

(19)



(11)

EP 2 577 005 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.09.2014 Patentblatt 2014/39

(51) Int Cl.:
F01L 1/352 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11715447.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/001946

(22) Anmeldetag: **16.04.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/147506 (01.12.2011 Gazette 2011/48)

(54) **STELLVORRICHTUNG FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINENVENTILTRIEBVORRICHTUNG**

ACTUATING DEVICE FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE VALVE-TRAIN DEVICE

DISPOSITIF DE RÉGLAGE POUR UN DISPOSITIF DE COMMANDE DE SOUPAPE DE MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

(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

• **VON GAISBERG-HELFENBERG, Alexander**
71717 Beilstein (DE)

(30) Priorität: **27.05.2010 DE 102010021774**

(74) Vertreter: **JENSEN & SON**
366-368 Old Street
London
EC1V 9LT (GB)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.04.2013 Patentblatt 2013/15

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-03/095803 **WO-A1-2005/061861**
DE-A1-102004 033 522 **DE-A1-102004 045 631**
DE-A1-102005 037 158 **DE-A1-102006 028 554**
DE-A1-102008 043 670 **DE-A1-102008 043 671**
DE-A1-102008 043 672 **DE-A1-102008 043 673**
DE-B3-102005 022 201 **JP-A- 2008 031 905**
US-A1- 2007 204 825

(73) Patentinhaber: **Daimler AG**
70327 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **LENGFELD, Markus**
71364 Winnenden (DE)
• **STOLK, Thomas**
73230 Kirchheim (DE)

EP 2 577 005 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Stellvorrichtung für eine Brennkraftmaschinenventiltriebvorrichtung, insbesondere eine Nockenwellenstellvorrichtung, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Aus der DE 10 2005 037 158 A1 ist bereits eine Stellvorrichtung für eine Brennkraftmaschinenventiltriebvorrichtung, insbesondere eine Nockenwellenstellvorrichtung, mit einer Phasenverstelleinheit, die zur Verstellung einer Phasenlage in einem Normal-Betriebsmodus eine Koppel­einheit aufweist, die dazu vorgesehen ist, ein Verstellgetriebeelement mit einer Bremskraft zu beaufschlagen, und mit einer Einstelleinheit, die dazu vorgesehen ist, in zumindest einem Fail-Safe-Betriebsmodus eine definierte Notlaufphasenlage einzustellen, bekannt.

[0003] Der Erfindung liegt insbesondere die Aufgabe zugrunde, eine kostengünstige und einfache Stellvorrichtung bereitzustellen. Sie wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0004] Die Erfindung geht aus von einer Stellvorrichtung für eine Brennkraftmaschinenventiltriebvorrichtung, insbesondere einer Nockenwellenstellvorrichtung, mit einer Phasenverstelleinheit, die zur Verstellung einer Phasenlage in einem Normal-Betriebsmodus eine Koppel­einheit aufweist, die dazu vorgesehen ist, ein Verstellgetriebeelement mit einer Bremskraft zu beaufschlagen, und mit einer Einstelleinheit, die dazu vorgesehen ist, in zumindest einem Fail-Safe-Betriebsmodus eine definierte Notlaufphasenlage einzustellen.

[0005] Es wird vorgeschlagen, dass die Einstelleinheit zumindest in dem Fail-Safe-Betriebsmodus dazu vorgesehen ist, die Bremskraft der Koppel­einheit der Phasenverstelleinheit zu verändern. Dadurch kann auf eine separate Koppel­einheit zur Einstellung der Notlaufphasenlage verzichtet werden, wodurch Bauteile eingespart werden können. Dadurch kann eine Komplexität sowie ein Gewicht der Stellvorrichtung niedrig gehalten werden, wodurch eine kostengünstige und einfache Stellvorrichtung bereitgestellt werden kann. Unter einer "Einstelleinheit" soll insbesondere eine Einheit verstanden werden, die dazu vorgesehen ist, unabhängig von einer elektronischen Steuerung eine definierte, als die Notlaufphasenlage ausgebildete Phasenlage einzustellen. Unter einem "Verstellgetriebeelement" soll insbesondere ein Getriebeelement eines Verstellgetriebes verstanden werden, durch das die Phasenlage und/oder die Verstellung der Phasenlage definierbar ist. Unter einem "Verstellgetriebe" soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Drei-Wellen-Minus-Summiergetriebe verstanden werden, mittels dem die Phasenlage verstellt werden kann. Unter "vorgesehen" soll insbesondere speziell ausgestattet und/oder ausgelegt verstanden werden.

[0006] Weiter wird vorgeschlagen, dass die Koppel­einheit in einem Fail-Safe-Betriebsmodus zur Einstellung

der Notlaufphasenlage und in einem Normal-Betriebsmodus zur Einstellung eines Verstellwinkels vorgesehen ist. Dadurch kann die eine Koppel­einheit vorteilhaft für den Fail-Safe-Betriebsmodus und den Normal-Betriebsmodus verwendet werden, wodurch eine komplexe Aktuatorik zur Ansteuerung von zwei Koppel­einheiten entfallen kann.

[0007] Ferner wird vorgeschlagen, dass die Phasenverstelleinheit eine Magnetaktuatorik aufweist, die zur Einstellung des Verstellwinkels dazu vorgesehen ist, die Bremskraft der Koppel­einheit magnetisch einzustellen. Dadurch kann eine einfache und effektive Phasenverstelleinheit realisiert werden. Unter einer "magnetisch einstellbaren Phasenverstelleinheit" soll dabei insbesondere eine Phasenverstelleinheit verstanden werden, die zur Einstellung der Phasenlage zumindest teilweise mit einer Magnetkraft beaufschlagt wird, wobei eine Verstellung der Phasenlage vorzugsweise mittels einer Einstellung der Magnetkraft erfolgt. Unter einer "Magnetkraft" soll insbesondere eine mittels eines magnetischen Flusses eines Magnetfelds einstellbare Kraft verstanden werden. Unter einer "Magnetaktuatorik" soll dabei insbesondere eine Einheit zur Bereitstellung eines einstellbaren Magnetfelds und/oder magnetischen Flusses, wie beispielsweise eine Einheit mit wenigstens einer Spule zur Ausbildung eines Elektromagneten, verstanden werden.

[0008] Außerdem wird vorgeschlagen, dass die Magnetaktuatorik dazu vorgesehen ist, in einem Normalbetriebsmodus einen Verstellwinkel einzustellen, auf den die Einstelleinheit die Phasenlage einregelt. Dadurch kann die Phasenlage durch eine Verstellung um einen definierten Verstellwinkel, insbesondere ausgehend von der Notlaufphasenlage als Grundphasenlage, mittels der Magnetaktuatorik einfach eingestellt werden, wobei die Regelung auf den vorgegebenen Verstellwinkel vorteilhaft über die Verstellmechanik der Notlaufeinheit erfolgen kann.

[0009] Vorzugsweise umfasst die Einstelleinheit eine Verstellmechanik, die dazu vorgesehen ist, die Phasenlage mechanisch auf die Notlaufphasenlage und/oder den Verstellwinkel einzuregulieren. Dadurch kann auch bei einem Ausfall des Normal-Betriebsmodus eine Phasenlage mechanisch auf einen vorgegebenen Winkel eingeregelt werden, wodurch eine Betriebssicherheit der Phasenverstellvorrichtung vorteilhaft erhöht werden kann. Unter einer "Verstellmechanik" soll dabei insbesondere eine Einheit verstanden werden, die eine Änderung der Phasenlage lediglich mittels mechanischer Bauteile in eine Verstellung der Magnelemente umsetzt. Insbesondere soll darunter eine von elektrischen, pneumatischen und/oder hydraulischen Aktuatoren unabhängige Einheit verstanden werden.

[0010] Ferner wird vorgeschlagen, dass die Einstelleinheit wenigstens einen Permanentmagneten aufweist, der ein zur Betätigung der Koppel­einheit vorgesehenes Magnetfeld erzeugt. Dadurch kann ein vorteilhafter Fail-Safe-Betriebsmodus realisiert werden, in dem die Einstelleinheit die Notlaufphasenlage selbstständig und

unabhängig von einer externen Steuerung einstellt.

[0011] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Einstelleinheit zumindest zwei gegeneinander verstellbare Magnetelemente aufweist, die dazu vorgesehen sind, eine Magnetkraft zur Einstellung der Bremskraft mechanisch zu verändern. Dadurch kann die Einstelleinheit die Phasenlage einfach einstellen, indem sie mittels der gegeneinander verstellbaren Magnetelemente einen magnetischen Fluss vorteilhaft verändert. Dadurch kann insbesondere eine sichere und einfache mechanische Regelung für den Fail-Safe-Betriebsmodus bereitgestellt werden. Unter einem "Magnetelement" soll dabei insbesondere ein magnetisierbares und/oder magnetisiertes Element verstanden werden. Insbesondere soll darunter ein ferromagnetisches Element verstanden werden, wobei das Magnetelement grundsätzlich magnetisch weich oder magnetisch hart ausgebildet sein kann. Unter einer "mechanischen Veränderung der Magnetkraft" soll insbesondere verstanden werden, dass eine mechanische Verstellung der Magnetelemente gegeneinander eine Veränderung der Magnetkraft bewirkt.

