

(19)



(11)

EP 2 306 472 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.04.2011 Patentblatt 2011/14

(51) Int Cl.:
H01F 7/08 (2006.01) **H01F 7/16 (2006.01)**
H01F 7/122 (2006.01) **F01L 1/344 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **10176122.9**

(22) Anmeldetag: **10.09.2010**

(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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(71) Anmelder: **Pierburg GmbH**
41460 Neuss (DE)

(72) Erfinder: **Zurke, Janusz**
47638, Straelen (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte ter Smitten**
Burgunder Strasse 29
40549 Düsseldorf (DE)

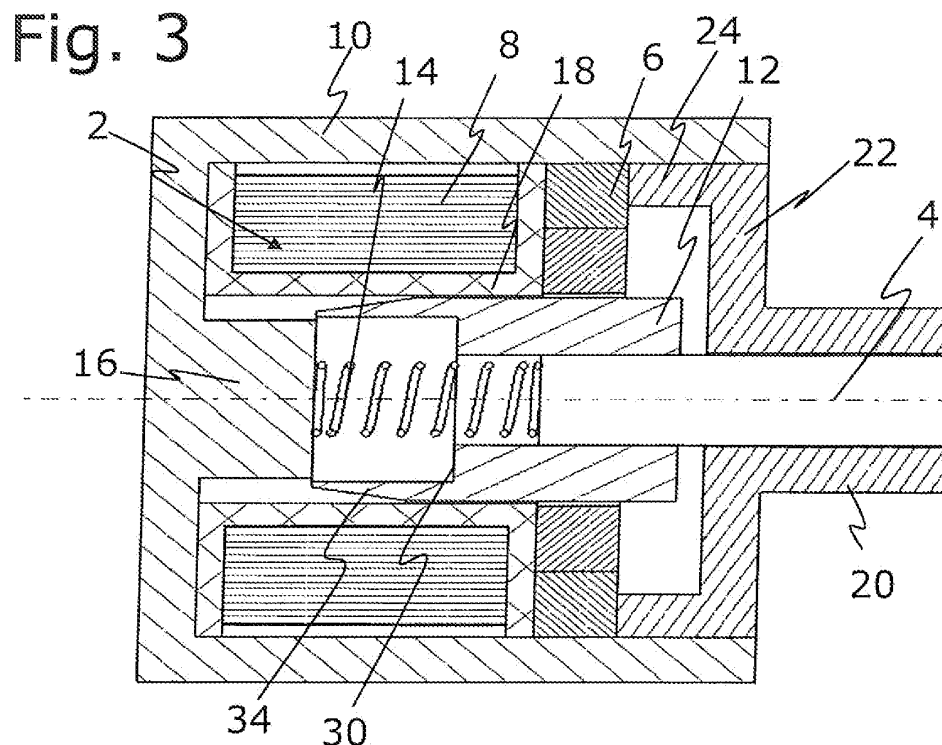
(30) Priorität: **01.10.2009 DE 102009043722**

(54) Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine

(57) Bekannte elektromagnetische Aktuatoren mit Permanentmagneten weisen zumeist nur in einer Endstellung eine Haltekraft durch den Permanentmagneten auf. Erfindungsgemäß wird nun ein Aktuator vorgeschlagen, bei dem der Permanentmagnet (6) ortsfest innerhalb des Elektromagneten (2) angeordnet ist und das Rückschlussblech (22) beabstandet vom Permanentmagneten (6) ortsfest angeordnet ist, so dass in einer ersten Endstellung des Ankers (12) ein erster permanentma-

gnetischer Kreis über den Permanentmagneten (6), das Joch (10), das Rückschlussblech (22) und den Anker (12) geschlossen ist und in einer zweiten Endstellung ein zweiter permanentmagnetischer Kreis über den Permanentmagneten (6), das Joch (10), den Kern (16) und den Anker (12) geschlossen ist.

Ein derartiger Aktuator weist geringe mechanische Belastungen und somit eine hohe Lebensdauer auf, wobei dessen Stellelement in beiden Endpositionen ohne Stromverbrauch gehalten wird.

**EP 2 306 472 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Elektromagneten, der eine Spule, einen feststehenden Kern, einen beweglichen Anker, ein Joch und ein Rückschlussblech aufweist, einem Stellelement, welches über den Elektromagneten betätigbar ist und mit dem Anker wirkverbunden ist und zumindest einem Permanentmagneten, der den Anker in einer seiner Endstellungen im unbestromten Zustand des Elektromagneten hält.

[0002] Derartige Aktuatoren werden beispielsweise zur Verstellung von Schiebenockenkonturen, an denen unterschiedliche Hubprofile ausgebildet sind und die verschiebbar auf einer Nockenwelle angeordnet sind, verwendet. Dabei greift das Stellelement, in eine Nut des Schiebenockens. Nach der hieraus folgenden axialen Verstellung wird das Stellelement normalerweise passiv über eine Hebekontur der Nut in seine Ausgangsstellung zurückgeführt.

