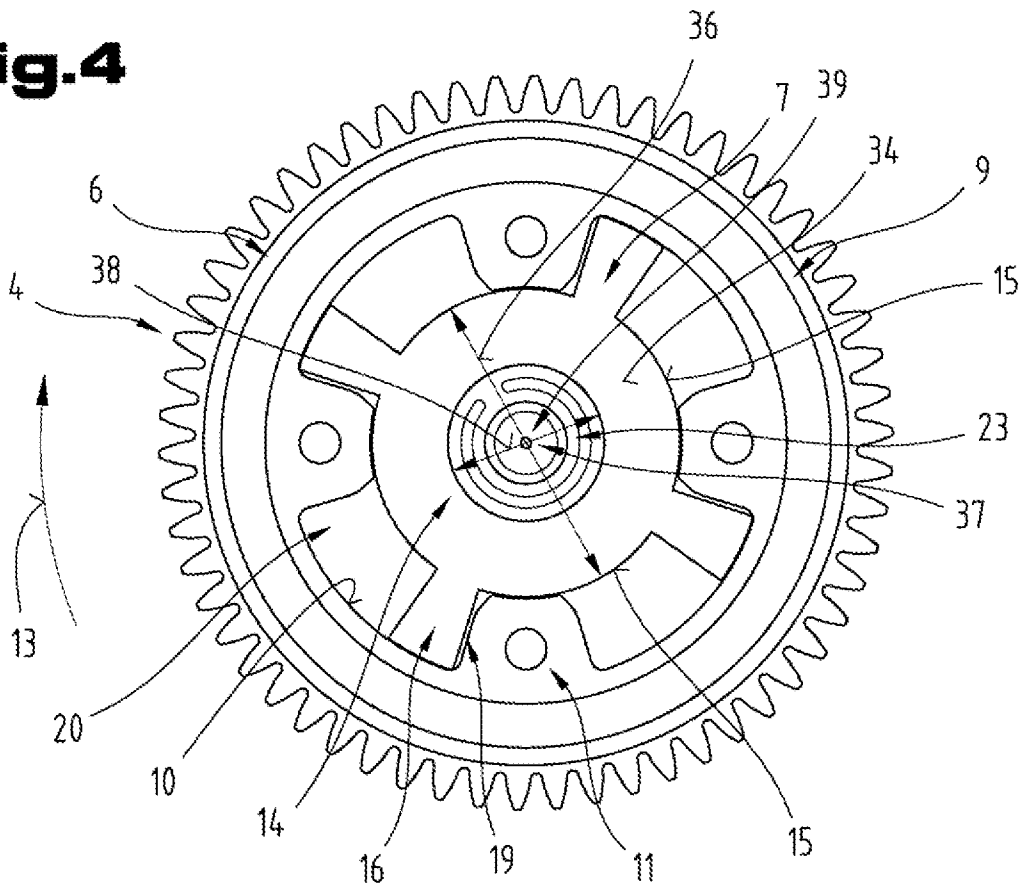


**Fig.3**

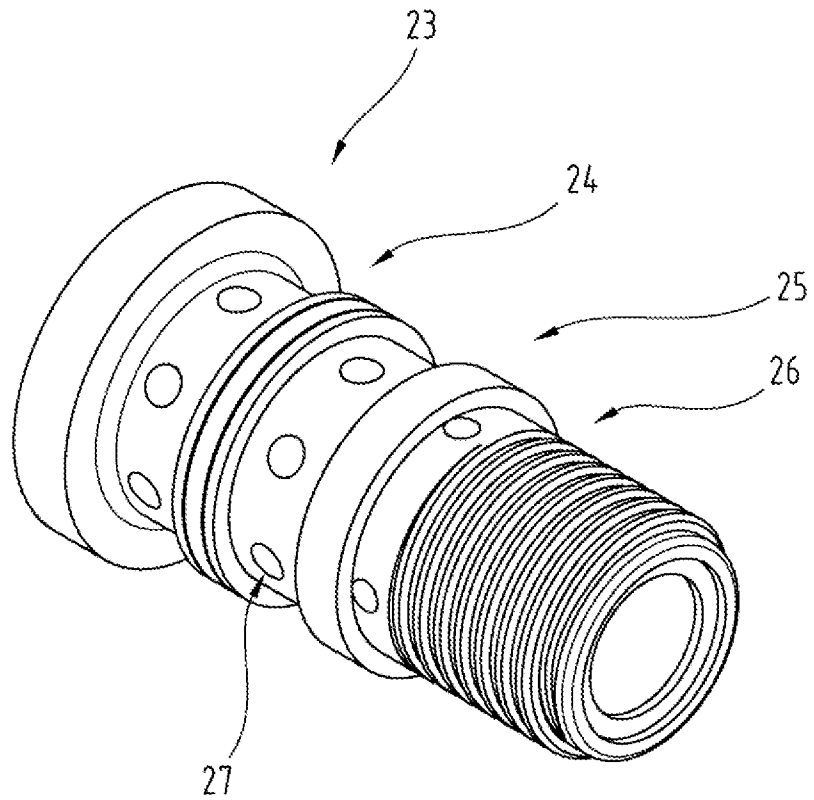




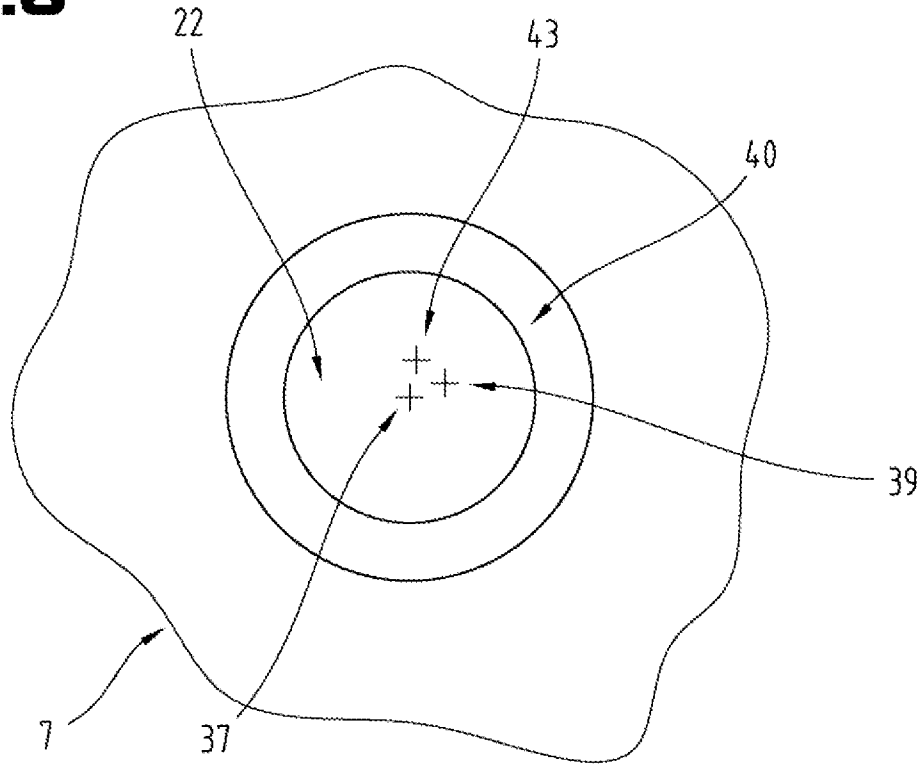
**Fig.4**



**Fig.5**



**Fig.6**



**Fig.7**