[0012] Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Koppereinheit einen ortsfesten Stator und wenigstens ein erstes axial verschiebbar an den Stator angebundenes Koppellement aufweist. Dadurch kann ein Toleranzausgleich zwischen dem Stator der Koppereinheit und einem Rotor der Koppereinheit einfach realisiert werden. Insbesondere axiale Toleranzen können dadurch einfach ausgeglichen werden, wodurch ein vorteilhafter Verschleißausgleich erreicht werden kann. Grundsätzlich ist durch eine erfindungsgemäße Ausgestaltung auch ein radialer Toleranzausgleich erzielbar.

[0013] Zudem wird vorgeschlagen, dass die Koppereinheit wenigstens ein weiteres an den Stator angebundenes Koppellement aufweist, das räumlich beabstandet zu dem ersten Koppellement angeordnet ist. Dadurch kann ein Toleranzausgleich zwischen dem Stator der Koppereinheit und einem Rotor der Koppereinheit einfach realisiert werden. Insbesondere axiale Toleranzen können dadurch einfach ausgeglichen werden, wodurch ein vorteilhafter Verschleißausgleich erreicht werden kann. Grundsätzlich ist durch eine erfindungsgemäße Ausgestaltung auch ein radialer Toleranzausgleich erzielbar.

[0014] Besonders bevorzugt ist das wenigstens ein Koppellement axial verschiebbar mit dem Stator verbunden. Dadurch kann eine geschlossene Magnetflussleitung bereitgestellt werden, wodurch der magnetische Fluss zur Betätigung der Koppereinheit besonders vorteilhaft gelenkt und beeinflusst werden kann.

[0015] Weiter ist es vorteilhaft, wenn das wenigstens ein Koppellement aus einem magnetisierbaren Material gefertigt ist. Dadurch können die Koppellemente vorteilhaft als Magnetflussleitelemente zur Leitung eines magnetischen Flusses, der zur Betätigung der Koppereinheit vorgesehen ist, ausgebildet werden. Unter einem "Magnetflussleitelement" soll insbesondere ein magne-

tisch weiches Magnetelement verstanden werden, dass lediglich ein durch ein äußeres Magnetfeld induziertes Magnetfeld aufweisen kann. Insbesondere soll unter einem "Magnetflussleitelement" kein permanentmagnetisches Element verstanden werden.

[0016] Außerdem wird vorgeschlagen, dass die Koppereinheit einen axial fest angeordneten Rotor aufweist, der in zumindest einem Teilstück aus einem magnetisierbaren Material gefertigt ist. Dadurch können korrespondierende zweite Koppellemente, die an den Rotor angebunden sind, besonders einfach ausgeführt werden. Vorteilhafterweise sind die Koppellemente mittels des Rotors einstückig miteinander ausgeführt. Zudem kann dadurch der magnetische Fluss vorteilhaft durch den Rotor hindurch geleitet werden. Unter einem "axial fest angeordneten Rotor" soll insbesondere ein Rotor verstanden werden, dessen axiale Position bei einer Betätigung der Koppereinheit beibehalten wird. Vorteilhafterweise weist der Rotor dabei zwei fest mit dem Rotor verbundene zweite Koppellemente auf.

[0017] Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In den Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Zeichnungen, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

[0018] Dabei zeigen:

- Fig. 1 eine Brennkraftmaschinenventiltriebvorrichtung mit einer erfindungsgemäßen Stellvorrichtung in einem Querschnitt,
- Fig. 2 einen Ausschnitt aus der Verstellvorrichtung bei einer mittleren eingestellten Phasenlage und
- Fig. 3 den Ausschnitt aus Fig. 2 bei einer Verstellung der Phasenlage nach spät.

[0019] Die Figuren 1 bis 3 zeigen ein Ausführungsbeispiel einer Brennkraftmaschinenventiltriebvorrichtung mit einer erfindungsgemäßen Stellvorrichtung. Die Brennkraftmaschinenventiltriebvorrichtung umfasst eine Nockenwelle 10, die mittels einer nicht näher dargestellten Kurbelwelle angetrieben wird. Die Nockenwelle 10 ist mittels eines Kettenantriebs mit der Kurbelwelle verbunden. Eine Drehzahl der Nockenwelle 10 ist dabei halb so groß wie eine Drehzahl der Kurbelwelle. Die Stellvorrichtung bildet eine elektromagnetische Nockenwellenverstellvorrichtung aus. Sie ist zur Verwendung in einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs vorgesehen.

[0020] Zur Verstellung der Phasenlage umfasst die Stellvorrichtung ein Verstellgetriebe 11. Das Verstellgetriebe 11 ist als ein 3-Wellen-Minus-Summiergetriebe ausgebildet. Es umfasst drei Verstellgetriebeelemente 12, 13, 14, mittels denen die Phasenlage der Nockenwelle 10 verstellt werden kann. Das Verstellgetriebe 11 ist beispielhaft als ein Planetenradgetriebe ausgebildet.

Die Verstellvorrichtung umfasst eine Hauptrotationsachse 15, um die die drei Verstellgetriebeelemente 12, 13, 14 drehbar angeordnet sind. Grundsätzlich sind aber auch andere 3-Wellen-Minus-Summiergetriebe denkbar.

[0021] Zur Einleitung eines Drehmoments umfasst die Stellvorrichtung eine Antriebseinheit 16, die das erste Verstellgetriebeelement 12 umfasst. Das Verstellgetriebeelement 12 ist als ein Planetenradträger ausgebildet, der Planetenräder 19 des Verstellgetriebes 11 auf einer Kreisbahn führt. Die Antriebseinheit 16 weist weiter ein Kettenrad auf, das drehfest mit dem Verstellgetriebeelement 12 verbunden ist. Mittels des Kettenrads ist die Antriebseinheit 16 mit der Kurbelwelle verbunden. Zur Ausleitung des Drehmoments umfasst die Stellvorrichtung eine Abtriebseinheit 17, die das zweite Verstellgetriebeelement 13 umfasst. Das Verstellgetriebeelement 13 ist als ein Hohlrad ausgebildet, das mit den von dem Planetenradträger geführten Planetenrädern 19 kämmt. Das Verstellgetriebeelement 13 ist drehfest mit der Nockenwelle 10 verbunden. Zur Verstellung der Phasenlage umfasst die Stellvorrichtung eine Phasenverstelleinheit 18, die das dritte Verstellgetriebeelement 14 umfasst. Das Verstellgetriebeelement 14 ist als ein Sonnenrad ausgebildet, das ebenfalls mit den von den Planetenradträger geführten Planetenrädern 19 kämmt.

[0022] Zur Einstellung der Phasenlage umfasst die Phasenverstelleinheit 18 eine Koppeleinheit 20. Die Koppeleinheit 20 ist als eine Bremseinheit ausgebildet. Die Koppeleinheit 20 weist eine Betätigungsrichtung auf, die parallel zu der Hauptrotationsachse 15 orientiert ist. Die Koppeleinheit 20 umfasst einen ortsfest angeordneten Stator 21 und einen drehbar angeordneten Rotor 22. Der Rotor 22 ist drehfest und axial fest an das dritte Verstellgetriebeelement 14 angebunden. Er ist damit axial fest angeordnet. Ein von der Koppeleinheit 20 bereitstellbares Bremsmoment wirkt auf das dritte Verstellgetriebeelement 14. Mittels der Koppeleinheit 20 kann eine Drehzahl des Verstellgetriebeelements 14 definiert eingestellt werden. Die Koppeleinheit 20 umfasst zwei drehfest mit dem Stator 21 verbundene erste Koppelemente 23, 24 und zwei drehfest mit dem Rotor 22 verbundene zweite Koppelemente 25, 26. Die Koppelemente 23, 24, 25, 26 weisen jeweils eine Reibfläche auf. Die beiden Koppelemente 23, 25, deren Reibflächen reibschlüssig miteinander verbindbar sind, sind radial außen liegend angeordnet. Die beiden Koppelemente 24, 26, deren Reibflächen reibschlüssig miteinander verbindbar sind, sind radial innen liegend angeordnet. Die Koppelemente 23, 24, die drehfest mit dem Stator 21 verbunden sind, und die Koppelemente 25, 26, die drehfest mit dem Rotor 22 verbunden sind, sind jeweils räumlich beabstandet zueinander angeordnet.

[0023] Das radial außenliegende erste Koppelement 23 ist ringförmig ausgebildet. Das erste Koppelement 23 weist einen Innendurchmesser auf, der größer ist als ein Außendurchmesser des Stators 21. Das radial außen liegende Koppelement 23 umgibt den Stator 21. Der

Stator 21 ist in dem Koppelement 23 geschachtelt angeordnet. Das radial innen liegende erste Koppelement 24 ist ebenfalls ringförmig ausgebildet. Das Koppelement 24 weist einen Außendurchmesser auf, der kleiner ist als ein Innendurchmesser des Stators 21. Der Stator 21 umgibt das radial innen liegende Koppelement 24. Das Koppelement 24 ist in dem Stator 21 geschachtelt angeordnet.