[0003] Ein derartiger Aktuator ist beispielsweise aus der WO 03/021612 A1 bekannt. Das Stellelement des hierin beschriebenen elektromagnetischen Aktuators wird durch einen Stößel gebildet, der in die Nut des Schiebenockens eingreifen kann. Die Stellvorrichtung weist einen Permanentmagneten auf, der mit dem Stößel fest verbunden ist und über dessen magnetische Kraft der Stößel in seiner eingefahrenen Stellung gehalten wird. Durch Ansteuern des Elektromagneten wird das Feld des Permanentmagneten so weit geschwächt, dass die Haltekraft geringer ist als eine Kraft die in Ausfahrriichtung des Stößels über ein Federelement auf den Stößel ausgeübt wird, so dass der Stößel in die Nut bewegt wird.

[0004] Durch eine Hebekontur wird der Stößel zurück in seine Ausgangsstellung bewegt.

[0005] Neben diesen Aktuatoren mit einem Elektromagneten und einem damit kommunizierenden Stellelement ist es beispielsweise aus der DE 10 2007 028 600 A1 auch bekannt, mehrere Elektromagneten und mehrere Stellelemente in einem gemeinsamen Gehäuse anzuordnen.

[0006] Bei den genannten Aktuatoren besteht jedoch das Problem, dass der Permanentmagnet Stößen und somit mechanischen Kräften ausgesetzt ist, die zu einer Entmagnetisierung und somit zum Verlust der Haltekraft führen können. Des Weiteren muss eine relativ große Masse bei der Betätigung beschleunigt werden. Die Federkraft muss zusätzlich relativ hoch gewählt werden, um eine Rückstellung des Stößels beispielsweise durch Erschütterungen im ausgefahrenen Zustand des Stellelementes zu verhindern.

[0007] Es stellt sich daher die Aufgabe, einen elektromagnetischen Aktuator zu schaffen, der in beiden Endstellungen eine ausreichende Haltekraft des Stellelementes sicherstellt. Zusätzlich soll eine mechanische Belastung des Permanentmagneten möglichst vermieden werden. Eine lange Lebensdauer des Aktuators bei möglichst geringem Stromverbrauch soll erreicht werden.

den.

[0008] Diese Aufgabe wird durch den kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs gelöst. Dadurch, dass der Permanentmagnet ortsfest innerhalb des Elektromagneten angeordnet ist und das Rückschlussblech beabstandet vom Permanentmagneten ortsfest angeordnet ist, so dass in einer ersten Endstellung des Ankers ein erster permanentmagnetischer Kreis über den Permanentmagneten, das Joch, das Rückschlussblech und den Anker geschlossen ist und in einer zweiten Endstellung ein zweiter permanentmagnetischer Kreis über den Permanentmagneten, das Joch, den Kern und den Anker geschlossen ist, wird in beiden Endstellungen durch den Permanentmagneten eine Haltekraft auf das Stellelement ausgeübt. Eine Aktivierung des Elektromagneten ist somit lediglich zum Ausfahren des Stellelementes notwendig, wenn eine mechanische Rückführung über eine Hebekontur verwendet wird. Durch die feste Anordnung des Magneten ohne mechanische Belastung wird dessen Funktionalität über einen langen Zeitraum sichergestellt. Die zu bewegend Masse ist sehr klein, so dass keine hohen Stellkräfte aufgebracht werden müssen. Eine unerwünschte Rückstellung des Stellelementes aufgrund auftretender Vibrationen wird durch die Bistabilität des Aktuators weitestgehend ausgeschlossen.

[0009] Vorzugsweise ist der zumindest eine Permanentmagnet axial zwischen der Spule und dem Rückschlussblech angeordnet. So entstehen die zwei getrennten, axial übereinander liegenden permanentmagnetischen Kreise, welche in den Endstellungen des Stellelementes zum Halten des Stellelementes ohne Bestromen des Elektromagneten führen.

[0010] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Stellelement an einer Innenwand des hohlzylindrisch ausgeführten Ankers befestigt, dessen erste axiale Endfläche in der ersten Endstellung gegen das Rückschlussblech und dessen entgegengesetzte axiale Endfläche in der zweiten Endstellung gegen den Kern anliegt. Somit wird keine zusätzliche magnetisierbare Platte benötigt, um das Stellelement haftmagnetisch zu fixieren. Des Weiteren werden die Herstellung und der Zusammenbau vereinfacht. Das Stellelement kann aus einem nicht magnetisierbaren Material hergestellt werden.