[0024] Der Stator 21 ist ringförmig ausgebildet. Auf einer äußeren Mantelfläche weist der Stator 21 eine Außenverzahnung auf. Auf einer inneren Mantelfläche weist der Stator 21 eine Innenverzahnung auf. Die Außenverzahnung und die Innenverzahnung sind als Geradverzahnungen ausgeführt. Grundsätzlich können sowohl die Außenverzahnung als auch die Innenverzahnung andere Verzahnungsformen aufweisen.

[0025] Die beiden Koppelemente 23, 24 sind getrennt voneinander ausgeführt. Das außen liegende Koppelement 23 weist eine zu der Außenverzahnung des Stators 21 korrespondierende Innenverzahnung auf. Das außen liegende Koppelement 23 ist mit seiner Innenverzahnung an die Außenverzahnung des Stators 21 angebunden. Entlang seiner axial gerichteten Betätigungsrichtung ist das Koppelement 23 beweglich mit dem Stator 21 gekoppelt. Das innen liegende Koppelement 24 weist eine zu der Innenverzahnung des Stators 21 korrespondierende Außenverzahnung auf. Das innen liegende Koppelement 24 ist mit seiner Außenverzahnung an die Innenverzahnung des Stators 21 angebunden. Entlang seiner axial gerichteten Betätigungsrichtung ist das Koppelement 24 beweglich mit dem Stator 21 gekoppelt. Die zwei Koppelemente 23, 24 sind durch die Axialverzahnungen drehfest und axial verschiebbar mit dem Stator 21 verbunden. Für eine Bewegung entlang der Betätigungsrichtung sind die zwei Koppelemente 23, 24 bewegungstechnisch voneinander unabhängig.

[0026] Der Rotor 22 ist entlang der Hauptrotationsachse 15 axial zwischen dem Stator 21 und dem Verstellgetriebeelement 12 angeordnet. Zwei Teilstücke des Rotors 22 bilden die Koppelemente 25, 26 aus. Die Teilstücke des Rotors 22, die die Koppelemente 25, 26 ausbilden, sind aus einem magnetisierbaren Material gefertigt. Das Teilstück des Rotors 22, das das Koppelement 25 ausbildet, ist als ein axial außen liegender Bereich des Rotors 22 ausgebildet. Das Teilstück des Rotors 22, das das Koppelement 26 ausbildet, ist als ein axial innen liegender Bereich des Rotors 22 ausgebildet. Die beiden Teilstücke des Rotors 22 sind durch ein Verbindungsstück fest miteinander verbunden. Der gesamte Rotor 22 ist dabei einstückig aus einem Material hergestellt. In den Teilstücken weist der Rotor 22 eine axiale Stärke auf, die größer ist als eine axiale Stärke des Verbindungsstücks. Die beiden Koppelemente 25, 26 sind mittels des Rotors einstückig ausgebildet.

[0027] Die Phasenverstelleinheit 18 ist magnetisch regelbar. Die Phasenverstelleinheit 18 umfasst eine Magnetaktuatorik 27, mittels der zur Einstellung der Phasen-

lage ein verstellbares Magnetfeld bereitgestellt werden kann. Die Magnetaktuatorik 27 umfasst eine nicht näher dargestellte Magnetspule 28, mittels der ein Magnetfeld erzeugt werden kann, das die Koppelemente 23, 24, 25, 26 der Koppeleinheit 20 durchsetzt. Zur Anordnung der Magnetspule 28 umfasst die Magnetaktuatorik 27 ein Jochelement 29, das fest an einem nicht näher dargestellten Motorblock der Brennkraftmaschine angebunden ist. Das Jochelement 29 bildet den Stator 21 der Koppeleinheit 20 aus.

[0028] Das Jochelement 29 ist im Halbschnitt U-förmig ausgebildet. Die Magnetspule 28 ist in einem von dem Jochelement 29 aufgespannten Innenraum angeordnet. Eine Öffnung des Jochelements 29 ist in Richtung des Rotors 22 gerichtet. Der von dem Jochelement 29 aufgespannte Innenraum verläuft ringförmig um die Hauptrotationsachse 15. Die Magnetspule 28 weist eine Spulenwicklung auf, die in dem von dem Jochelement 29 aufgespannten Innenraum angeordnet ist. Die Spulenwicklung verläuft dabei in Bezug auf die Hauptrotationsachse 15 in Umfangsrichtung. Die Spulenachse der Magnetspule 28 ist coaxial zu der Hauptrotationsachse 15 orientiert. Mittels einer Bestromung der Magnetspule 28 kann ein Magnetfeld erzeugt werden, das im Bereich der Magnetspule 28 im Wesentlichen im Jochelement 29 verläuft.

[0029] Die Koppelemente 23, 24, 25, 26 sind aus einem magnetisierbaren Material gefertigt. Die Koppelemente 23, 24, 25, 26 der Koppeleinheit 20 werden magnetisch miteinander gekoppelt. Die Magnetkraft, mittels der die Phasenlage einstellbar ist, bewirkt zwischen den Koppelementen 23, 24, 25, 26 eine anziehende Kraft. Die Bremskraft der Koppeleinheit 20 hängt damit unmittelbar von der Magnetkraft ab. Die Magnetkraft wiederum ist proportional zu dem magnetischen Fluss, der die Koppelemente 23, 24, 25, 26 der Koppeleinheit 20 durchsetzt. Die Koppelemente 23, 24, 25, 26 sind dabei als Flussleitelemente ausgebildet, d.h. sie sind aus einem magnetisch weichen Material gefertigt. Die Koppelemente 23, 24, 25, 26 sind somit lediglich zur Führung des magnetischen Flusses vorgesehen. Sie erzeugen kein eigenes Magnetfeld.

[0030] Zur Einstellung einer definierten Notlaufphasenlage umfasst die Stellvorrichtung eine Einstelleinheit 30. Die Einstelleinheit 30 ist unabhängig von der Magnetaktuatorik 27. Die Einstelleinheit 30 kann die Phasenlage zwischen der Antriebseinheit 16 und der Abtriebsseinheit 17 unabhängig von einer Funktionsfähigkeit der Magnetaktuatorik 27 verstellen. Die Einstelleinheit 30 ist dabei als eine autarke Einheit ausgebildet, die die Nockenwelle 10 unabhängig von einer externen Energieversorgung verstellen kann.

[0031] Die Einstelleinheit 30 umfasst zwei gegeneinander verstellbare Magnelemente 31, 32, mittels der die Magnetkraft, die auf die Koppelemente 23, 24, 25, 26 wirkt, mechanisch verändert werden kann. Weiter umfasst die Einstelleinheit 30 einen Permanentmagneten 33, der unabhängig von der Magnetaktuatorik 27 ein Ma-

gnetfeld erzeugt, dessen magnetischer Fluss die Koppelemente 23, 24, 25, 26 und die Magnelemente 31, 32 durchsetzt. Der Permanentmagnet 33 ist in das Jochelement 29 integriert. Das von dem Permanentmagnet 33 erzeugte Magnetfeld ist in einem Fail-Safe-Betriebsmodus und in einem Normal-Betriebsmodus zur Einstellung der von der Koppeleinheit 20 bereitgestellten Bremskraft vorgesehen. Der magnetische Fluss, der in dem Fail-Safe-Betriebsmodus nur von dem Permanentmagneten 33 erzeugt wird, wird in dem Normal-Betriebsmodus mittels der Magnetaktuatorik 27 verändert.

[0032] Zur Leitung der von dem Permanentmagneten 33 und der Magnetaktuatorik 27 erzeugbaren Magnetfelder weist die Stellvorrichtung eine Magnetflussleiteinheit 34 auf, die mittels des Verstellgetriebes 11, der Phasenverstelleinheit 18 und der Einstelleinheit 30 ausgebildet ist. Die gesamte Magnetflussleiteinheit 34 ist mittels magnetisierbarer Materialien ausgebildet. Der durch das Magnetfeld erzeugte magnetische Fluss ist durch Magnetfeldlinien 41 beschreibbar, die von dem Permanentmagneten 33 und der Magnetaktuatorik 27 ausgehen. Die Magnetfeldlinien 41 sind stets als geschlossene Feldlinien ausgebildet. Die Magnetflussleiteinheit 34 stellt dem magnetischen Fluss einen in Bezug auf Luft reduzierten magnetischen Widerstand entgegen. Die von der Magnetflussleiteinheit 34 beeinflussten Magnetfeldlinien 41 verlaufen innerhalb des magnetisierbaren Materials. Die Magnetflussleiteinheit 34 ist dabei magnetisch vollständig schließbar, d.h. die von der Magnetflussleiteinheit 34 beeinflussten Magnetfeldlinien 41 verlaufen nahezu vollständig innerhalb des magnetisierbaren Materials.

[0033] In einem Betriebszustand, in dem das Magnetfeld lediglich von dem Permanentmagneten 33 erzeugt wird, gehen die Magnetfeldlinien 41 von dem Permanentmagneten 33 aus. In einem Betriebszustand, in dem das Magnetfeld von dem Permanentmagneten 33 und der Magnetaktuatorik 27 gemeinsam erzeugt wird, geht ein Teil der Magnetfeldlinien 41 ebenfalls von dem Permanentmagneten 33 aus. Der im Folgenden beschriebene magnetische Fluss ist daher als ein Teil eines gesamten Magnetflusses zu verstehen, der von der Magnetaktuatorik 27 und dem Permanentmagneten 33 erzeugt werden kann. Grundsätzlich können weitere Magnetfeldlinien existieren, die in Teilbereichen außerhalb der Magnetflussleiteinheit 34 verlaufen.

[0034] Die von dem Permanentmagneten 33 erzeugten Magnetfeldlinien 41 durchsetzen die Phasenverstelleinheit 18, das Verstellgetriebe 11 und die Einstelleinheit 30. Ausgehend von dem Permanentmagneten 33 durchsetzt der magnetische Fluss zunächst das Jochelement 29. Das Koppelement 23 grenzt unmittelbar an das Jochelement 29 an, wodurch der magnetische Fluss von dem Jochelement 29 in das Koppelement 23 weitergeleitet wird. Ausgehend von dem Koppelement 23 wird der magnetische Fluss durch das Koppelement 25 in das Verstellgetriebeelement 13 geleitet. Anschließend durchsetzt der magnetische Fluss die beiden Magne-

lemente 31, 32 der Einstelleinheit 30. Das Magnetelement 32 grenzt unmittelbar an den Rotor 22 der Koppereinheit 20 an, durch dessen radial inneres Teilstück der magnetische Fluss in das Koppelement 26 geleitet wird. Ausgehend von dem Koppelement 26 wird der magnetische Fluss durch das Koppelement 24 geleitet, welches unmittelbar an das Jochelement 29 angrenzt. Das Jochelement 29 wiederum leitet den magnetischen Fluss dem Permanentmagneten 33 zu, wodurch der Kreis des magnetischen Flusses vollständig geschlossen ist.

[0035] Der Stator 21, dessen Jochelement 29 damit einen Teil der Magnetflussleiteinheit 34 ausbildet, ist somit teilweise der Magnetflussleiteinheit 34 zugeordnet. Weiter ist der Magnetflussleiteinheit 34 das Verstellgetriebeelement 12 des Verstellgetriebes 11 zugeordnet. Zudem bilden die beiden Magnetelemente 31, 32 der Einstelleinheit 30 einen Teil der Magnetflussleiteinheit 34 aus. Ferner ist der Rotor 22 der Koppereinheit 20 teilweise der Magnetflussleiteinheit 34 zugeordnet. Außerdem sind die vier Koppelemente 23, 24, 25, 26 der Magnetflussleiteinheit 34 zugeordnet.

[0036] Die Koppelemente 23, 25 weisen unabhängig von einem Betriebszustand der Koppereinheit 20 stets einen Kontakt auf. Das Teilstück des Rotors 22, der das Koppelement 25 ausbildet, ist gegenüber dem ersten Verstellgetriebeelement 12 gleitgelagert. Der Rotor 22 und das erste Verstellgetriebeelement 12 sind im Bereich des Koppelements 25 magnetisch miteinander verbunden. Das Verstellgetriebeelement 12 bildet das erste Magnetelement 31 der Einstelleinheit 30 aus. Das Magnetelement 31 und das Magnetelement 32 sind über eine gemeinsame Kontaktfläche ebenfalls magnetisch miteinander verbindbar. Das Magnetelement 32 ist auf dem Rotor 22 gleitgelagert und ist somit mit dem Teilstück des Rotors 22, der das Koppelement 26 ausbildet, magnetisch verbunden. Die Koppelemente 24, 26 wiederum weisen unabhängig von einem Betriebszustand der Koppereinheit 20 stets einen Kontakt auf. Die Magnetflussleiteinheit 34 ist damit in einem Betriebszustand, in dem die beiden Magnetelemente 31, 32 eine Kontaktfläche größer als Null aufweisen, magnetisch geschlossen. Der magnetische Widerstand der Magnetflussleiteinheit 34 ist über die gemeinsame Kontaktfläche der Magnetelemente 31, 32 mittels der Einstelleinheit 30 einstellbar. Die Magnetelemente 31, 32 können dabei vollständig voneinander getrennt werden, d.h. mittels der Magnetelemente 31, 32 ist auch eine Unterbrechung des magnetischen Flusses durch die Magnetelemente 31, 32 einstellbar.

[0037] Die Koppereinheit 20 und die Magnetelemente 31, 32 sind in Bezug auf die Magnetfeldlinien 41 magnetisch in Reihe angeordnet. Die beiden Magnetelemente 31, 32 sind in Bezug auf die Magnetfeldlinien 41 magnetisch in Reihe angeordnet. Die Magnetfeldlinien durchsetzen nacheinander die Koppelemente 23, 25, die beiden Magnetelemente 31, 32 und die Koppelemente 24, 26. Die Magnetelemente 31, 32 sind dabei als Magnet-

flussleitelemente ausgebildet. Sie sind aus einem magnetisch weichen Material gefertigt. Das von dem Permanentmagneten 33 erzeugte Magnetfeld weist einen magnetischen Fluss auf, der mittels der Magnetelemente 31, 32 definiert, durch die Einstelleinheit 30 geleitet wird. Das Verstellgetriebeelement 12 ist über die Koppelemente 23, 24 des Stators 21 und die Koppelemente 25, 26 des Rotors 22 in Bezug auf die Magnetelemente 31, 32 magnetisch in Reihe angeordnet. Entlang der Magnetfeldlinien 41 sind die Koppelemente 23, 24 des Stators 21 mittels des Verstellgetriebeelements 12 und der Magnetelemente 31, 32 magnetisch miteinander verbindbar.

[0038] Zur Verstellung der Magnetkraft umfasst die Einstelleinheit 30 eine Verstellmechanik 35, die in dem Fail-Safe-Betriebsmodus die beiden Magnetelemente 31, 32 gegeneinander verschiebt. Die Verstellmechanik 35 ist an die beiden Verstellgetriebeelemente 12, 13 gekoppelt. Sie verschiebt die beiden Magnetelemente 31, 32 gegeneinander, wenn sich die durch die Verstellgetriebeelemente 12, 13 definierte Phasenlage ändert. Die Größe der Kontaktfläche der beiden Magnetelemente 31, 32 ist mittels der Verstellmechanik 35 der Einstelleinheit 30 veränderbar. Die Einstelleinheit 30 stellt die Größe der Kontaktfläche in Abhängigkeit von der Phasenlage ein.

[0039] Die beiden Magnetelemente 31, 32 sind teilweise keilförmig ausgebildet. Das erste Magnetelement 31 umfasst einen Kontaktflächenbereich 36, der um einen Winkel von ca. 25 Grad gegen eine Verstellrichtung der Magnetelemente 31, 32 verkippt ist. Weiter umfasst das Magnetelement 31 einen Kontaktflächenbereich 37, der entlang der Verstellrichtung orientiert ist. Das zweite Magnetelement 32 umfasst ebenfalls einen gegen die Verstellrichtung verkippten Kontaktflächenbereich 38 und einen entlang der Verstellrichtung orientierten Kontaktflächenbereich 39. Die Kontaktflächenbereiche 36, 38 und die Kontaktflächenbereiche 37, 39 können jeweils miteinander in Kontakt gebracht werden. Die Kontaktfläche der beiden Magnetelemente ist als ein Bereich ausgebildet, in dem sich die Magnetelemente 31, 32, berühren, d.h. ein Bereich, in dem die Kontaktflächenbereiche 36, 37 mit den Kontaktflächenbereichen 38, 39 teilweise oder vollständig in Kontakt stehen. Zur Einstellung der Notlaufphasenlage verändert die Einstelleinheit 30 die Größe der Kontaktfläche. Die Größe der Kontaktfläche ist mittels der Verstellmechanik 35 der Einstelleinheit 30 einstellbar. Zur Veränderung der Kontaktfläche verschiebt die Verstellmechanik 35 die beiden Magnetelemente 31, 32 gegeneinander. Die Verstellrichtung der Magnetelemente 31, 32 ist dabei parallel zu der Hauptrotationsachse 15 der Stellvorrichtung orientiert.

[0040] Zur Verstellung der beiden Magnetelemente 31, 32 weist die Verstellmechanik 35 der Einstelleinheit 30 ein Betätigungselement 40 auf. Das Betätigungselement 40 ist entlang seiner Betätigungsrichtung 45 mit dem Magnetelement 32 gekoppelt. Das Betätigungselement 40 ist dabei als ein axial verschiebbarer Druckstift

ausgebildet, der gegen das zweite Verstellgetriebeelement 13 gelagert ist. Das Betätigungselement 40 durchsetzt das erste Verstellgetriebeelement 12, gegen das das Betätigungselement 40 axial verschiebbar gelagert ist. Das Betätigungselement 40 ist durch die Planetenräder 19 hindurchgeführt. Es ist innerhalb des ersten Verstellgetriebeelements 12 gleitgelagert. Die Betätigungsrichtung 45, entlang der das Betätigungselement 40 verschiebbar ist, ist dabei parallel zu der Hauptrotationsachse 15 der Stellvorrichtung orientiert.