[0011] In einer weiterführenden Ausführung ragt ein Federelement in den hohlzylindrischen Anker, welches mit seinem ersten axialen Ende gegen das Stellelement und mit seinem zweiten axialen Ende gegen den Kern anliegt. Somit muss zur Verstellung des Stellelementes aus seiner eingefahrenen Position lediglich die Haftkraft des Permanentmagneten überwunden werden, während die weitere Bewegung aufgrund des Freisetzens der in der Feder gespeicherten Energie erfolgt. Entsprechend muss nach dem Lösen des Permanentmagneten keine weitere Bestromung der Spule zur Verstellung erfolgen. Entsprechend kann Strom eingespart werden.

[0012] In einer bevorzugten Ausführung ist das Rückschlussblech einstückig mit einem Führungsgehäuseteil

des Stellelementes ausgebildet. Dies vereinfacht die Herstellung und den Zusammenbau des Aktuators.

[0013] Vorzugsweise ist der zumindest eine Permanentmagnet ein radial magnetisierter Ringmagnet. Ein derartiger Magnet ist einfach im Aufbau des Aktuators zu integrieren. Die resultierenden Feldlinienverläufe des Magneten sind einfach durch die Spule zu schwächen, um eine Bewegung zu erzielen. Des Weiteren dringt durch die Symmetrie des Magnetfeldes nur ein schwaches magnetisches Feld nach außen, so dass die elektromagnetische Verträglichkeit verbessert wird.

[0014] Alternativ sind zwei Permanentmagneten einander gegenüberliegend angeordnet, wobei die Mittelachse des Elektromagneten eine Symmetrieachse der Permanentmagneten bildet. Bei dieser Anordnung bleibt der Vorteil der verbesserten elektromagnetischen Verträglichkeit erhalten. Gleichzeitig können jedoch kostengünstig herstellbare Permanentmagnete verwendet werden.

[0015] In einer weiteren Alternative sind vier Permanentmagneten um 90° versetzt zueinander angeordnet, wobei die Mittelachse des Elektromagneten eine Symmetrieachse der Permanentmagneten bildet. Wiederum liegt eine gute permanentmagnetische Verträglichkeit bei nunmehr jedoch erhöhten magnetischen Haltekräften vor.

[0016] Vorzugsweise sind die Permanentmagneten quaderförmig oder ringsegmentförmig ausgebildet. Dies erleichtert den Einbau in den elektromagnetischen Aktuator.

[0017] In einer weiterführenden Ausführung weist das Joch eine zur Anzahl der Permanentmagnete korrespondierende Anzahl an Schenkeln auf, die gegen die Permanentmagnete anliegen, wodurch der permanentmagnetische Kreis geschlossen ist und seine Symmetrie erhalten bleibt.

[0018] Um eine ausreichende permanentmagnetische Kraft auf den Anker ausüben zu können, wenn dieser sich in einer Stellung kurz vor dem eingefahrenen Zustand befindet, erweitert sich die Innenwand des Ankers kegelförmig in Richtung zum Kern, der eine in Richtung zum Anker weisende korrespondierende Kegelförmigkeit aufweist. Dies erhöht im Vergleich zu einer flachen Ausführung des Ankers und des Kerns in diesem Bewegungsbereich erheblich die auf den Anker wirkende Kraft.

[0019] In einer alternativen Ausführung erstreckt der Kern sich zylinderförmig in Richtung zum Anker, der einen korrespondierenden Freiraum im Innern aufweist, der nach radial außen durch eine Wand begrenzt wird, deren Außenseite sich in Richtung zum Kern kegelförmig verengt. Die auf den Anker wirkende permanentmagnetische Kraft ist bei dieser Ausführung im Bereich kurz vor der eingefahrenen Endstellung, also im Abstand von ca. 1 mm besonders groß. Dies ist bei der Anwendung eines derartigen Aktuators als Schiebenockensteller erforderlich, da der rückführende Hebenocken mit entsprechender Toleranz zum Aktuator angeordnet

werden können muss.

[0020] Es wird somit ein Aktuator geschaffen, der eine hohe Lebensdauer durch geringe Belastung des Permanentmagneten, eine kompakte Bauweise durch geringe beschleunigte Massen und eine gute elektromagnetische Verträglichkeit aufgrund der Anordnung der Permanentmagneten aufweist. Der Aktuator ist kostengünstig herstellbar und weist einen geringen Stromverbrauch auf. Dennoch ist eine hohe Sicherheit ohne Fehlfunktionen gewährleistet.

[0021] Drei Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Aktuatoren sind in den Figuren dargestellt und werden nachfolgend beschrieben.

Figur 1 zeigt eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Aktuators in geschnittener Darstellung.

Figur 2 zeigt eine Seitenansicht einer alternativen Ausführung eines erfindungsgemäßen Aktuators in geschnittener Darstellung.