[0041] Weiter umfasst die Verstellmechanik 35 der Einstelleinheit 30 ein Thermoelement 42, mittels dem die Notlaufphasenlage temperaturabhängig eingestellt wird. Das Thermoelement 42 weist eine zur Einstellung der Phasenlage vorgesehene Geometrie auf, die sich in Abhängigkeit von einer Betriebstemperatur verändert. Die Notlaufphasenlage wird mittels der Temperaturabhängigkeit der Geometrie des Thermoelements 42 eingestellt. Das Thermoelement 42 bildet eine Schrägfläche 43 aus, mittels der eine Änderung der Phasenlage in eine axiale Verstellung des Betätigungselements 40 umgesetzt wird. Das Thermoelement 42 ist fest mit dem zweiten Verstellgetriebeelement 13 verbunden. Die Schrägfläche 43 ist auf dem zweiten Verstellgetriebeelement 13 angeordnet.

[0042] Die Schrägfläche 43 bildet eine Verstellrampe 44 aus, deren Höhe entlang einer Verstellung der Phasenlage in Richtung spät abnimmt. Das axial verschiebbar gelagerte Betätigungselement 40 ist entlang seiner Betätigungsrichtung 45 mit dem Thermoelement 42 gekoppelt. Bei einer Verstellung der Phasenlage verdrehen sich die Verstellgetriebeelemente 12, 13 relativ zueinander, wodurch das Betätigungselement 40 auf der mittels des Thermoelements 42 ausgebildeten Schrägfläche 43 verfährt. Das Thermoelement 42 setzt eine Änderung der Phasenlage in eine lineare Bewegung des Betätigungselements 40 um.

[0043] Durch das in Umfangsrichtung gerichtete Verfahren des Betätigungselements 40 auf der Schrägfläche 43 verschiebt das Thermoelement 42 das Betätigungselement 40 in axialer Richtung. Bei einer Verstellung der Phasenlage von früh in Richtung spät bewegt die Schrägfläche 43 das Betätigungselement 40 axial in Richtung des zweiten Verstellgetriebeelements 13. Bei einer Verstellung der Phasenlage von spät in Richtung früh bewegt die Schrägfläche 43 das Betätigungselement 40 axial in Richtung des ersten Verstellgetriebeelements 12.

[0044] Das Thermoelement 42 ist als ein Bimetallelement ausgebildet. Das Bimetallelement ist als ein Bimetallblech ausgeformt, dessen Haupterstreckungsrichtung in Umfangsrichtung gerichtet ist. Das Thermoelement 42 weist bei verschiedenen Betriebstemperaturen unterschiedliche Formen auf. Das Thermoelement 42 verändert eine in Umfangsrichtung gerichtete Steigung der Schrägfläche 43 in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur. Zur Ausbildung der Schrägfläche 43 ist das als Bimetallblech ausgeformte Thermoelement 42 mit einem Ende an dem zweiten Verstellgetriebeelement 13

befestigt. Das Ende, an dem das Thermoelement 42 mit dem zweiten Verstellgetriebeelement 13 verbunden ist, ist in Richtung der Verstellung der Phasenlage nach früh gerichtet. In einem kalten Betriebszustand ist das Thermoelement 42 in Richtung des ersten Verstellgetriebeelements 12 verformt. Die Schrägfläche 43 weist in dem kalten Betriebszustand eine große Steigung auf. Ein Abstand zwischen einem dem befestigten Ende des Thermoelements 42 abgewandten Ende und dem zweiten Verstellgetriebeelement 13 ist in dem kalten Betriebszustand maximal. Der Abstand wird geringer, wenn die Betriebstemperatur höher wird. In einem warmen Betriebszustand bildet das Thermoelement 42 eine flachere Rampe aus. Das Thermoelement 42 verändert einen Verstellbereich des Betätigungselements 40, um den das Betätigungselement 40 bei einer maximalen Verstellung der Phasenlage verschoben wird, in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur. Er wird kleiner, wenn die Betriebstemperatur höher wird. In einem kalten Betriebszustand trennt das Thermoelement 42 die Kontaktflächenbereiche 36, 37, 38, 39 der Magnetelemente 31, 32 der Einstelleinheit 30 abhängig von der Phasenlage teilweise oder vollständig voneinander. Im sehr warmen Betriebszustand sind die Magnetelemente 31, 32 immer vollständig miteinander verbunden.

[0045] Das Thermoelement 42 verschiebt das Betätigungselement 40 im kalten Betriebszustand winkellabhängig axial in Richtung des ersten Verstellgetriebeelements 12. Im warmen Betriebszustand verschiebt das Thermoelement 42 das Betätigungselement 40 nicht axial in Richtung des ersten Verstellgetriebeelements 12. Das Thermoelement 42 gibt dadurch für unterschiedliche Betriebstemperaturen, bei denen die Brennkraftmaschine betrieben werden kann, jeweils einen definierten Notlaufphasenwinkel vor.

[0046] Eine Veränderung der axialen Position des Betätigungselements 40 bewirkt eine Verschiebung der Magnetelemente 31, 32 gegeneinander. Die Schrägfläche 43 der Einstelleinheit 30 setzt somit eine Änderung der Phasenlage in eine Verstellung der Magnetelemente 31, 32 um. Durch die Verstellung der Magnetelemente 31, 32 ändert sich die Größe der Kontaktfläche zwischen den beiden Magnetelementen 31, 32. Mittels der Schrägfläche 43 ist damit ein magnetischer Widerstand einstellbar, den die Flussleiteinheit dem magnetischen Fluss entgegengesetzt. Über die mittels des Thermoelements 42 gegeneinander verstellbaren Magnetelemente 31, 32 ist der magnetische Fluss, der die Koppellemente 23, 24, 25, 26 der Koppereinheit 20 durchsetzt, und damit die Magnetkraft zwischen den Koppellementen 23, 24, 25, 26 mechanisch direkt veränderbar. Durch das Thermoelement 42 ist der mechanisch eingestellte magnetische Widerstand der Magnetflussleiteinheit 34 temperaturabhängig.

[0047] Ist die Phasenlage in Richtung spät verstellt, ist die Kontaktfläche zwischen den beiden Magnetelementen 31, 32 groß. Der magnetische Widerstand, der dem von dem Permanentmagneten 33 bereitgestellten mag-

netischen Fluss entgegensteht, ist somit klein. Damit ist der magnetische Fluss, der die Koppel­elemente 23, 24, 25, 26 der Koppel­einheit 20 durchsetzt, groß, wodurch die von der Koppel­einheit 20 bereit­gestellte Bremskraft ebenfalls groß wird. Die Einstell­einheit 30 stellt damit eine Bremskraft ein, durch die die Phasenlage in Richtung früh verstellt wird (vgl. Figur 1).

[0048] Ist die Phasenlage in Richtung früh verstellt, ist die Kontaktfläche zwischen den beiden Magnetelementen 31, 32 klein. Der magnetische Widerstand, der dem von dem Permanentmagneten 33 bereit­gestellten magnetischen Fluss entgegensteht, ist somit groß. Damit ist der magnetische Fluss, der die Koppel­elemente 23, 24, 25, 26 der Koppel­einheit 20 durchsetzt, klein, wodurch die von der Koppel­einheit 20 bereit­gestellte Bremskraft ebenfalls klein wird. Die Einstell­einheit 30 stellt damit eine Bremskraft ein, durch die die Phasenlage in Richtung spät verstellt wird (vgl. Figur 3).

[0049] Da die beiden Koppel­elemente 23, 25 und die beiden Koppel­elemente 24, 26 der Koppel­einheit 20 lediglich gemeinsam betätigbar sind, bilden die vier Koppel­elemente 23, 24, 25, 26 die eine Koppel­einheit 20 aus. Die Einstell­einheit 30 kann mittels der Magnetelemente 31, 32 die Reibkraft der Koppel­einheit 20 verändern. Die Einstell­einheit 30 stellt die Notlaufphasenlage ein, indem sie die Bremskraft der Koppel­einheit 20 der Phasenver­stelleinheit 18 verändert. Die Koppel­einheit 20 ist für die Phasenver­stelleinheit 18 und die Einstell­einheit 30 vorgesehen. Die Stell­vorrichtung weist lediglich die eine Koppel­einheit 20 auf.

[0050] In einem Betriebszustand, in dem für das dritte Verstell­getriebe­element 14 eine Drehzahl eingestellt ist, die gleich groß ist wie eine Drehzahl des ersten Verstell­getriebe­elements 12, wird eine aktuell eingestellte Phasenlage zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle 10 konstant gehalten. In einem Betriebszustand, in dem die Drehzahl des dritten Verstell­getriebe­elements 14 größer ist als die Drehzahl des ersten Verstell­getriebe­elements 12, wird die Phasenlage der Nockenwelle 10 in Richtung spät verstellt. In einem Betriebszustand, in dem die Drehzahl des dritten Verstell­getriebe­elements 14 kleiner ist als die Drehzahl des ersten Verstell­getriebe­elements 12, wird die Phasenlage der Nockenwelle 10 in Richtung früh verstellt.