Figur 3 zeigt eine Seitenansicht einer zweiten alternativen Ausführung eines erfindungsgemäßen Aktuators in geschnittener Darstellung.

Figur 4 a) bis d) zeigt als Kopfansicht schematisch verschiedene Anordnungen von Permanentmagneten im Aktuator.

[0022] Der in Figur 1 dargestellte erfindungsgemäße Aktuator besteht aus einem Elektromagneten 2, einem Stellelement 4, welches über den Elektromagneten 2 betätigbar ist und einem Permanentmagneten 6 zur Erzeugung einer Haltekraft in beiden Endstellungen des Stellelementes 4.

[0023] Der Elektromagnet 2 weist eine Spule 8 auf, die von einem Joch 10 umgeben ist und in deren Innern ein axial beweglicher Anker 12 angeordnet ist, der mit dem Stellelement 4 fest verbunden ist, so dass dieses bei Bewegung des Ankers 12 mitbewegt wird. Der Anker 12 ist als Hohlzylinder ausgeführt, an dessen Innenwänden das stoßförmige Stellelement 4 stoffschlüssig oder durch Einpressen befestigt ist. Im nicht durch das Stellelement 4 gefüllten Abschnitt des Ankers 12 ist ein Federelement 14 in Form einer Schraubenfeder angeordnet, die sich mit ihrem ersten Ende gegen das Stellelement 4 und mit ihrem zweiten Ende gegen einen Kern 16 abstützt, der in vorliegender Ausführung einstückig mit dem Joch 10 hergestellt ist.

[0024] Der Außendurchmesser des Ankers 12 gleitet auf einem Innendurchmesser eines Spulenträgers 18. Eine weitere Führung der Baueinheit bestehend aus Anker 12 und Stellelement 4 erfolgt in einem Führungsgehäuseteil 20, welches das Stellelement 4 in axialer Erstreckungsrichtung radial umschließt. Dieses Führungsgehäuseteil 20 ist einstückig mit einem Rückschlussblech 22 ausgeführt, über welches der elektromagnetische Kreis geschlossen wird. Dieses Rück-

schlussblech 22 erstreckt sich vom Führungsgehäuseteil 20 radial zum außenliegenden Joch 10. Ein radial außen liegender Abschnitt 24 des Rückschlussblechs 22 erstreckt sich in axialer Richtung zur Spule 8 und liegt mit seinem axialen Ende gegen den Permanentmagneten 6 an, dessen axial gegenüberliegendes Ende gegen den Spulenträger 18 und dessen radialer Außenumfang gegen das Joch 10 anliegt, so dass der Permanentmagnet 6 in seiner Position fixiert ist. Es ist zu erkennen, dass der Magnet 6 eine fixierte Lage im Aktuator aufweist und nicht durch Stöße der sich bewegenden Teile belastet wird. Entsprechend weist er eine hohe Lebensdauer auf.

[0025] Der in Figur 2 dargestellte Aktuator unterscheidet sich von dem in Figur 1 dargestellten lediglich durch die konstruktive Ausgestaltung des Kerns 16 beziehungsweise des Ankers 12. Aus diesem Grund werden für gleiche Bauteile in den Figuren 1 bis 3 jeweils gleiche Bezugszeichen verwendet. Die Innenwand des hohlzylindrischen Ankers 12 ist an ihrem zum Kern 16 weisenden Ende kegelstumpfförmig erweitert ausgebildet. Auch der wiederum mit dem Joch 10 einstückig hergestellt Kern 16 weist eine Kegelstumpfform auf. Dieser Kegelstumpf erhebt sich in Richtung zum Anker 12, wobei dessen Außenwände eine zu den kegelstumpfförmigen Innenwänden des Ankers 12 korrespondierende Form aufweisen. Von einer oberen Fläche 26 des Kegelstumpfes des Kerns 16, auf der sich auch das Federelement 14 abstützt, erhebt sich in Richtung des Ankers 12 ein zylindrischer Abschnitt 28 ins Innere des Federelements 14 und des Ankers 12.

[0026] Bei der Figur 3 ist wiederum eine geänderte Form des Ankers 12 und des Kerns 16 dargestellt. Hier weist das Innere des hohlzylindrischen Ankers 12 einen Absatz 30 auf, an dem der freie Innendurchmesser sprunghaft vom Außendurchmesser des Stellelementes 4 wächst. Von hier an ist der Innendurchmesser des Ankers 12 geringfügig größer als ein Außendurchmesser des sich in dieser Ausführung zylindrisch in Richtung zum Anker 12 erstreckenden Kerns 16. Am zum Kern 16 weisenden Ende weist der Weiteren die radial äußere Umfangswand des Ankers 12 eine stetige Einschnürung auf, so dass eine kegelstumpfförmige Wand 34 entsteht.