[0051] Zur Verstellung der Phasenlage in Richtung spät wird die Koppel­einheit 20 geöffnet. Die Nockenwelle 10 weist während einem Betrieb ein, beispielsweise durch Lagerstellen der Nockenwelle 10 bedingtes, Schleppmoment auf, mittels dem die Nockenwelle 10 in Richtung spät verstellt wird. Ist die Koppel­einheit 20 geöffnet, wird die Drehzahl des dritten Verstell­getriebe­elements 14 durch das Schleppmoment der Nockenwelle 10 größer werden als die Drehzahl des ersten Verstell­getriebe­elements 12. Die Nockenwelle 10 wird damit in Richtung spät verstellt.

[0052] Zur Beibehaltung der aktuellen Phasenlage stellt die Phasenver­stelleinheit 18 mittels der Magnetak­tuatorik 27 eine Magnetfeldstärke ein, dessen Magnet­

kraft genau eine erforderliche Bremskraft in der Koppel­einheit 20 bewirkt. Die Bremskraft wird dabei auf einen Wert eingeregelt, bei dem die Drehzahl des dritten Verstell­getriebe­elements 14 gleich groß ist wie die Drehzahl des ersten Verstell­getriebe­elements 12 (vgl. Figur 2).

[0053] Zur Verstellung der Phasenlage in Richtung früh wird die Koppel­einheit 20 geschlossen. Die Drehzahl des dritten Verstell­getriebe­elements 14 wird kleiner als die Drehzahl des ersten Verstell­getriebe­elements 12. Damit wird die Drehzahl des zweiten Verstell­getriebe­elements 13 größer als die Drehzahl des ersten Verstell­getriebe­elements 12, wodurch die Nockenwelle 10 in Richtung früh verstellt wird.

[0054] In dem Fail-Safe-Betriebsmodus regelt die Einstell­einheit 30 die Phasenlage der Nockenwelle 10 mechanisch auf die Notlaufphasenlage ein. Zur Einstellung der Notlaufphasenlage verändert die Einstell­einheit 30 die Bremskraft der Koppel­einheit 20 der Phasenver­stelleinheit 18. Durch das Thermoelement 42 entspricht die Notlaufphasenlage stets einer der Betriebstemperatur angepassten Grundphasenlage. Die Einstell­einheit 30 regelt in dem Fail-Safe-Betriebsmodus die Phasenlage selbstständig mechanisch auf die Notlaufphasenlage ein. In dem Fail-Safe-Betriebsmodus ist die Magnetak­tuatorik 27 der Phasenver­stelleinheit 18 unbestromt. Die Grundphasenlage wird über die Einstell­einheit 30 eingestellt, die mittels der Magnetelemente 31, 32 einen zur Einstellung der entsprechenden Bremskraft notwendigen magnetischen Fluss einstellt.

[0055] Die Einstell­einheit 30 regelt die Phasenlage mittels der Magnetelemente 31, 32. Ist die Phasenlage ausgehend von der Grundphasenlage in Richtung früh verstellt, bewirken die Magnetelemente 31, 32 eine Verringerung des magnetischen Flusses durch die Koppel­elemente 23, 24, 25, 26, wodurch die Bremskraft der Koppel­einheit 20 reduziert wird. Die Einstell­einheit 30 verstellt die Phasenlage mechanisch in Richtung spät. Ist die Phasenlage ausgehend von der Grundphasenlage in Richtung spät verstellt, bewirken die Magnetelemente 31, 32 eine Erhöhung des magnetischen Flusses durch die Koppel­elemente 23, 24, 25, 26, wodurch die Bremskraft der Koppel­einheit 20 vergrößert wird. Die Einstell­einheit 30 verstellt die Phasenlage mechanisch in Richtung früh. Die Einstell­einheit 30 regelt die Phasenlage dabei selbstständig, d.h. unabhängig von einer externen Steuerung oder Regelung, beständig auf die Notlaufphasenlage ein.

[0056] In dem Normal-Betriebsmodus, bei mittleren Temperaturen, regelt die Einstell­einheit 30 die Phasenlage der Nockenwelle 10 mechanisch zunächst auf die Grundphasenlage ein. Die Grundphasenlage entspricht der Notlaufphasenlage, die eingestellt wird, wenn für die Magnetak­tuatorik 27 ein Magnetfeld von Null eingestellt ist. Die Phasenver­stelleinheit 18 verstellt die Phasenlage mittels der Magnetak­tuatorik 27 ausgehend von der mittels der Einstell­einheit 30 eingestellten Grundphasenlage. Um ausgehend von der Grundphasenlage die Phasenlage in Richtung früh oder in Richtung spät zu ver­

stellen, wird für die Magnetaktuatorik 27 der Phasenverstelleinheit 18 ein Magnetfeld ungleich Null eingestellt. Um die Phasenlage ausgehend von der Notlaufphasenlage in Richtung früh zu verstellen, wird mittels der Magnetaktuatorik 27 ein Magnetfeld eingestellt, das das Magnetfeld des Permanentmagneten 33 verstärkt. Um die Phasenlage ausgehend von der Notlaufphasenlage in Richtung spät zu verstellen, wird mittels der Magnetaktuatorik 27 ein Magnetfeld eingestellt, das das Magnetfeld des Permanentmagneten 33 abschwächt.

[0057] In dem Normal-Betriebsmodus ist die Koppel­einheit 20, die in dem Fail-Safe-Betriebsmodus zur Einstellung der Notlaufphasenlage vorgesehen ist, zur Einstellung eines Verstellwinkels vorgesehen. Zur Einstellung des Verstellwinkels verändert die Magnetaktuatorik 27 der Phasenverstelleinheit 18 die Bremskraft der Kopp­eleinheit 20, indem sie den die Koppel­elemente 23, 24, 25, 26 durchsetzenden magnetischen Fluss verändert. Die Verstellmechanik 35, die in dem Fail-Safe-Betriebs­modus die beiden Magnetelemente 31, 32 gegeneinander verschiebt, versucht in dem Normal-Betriebsmodus die Phasenlagen durch Verschiebung der beiden Magnetelemente 31, 32 gegeneinander auf einen konstanten Wert einzuregulieren. Eine aktuelle Phasenlage wird in dem Normal-Betriebsmodus unabhängig von einer Steuerung oder Regelung der Verstellmechanik von der Magnetaktuatorik 27 eingestellt.

[0058] In einem Betriebszustand, in dem die Notlaufphasenlage eingestellt ist und die Magnetaktuatorik 27 das Magnetfeld verstärkt, erhöht sich zunächst der magnetische Fluss, der die Koppel­elemente 23, 24, 25, 26 der Kopp­eleinheit 20 durchsetzt. Der erhöhte magnetische Fluss bewirkt eine Verstärkung der Bremskraft der Kopp­eleinheit 20, wodurch die Phasenlage in Richtung früh verstellt wird. Die Verstellung der Phasenlage in Richtung früh bewirkt, dass die Verstellmechanik 35 die Kontaktfläche zwischen den beiden Magnetelementen 31, 32 verkleinert. Durch die Verkleinerung der Kontaktfläche erhöht sich der magnetische Widerstand, der dem magnetischen Fluss entgegensteht, und die von der Kopp­eleinheit 20 bereitgestellte Bremskraft wird wieder reduziert. Sobald die Bremskraft durch die Verstellung der Phasenlage wieder auf einen Wert reduziert ist, bei dem die Phasenlage konstant gehalten wird, ist die Phasenlage in Bezug auf die Notlaufphasenlage in Richtung früh verstellt.

[0059] Eine Verstellung der Phasenlage in Richtung spät erfolgt analog. In einem Betriebszustand, in dem die Notlaufphasenlage eingestellt ist und die Magnetaktuatorik 27 das Magnetfeld verringert, verringert sich zunächst der magnetische Fluss, der die Koppel­elemente 23, 24, 25, 26 der Kopp­eleinheit 20 durchsetzt. Der verringerte magnetische Fluss bewirkt eine Verringerung der Bremskraft der Kopp­eleinheit 20, wodurch die Phasenlage in Richtung spät verstellt wird. Die Verstellung der Phasenlage in Richtung spät bewirkt, dass die Verstellmechanik 35 die Kontaktfläche zwischen den beiden Magnetelementen 31, 32 vergrößert. Durch die Vergrößerung

der Kontaktfläche verringert sich der magnetische Widerstand, der dem magnetischen Fluss entgegensteht, und die von der Kopp­eleinheit 20 bereitgestellte Bremskraft wird wieder erhöht. Sobald die Bremskraft durch die Verstellung der Phasenlage wieder auf einen Wert erhöht ist, bei dem die Phasenlage konstant gehalten wird, ist die Phasenlage in Bezug auf die Notlaufphasenlage in Richtung spät verstellt.

[0060] Unabhängig von einer Verstellrichtung der Phasenlage hängt der Verstellwinkel, um die die Phasenlage mittels der Magnetaktuatorik 27 aus der von der Einstell­einheit 30 eingestellten Grundphasenlage ausgelenkt wird, direkt von dem von der Magnetaktuatorik 27 erzeugten Magnetfeld ab. Das von der Magnetaktuatorik 27 erzeugte Magnetfeld definiert dabei lediglich den Verstellwinkel, d.h. die Auslenkung aus der Grundphasenlage. Die Verstellmechanik 35 der Einstell­einheit 30 regelt somit temperaturabhängig die Grundphasenlage mechanisch auf den mittels der Phasenverstelleinheit 18 einstellbaren Verstellwinkel ein..