[0027] Die Figuren 4 a) bis d) zeigen unterschiedliche alternative Möglichkeiten zur Anordnung des Permanentmagneten 6 im Aktuator.

[0028] In der Figur 4 a) ist ein radial magnetisierter Permanentmagnet 6 in Form eines Ringes dargestellt, der radial außen vom Joch 10 und radial innen vom Anker 12 begrenzt wird. Ebenso wie ein durch den Elektromagneten 2 erzeugtes Feld verlaufen auch die Feldlinien des Permanentmagneten 6 über das Joch 10, und den Kern 16 in den Anker 12. Die permanentmagnetischen Feldlinien führen vom Anker 12 zurück zum Magneten 6, während die Feldlinien des elektromagnetischen Feldes über das Rückschlussblech 22 wieder zum Joch 10 führen. Ein zweites permanentmagnetisches Feld weist Feldlinien auf, die über das Joch 10 und das Rückschlussblech 22 sowie den Anker 12 zurück zum Magne-

ten 6 führen. Dabei sind die Feldlinien jeweils gleichmäßig über das Joch 10 verteilt.

[0029] Eine alternative Ausführung offenbart die Figur 4 b). Hier werden statt des Ringmagneten vier einzelne quaderförmige Magneten 6 verwendet, die jedoch derart zueinander angeordnet werden, dass die Mittelachse des Aktuators als Symmetrieachse für die vier Magnete 6 dient. Nach radial außen liegen die vier Magnete 6 gegen jeweils einen Schenkel 32 des Joches 10 an, welches somit in dieser Ausführung nicht über den Umfang geschlossen ausgeführt ist. Da jedoch die Symmetrie des Joches 10 und der Permanentmagneten 6 besteht, bleibt eine gute elektromagnetische Verträglichkeit erhalten.

[0030] In einer weiteren Alternative, die in Figur 4 c) dargestellt ist, wird der Magnet 6 durch zwei wiederum symmetrisch zur Mittelachse magnetisierte und angeordnete ringsegmentförmige Einzelmagnete gebildet. Auch hier entsteht ein symmetrisches Magnetfeld, welches zum Halten des Stellelementes 4 in seinen Endstellungen genutzt werden kann.

[0031] Alternativ hierzu kann ein gleiches Magnetfeld auch durch eine entsprechende Anordnung zweier Magnetquader erzeugt werden, die wiederum symmetrisch zur Mittelachse magnetisiert und angeordnet sind. Diese Ausführung ist in Figur 4 d) dargestellt. Radial außen eines jeden Magneten ist bei dieser Ausführung ein Schenkel 32 des Joches 10 angeordnet.

[0032] In allen vier alternativen Magnetanordnungen besteht eine im Wesentlichen radiale Magnetisierungsrichtung.

[0033] Die Funktionsweise der konstruktiv im Vorangegangenen beschriebenen Aktuatoren wird im Folgenden anhand einer Anwendung des Aktuators zur Schiebennockenverstellung beschrieben.

[0034] In seiner Ausgangsstellung, welches der eingefahrenen Position des Stellelementes entspricht, liegt der Anker 12 mit seinem ersten axialen Ende gegen den Kern 16 an. In dieser Position wird der Anker 12 und somit das Stellelement 4 durch den Permanentmagneten 6 gehalten, da ein permanentmagnetisches Feld besteht, dessen Feldlinien vom Permanentmagneten 6 über das Joch 10 und den Kern 16 in den Anker 12 und zurück zum entgegengesetzten Pol des Permanentmagneten 6 verlaufen. Es handelt sich entsprechend um ein geschlossenes magnetisches Feld, welches eine Haltekraft auf den Anker 12 ausübt, die größer ist als eine in entgegengesetzter Richtung wirkende Federkraft, die das Federelement 14 auf den Anker 12 ausübt.

[0035] Soll nun einer der Schiebennocken auf einer Nockenwelle betätigt werden, muss das Stellelement 4 in einen ausgefahrenen Zustand verschoben werden. Hierzu wird durch den Elektromagneten 2 ein Magnetfeld erzeugt, welches dem Magnetfeld des Permanentmagneten entgegen gerichtet wirkt. Dies führt zu einer Schwächung der zwischen dem Anker 12 und dem Kern 16 wirkenden Haltekraft bis schließlich die Federkraft größer ist als die Haltekraft, wodurch der Anker 12 sich

vom Kern 16 löst. Es folgt unter Einwirkung der Federkraft eine Bewegung des Ankers 12, bei der dieser sich vom Kern 16 in seine zweite ausgefahrene Endstellung bewegt. Hierzu ist bei dieser Ausführung keine Kraft des Elektromagneten 2 erforderlich. Kurz vor dem Erreichen der Endstellung wirkt wiederum eine permanentmagnetische Kraft auf den Anker 12, welche diesen in der zweiten Endstellung hält. Diese entsteht durch einen zweiten permanentmagnetischen Kreis, der vom Magneten 6 und das Joch 10 über das Rückschlussblech 22 zum Anker 12 und zurück zum Permanentmagneten 6 führt. Diese magnetische Haltekraft führt dazu, dass sich das Stellelement 4 auch bei auftretenden Vibrationen und Stößen nicht aus seiner Stellung löst.

[0036] Das Stellelement 4 gleitet in diesem Zustand mit seinem aus dem Aktuator weisenden Ende in einer Nut des Schiebenockens und verschiebt diesen in die gewünschte Position. Diese Nuten sind so ausgebildet, dass am Ende der Drehung das Stellelement 4 aktiv durch eine Erhebung der Nut angehoben wird, so dass der magnetische Kreis des Permanentmagneten 6 aktiv unterbrochen wird, da sich der Anker 12 vom Rückschlussblech 22 abhebt. Bei dieser Verwendung des Aktuators wird der Hub der Nut geringfügig kleiner ausgeführt als der Hub des Stellelementes 4. Dies ist aufgrund von Einbautoleranzen erforderlich, da sonst die Gefahr eines Verklemmens der Nockenwelle bestehen würde. Der in dieser Position vorhandene Spalt muss jedoch überbrückt werden, um den Anker 12 in seiner Endstellung halten zu können und zwar möglichst ohne den Permanentmagneten 6 einschalten zu müssen. Die hierzu notwendige magnetische Kraft sollte entsprechend in diesem Bereich zwischen Kern 16 und Anker 12 möglichst hoch sein. Dies wird vor allem durch eine Ausbildung gemäß der Figur 3 erreicht, da hier im Bereich der dünnen kegelstumpfförmigen Wand des Ankers 12 eine Bündelung der Magnetfeldlinien stattfindet, die zu einer hohen Anziehungskraft führt, so dass eine ausreichend hohe, die Federkraft überwindende Anziehungskraft bereits ca. 1 mm vor Erreichen des Endanschlags wirkt. Somit besteht ein extrem geringer Stromverbrauch, da ein Strom nur zum Auslösen der Verstellung aus der Startposition erforderlich ist.

[0037] Es wird deutlich, dass der beschriebene Aktuator einen geringen Stromverbrauch sowie durch die geringe mechanische Belastung des Magneten hohe Lebensdauer aufweist. Eine Haltekraft wird in beiden Endstellungen erzeugt, so dass ein ungewolltes Lösen verhindert wird. Des Weiteren besteht eine gute elektromagnetische Verträglichkeit. Es bestehen hohe Kräfte bei großen durch den Permanentmagneten erzwungenen Hübten. Kleine bewegte Massen führen zu günstigen möglichen Bauformen.

[0038] Es sollte deutlich sein, dass weitere konstruktive Änderungen der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Schutzbereich des Hauptanspruchs denkbar sind und eine Verwendung eines derartigen Aktuators auch in anderen Bereichen möglich ist. So können bei-

spielsweise Kern und Joch oder Führungsgehäuseteil und Rückschlussblech mehrteilig ausgeführt werden. Selbstverständlich wäre es auch möglich, eine Anziehungskraft zum Erreichen der Ausgangsstellung durch Bestromen der Spule zu erzeugen. Hierzu wäre die Stromrichtung im Vergleich zum Lösen des Stellelementes aus der Ausgangsposition umzukehren. Dies würde zu einem das Permanentmagnetfeld verstärkenden Feld führen und somit ebenfalls ein Rückführen des Ankers in die Ausgangsposition unterstützen.

[0039] Auch könnte in diesem Zusammenhang auf die Feder verzichtet werden und jede Verstellung des Ankers durch entsprechend gerichtete elektromagnetische Felder erzeugt werden, so dass der Permanentmagnet lediglich genutzt würde, um eine Haltekraft in den beiden Endpositionen zu erzeugen.

Patentansprüche

1. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Elektromagneten, der eine Spule, einen feststehenden Kern, einen beweglichen Anker, ein Joch und ein Rückschlussblech aufweist, einem Stellelement, welches über den Elektromagneten betätigbar ist und mit dem Anker wirkverbunden ist, und zumindest einem Permanentmagneten, der den Anker in einer seiner Endstellungen im unbestromten Zustand des Elektromagneten hält, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Permanentmagnet (6) ortsfest innerhalb des Elektromagneten (2) angeordnet ist und das Rückschlussblech (22) beabstandet vom Permanentmagneten (6) ortsfest angeordnet ist, so dass in einer ersten Endstellung des Ankers (12) ein erster permanentmagnetischer Kreis über den Permanentmagneten (6), das Joch (10), das Rückschlussblech (22) und den Anker (12) geschlossen ist und in einer zweiten Endstellung ein zweiter permanentmagnetischer Kreis über den Permanentmagneten (6), das Joch (10), den Kern (16) und den Anker (12) geschlossen ist.
2. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Permanentmagnet (6) axial zwischen der Spule (8) und dem Rückschlussblech (22) angeordnet ist.
3. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellelement (4) an einer Innenwand des hohlzylindrisch ausgeführten Ankers (12) befestigt ist, dessen erste axiale Endfläche in der ersten Endstellung gegen das Rückschlussblech (22) und dessen entgegengesetzte axiale Endfläche in der zweiten