[0061] Das Thermoelement 42 der Verstellmechanik 35, das die Notlaufphasenlage und damit die Grundphasenlage temperaturabhängig verstellt, verschiebt in kaltem Betriebszustand die Grundphasenlage in Richtung früh. In dem warmen Betriebszustand ist die Grundphasenlage in Richtung spät verschoben.

[0062] Die Stellvorrichtung umfasst zwei nicht näher dargestellte Anschläge, mittels denen der gesamte Winkelbereich, über den die Phasenlage verstellbar ist, begrenzt ist. Die Phasenlage ist über einen Bereich von null Grad bis 140 Grad einstellbar. Null Grad entspricht dabei einer maximalen Verstellung der Phasenlage in Richtung spät. 140 Grad entspricht einer maximalen Verstellung der Phasenlage in Richtung früh.

[0063] Im warmen Betriebszustand stellt die Verstellmechanik 35 für die Kontaktfläche der Magnetelemente 31, 32 im Mittel einen größeren Wert ein als im kalten Betriebszustand. Eine mittels der Magnetaktuatorik 27 bewirkte Änderung des Magnetfelds bewirkt damit im warmen Betriebszustand eine stärkere Änderung des Verstellwinkels als im kalten Betriebszustand.

Patentansprüche

1. Nockenwellenverstellvorrichtung für eine Brennkraftmaschine, mit einer Phasenverstelleinheit (18), die zur Verstellung einer Phasenlage in einem Normal-Betriebsmodus eine Kopp­eleinheit (20) aufweist, die dazu vorgesehen ist, ein Verstellgetriebe­element (14) mit einer Bremskraft zu beaufschlagen, und mit einer Einstell­einheit (30), die dazu vorgesehen ist, in einem Fail-Safe-Betriebsmodus eine definierte Notlaufphasenlage einzustellen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einstell­einheit (30) zumindest in dem Fail-Safe-Betriebsmodus dazu vorgesehen ist, die Bremskraft der Kopp­eleinheit (20) der Phasenverstelleinheit

(18) abhängig von der Phasenlage beständig zu verändern.

2. Stellvorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Koppeleinheit (20) in einem Fail-Safe-Betriebsmodus zur Einstellung der Notlaufphasenlage und in einem Normal-Betriebsmodus zur Einstellung eines Verstellwinkels vorgesehen ist. 5
3. Stellvorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Phasenverstelleinheit (18) eine Magnetaktuators (27) aufweist, die zur Einstellung des Verstellwinkels dazu vorgesehen ist, die Bremskraft der Koppeleinheit (20) magnetisch einzustellen. 10 15
4. Stellvorrichtung zumindest nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Einstelleinheit (30) eine Verstellmechanik (35) aufweist, die dazu vorgesehen ist, die Phasenlage mechanisch auf die Notlaufphasenlage und/oder den Verstellwinkel einzuregeln. 20
5. Stellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Einstelleinheit (30) wenigstens einen Permanentmagneten (33) aufweist, der ein zur Betätigung der Koppeleinheit (20) vorgesehenes Magnetfeld erzeugt. 25 30
6. Stellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Einstelleinheit (30) zumindest zwei gegeneinander verstellbare Magnetelemente (31, 32) aufweist, die dazu vorgesehen sind, eine Magnetkraft zur Einstellung der Bremskraft mechanisch zu verändern. 35 40
7. Stellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Koppeleinheit (20) einen ortsfesten Stator (21) und wenigstens ein erstes axial verschiebbar an den Stator (21) angebundenes Koppelement (23, 24) aufweist. 45
8. Stellvorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Koppeleinheit (20) wenigstens ein weiteres an den Stator (21) angebundenes Koppelement (24) aufweist, das räumlich beabstandet zu dem ersten Koppelement (23) angeordnet ist. 50
9. Stellvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
das wenigstens eine Koppelement (23, 24) axial 55

verschiebbar mit dem Stator (21) verbunden ist.

10. Stellvorrichtung zumindest nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
das wenigstens eine Koppelement (23, 24) aus einem magnetisierbaren Material gefertigt ist.
11. Stellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Koppeleinheit (20) einen axial fest angeordneten Rotor (22) aufweist, der in zumindest einem Teilstück aus einem magnetisierbaren Material gefertigt ist.

Claims

1. Camshaft adjusting device for an internal combustion engine, having a phase adjustment unit (18) which has a coupling unit (20) for adjusting a phase position in a normal operating mode which is adapted to apply a braking force to an adjustment gear element (14), and also having a setting unit (30) which is adapted to set a defined emergency phase position in a failsafe operating mode,
characterised in that
the setting unit (30) is adapted, at least in the failsafe operating mode, to steadily change the braking force of the coupling unit (20) of the phase adjustment unit (18) in dependence upon the phase position.
2. Adjusting device according to claim 1,
characterised in that
the coupling unit (20) is adapted to set the emergency phase position in a failsafe operating mode and to set an angle adjustment in a normal operating mode.
3. Adjusting device according to claim 2,
characterised in that
the phase adjustment unit (18) has a magnetic actuator system (27) which is adapted, for the purpose of setting the angle adjustment, to set the braking force of the coupling unit (20) magnetically.
4. Adjusting device at least according to claim 2,
characterised in that
the setting unit (30) has an adjusting mechanism (35) which is adapted to mechanically regulate the phase position with respect to the emergency phase position and / or the angle adjustment.
5. Adjusting device according to one of the preceding claims, **characterised in that**
the setting unit (30) has at least one permanent magnet (33) which generates a magnetic field provided to actuate the coupling unit (20).

6. Adjusting device according to one of the preceding claims,
characterised in that
the setting unit (30) has at least two magnet elements (31, 32) adjustable relative to each other which are adapted to mechanically change a magnetic force to set the braking force. 5
7. Adjusting device according to one of the preceding claims,
characterised in that
the coupling unit (20) has a fixed-location stator (21) and at least a first coupling element (23, 24) which is axially displaceably attached to the stator (21). 10
8. Adjusting device according to claim 7,
characterised in that
the coupling unit (20) has at least one further coupling element (24) attached to the stator (21), said coupling element (24) being arranged spaced apart from the first coupling element (23). 20
9. Adjusting device according to claim 7 or 8,
characterised in that
the at least one coupling element (23, 24) is connected in an axially displaceable manner to the stator (21). 25
10. Adjusting device at least according to claim 7,
characterised in that
the at least one coupling element (23, 34) is produced from a magnetisable material. 30
11. Adjusting device according to one of the preceding claims,
characterised in that
the coupling unit (20) has an axially fixedly arranged rotor (22) which is produced in at least one sub-element from a magnetisable material. 35 40

Revendications

1. Dispositif de réglage d'arbre à cames pour un moteur à combustion interne, comportant une unité de réglage de phase (18), qui présente pour le réglage d'une position de phase dans un mode de service normal une unité de couplage (20), qui est prévue pour soumettre un élément de mécanisme de réglage (14) à une force de freinage, et comportant une unité de réglage (30), qui est prévue pour régler une position de phase définie d'urgence dans au moins un mode de service à sûreté intégrée, **caractérisé en ce que** l'unité de réglage (30) soit prévue au moins dans le mode de service à sûreté intégrée pour modifier la force de freinage de l'unité de couplage (20) de l'unité de réglage de phase (18) en fonction de la position de phase. 45 50

2. Dispositif de réglage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'unité de couplage (20) dans un mode de service à sûreté intégrée est prévue pour le réglage de la position de phase d'urgence et dans un mode de service normal pour le réglage d'un angle de réglage.
3. Dispositif de réglage selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'unité de réglage de phase (18) présente un actionneur magnétique (27) qui est prévu pour le réglage de l'angle de réglage pour régler magnétiquement la force de freinage de l'unité de couplage (20).
4. Dispositif de réglage au moins selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'unité de réglage (30) présente un mécanisme de réglage (35) qui est prévu pour régler mécaniquement la position de phase sur la position de phase d'urgence et/ou l'angle de réglage. 15 20
5. Dispositif de réglage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de réglage (30) présente au moins un aimant permanent (33) qui génère un champ magnétique prévu pour l'actionnement de l'unité de couplage (20).
6. Dispositif de réglage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de réglage (30) présente au moins deux éléments magnétiques (31, 32) réglables l'un par rapport l'autre, qui sont prévus pour modifier mécaniquement une force magnétique destinée au réglage de la force de freinage.
7. Dispositif de réglage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de couplage (20) présente un stator (21) fixe et au moins un premier élément de couplage (23, 24) pouvant se déplacer relié axialement au stator (21). 35 40
8. Dispositif de réglage selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'unité de couplage (20) présente au moins un autre élément de couplage (24) relié au stator (21) qui est disposé à une certaine distance du premier élément de couplage (23).
9. Dispositif de réglage selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** l'au moins un élément de couplage (23, 24) pouvant se déplacer axialement est relié au stator (21).
10. Dispositif de réglage au moins selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'au moins un élément de couplage (23, 24) est fabriqué dans un matériau magnétisable. 55