Endstellung gegen den Kern (16) anliegt.

4. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Federelement (14) in den hohlzylindrischen Anker (12) ragt, welches mit seinem ersten axialen Ende gegen das Stellelement (4) und mit seinem zweiten axialen Ende gegen den Kern (16) anliegt.
5. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Rückschlussblech (22) einstückig mit einem Führungsgehäuseteil (20) des Stellelementes (4) ausgebildet ist.
6. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der zumindest eine Permanentmagnet (6) ein radial magnetisierter Ringmagnet ist.
7. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwei Permanentmagneten (6) einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei die Mittelachse des Elektromagneten (2) eine Symmetrieachse der Permanentmagneten (6) bildet.
8. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
vier Permanentmagneten (6) um 90° versetzt zueinander angeordnet sind, wobei die Mittelachse des Elektromagneten (2) eine Symmetrieachse der Permanentmagneten (6) bildet.
9. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Permanentmagneten (6) quaderförmig oder ringsegmentförmig ausgebildet sind.
10. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Joch (10) eine zur Anzahl der Permanentmagnete (6) korrespondierende Anzahl an Schenkeln (32) aufweist, die gegen die Permanentmagnete (6) anliegen.
11. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich die Innenwand des Ankers (12) kegelstumpfför-

mig in Richtung zum Kern (16) erweitert, der eine in Richtung zum Anker (12) weisende korrespondierende Kegelstumpfform aufweist,

- 5 12. Aktuator für eine Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kern (16) sich zylinderförmig in Richtung zum Anker (12) erstreckt, der einen korrespondierenden Freiraum im Innern aufweist, der nach radial außen durch eine Wand (34) begrenzt wird, deren Außenseite sich in Richtung zum Kern (16) kegelstumpfförmig verengt.