11. Dispositif de réglage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de couplage (20) présente un rotor (22) disposé axialement à demeure qui est fabriqué au moins en partie dans un matériau magnétisable. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

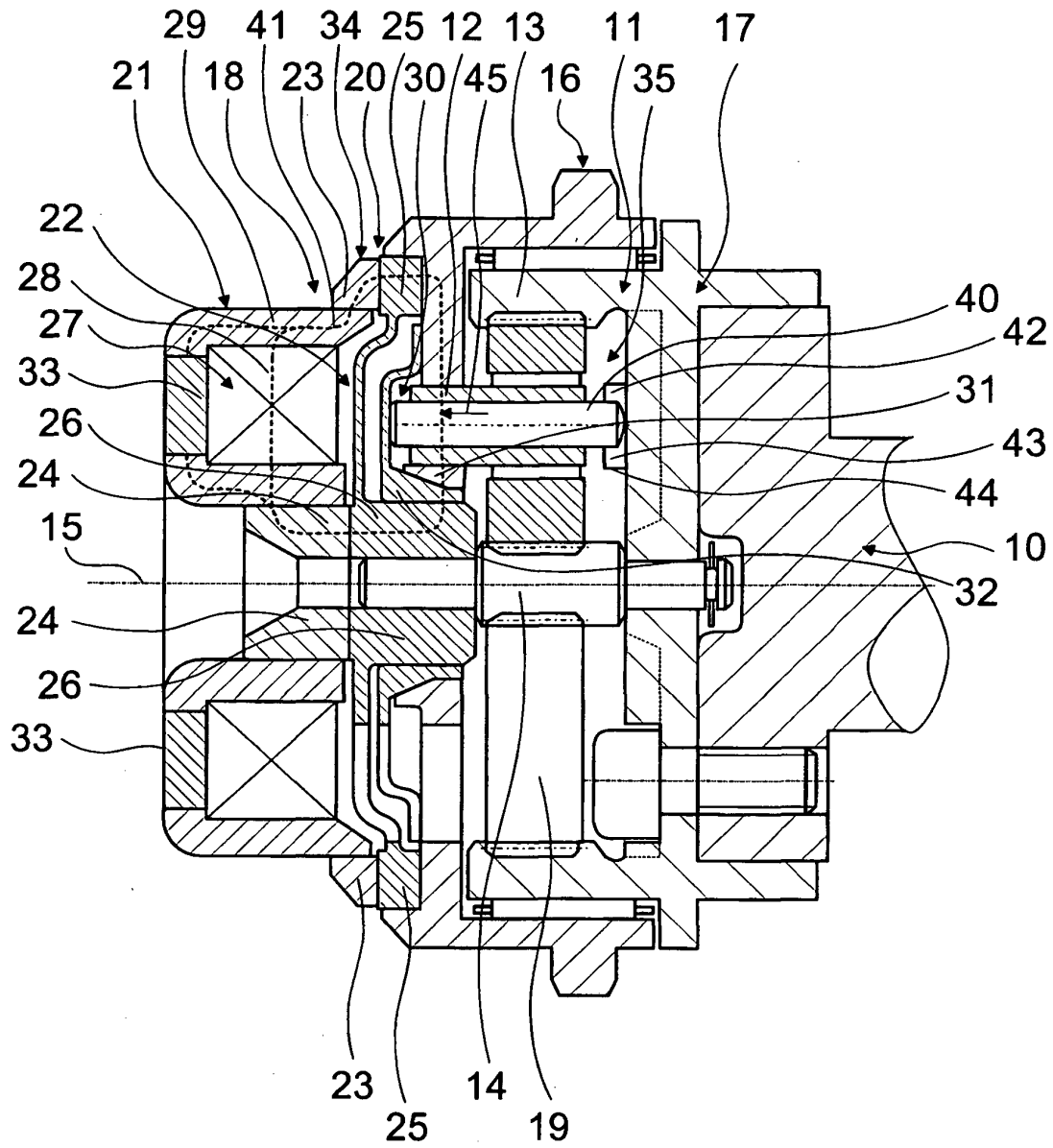


Fig. 1

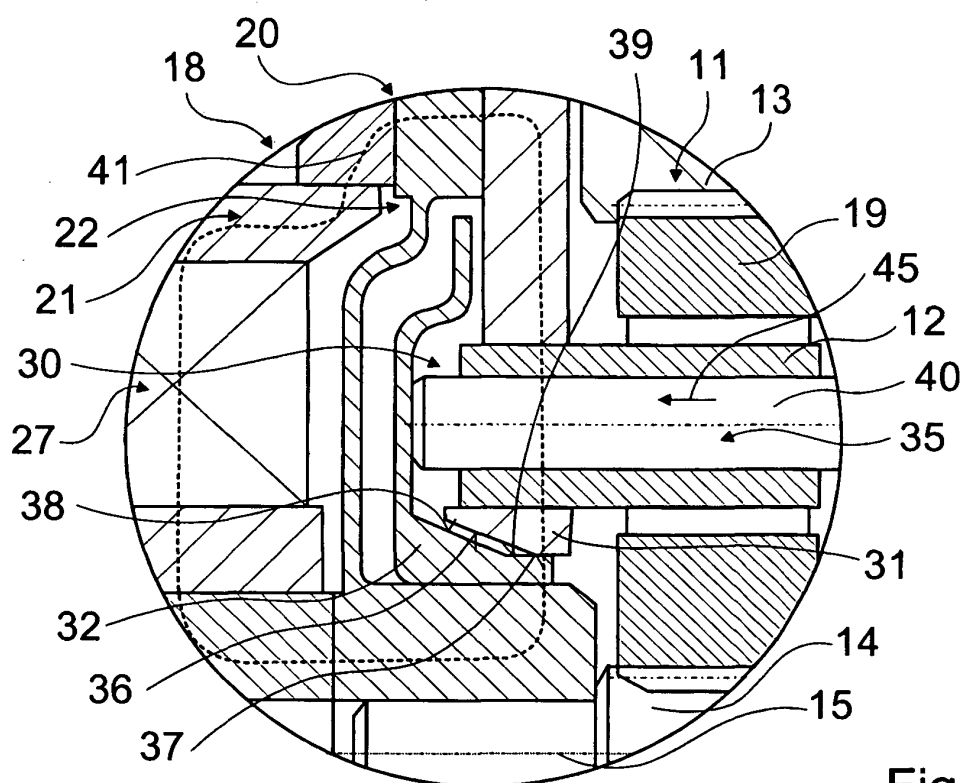


Fig. 2

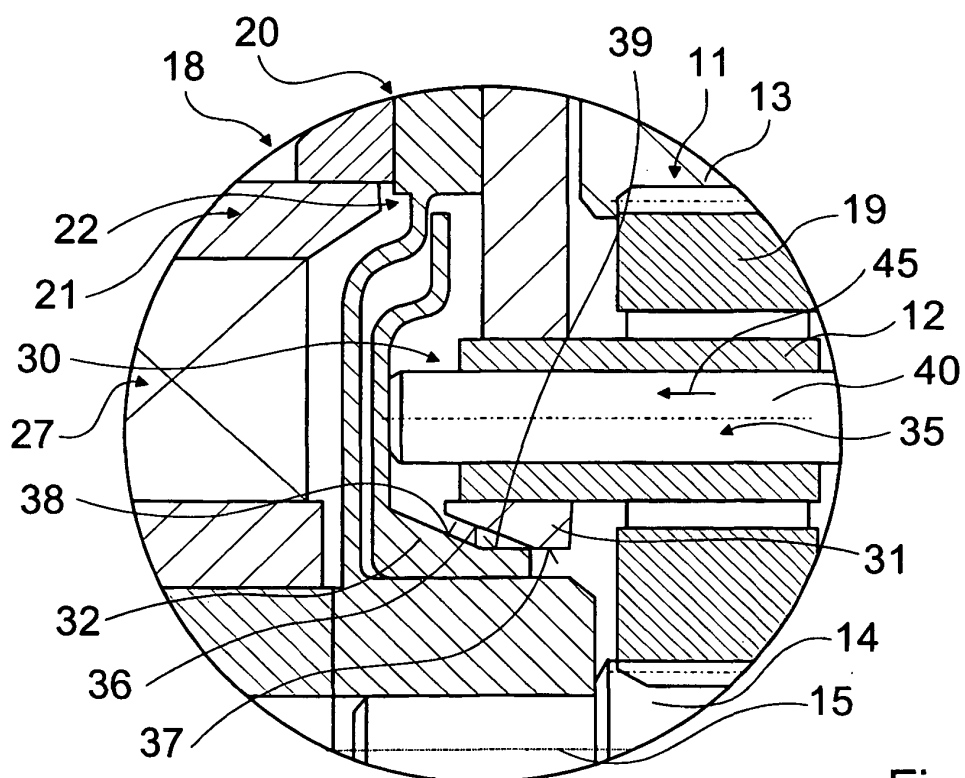


Fig. 3

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

- DE 102005037158 A1 [0002]