Fig. 1

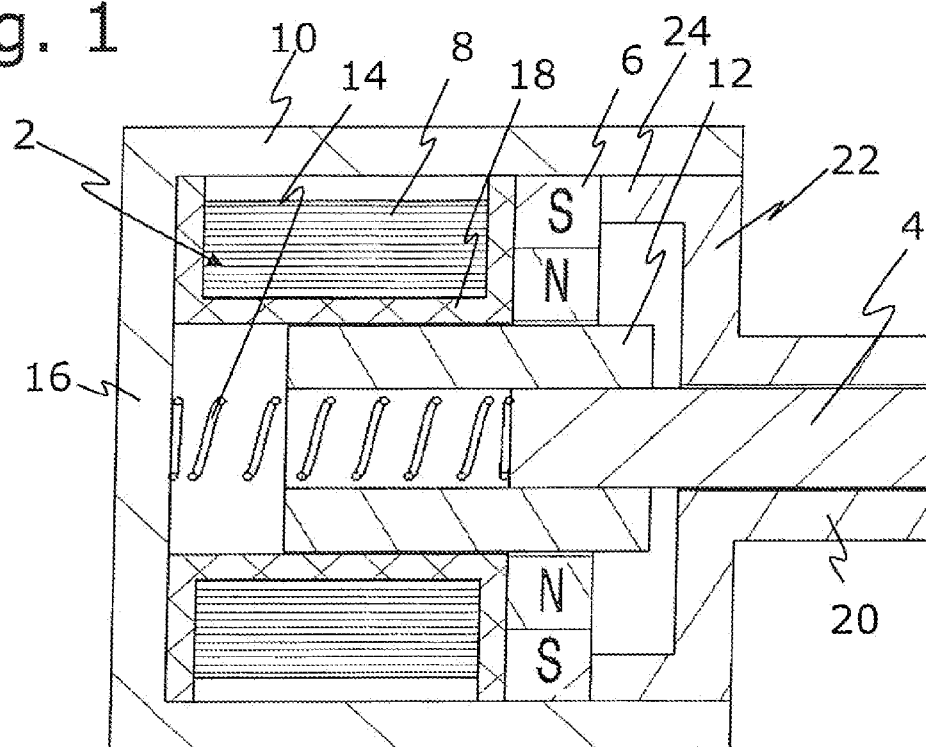


Fig. 2

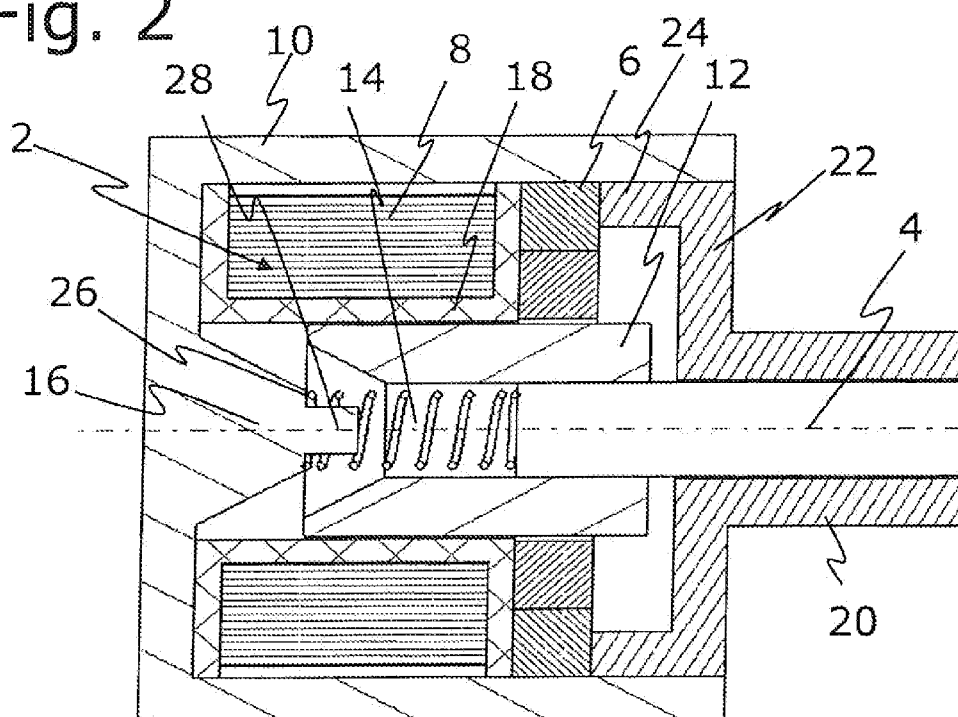


Fig. 3

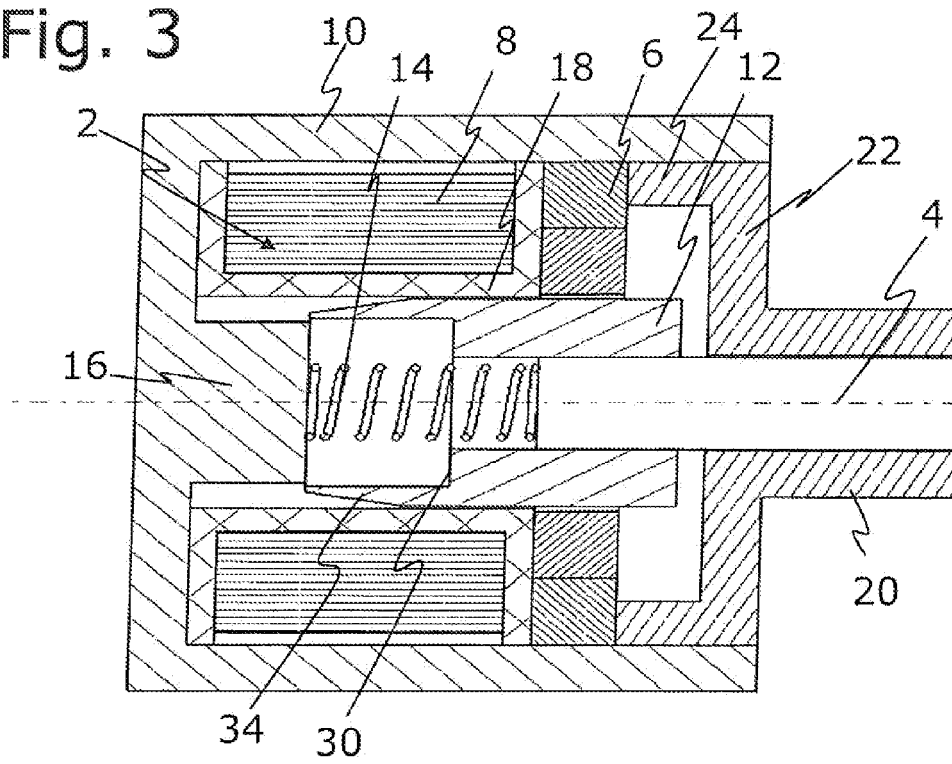
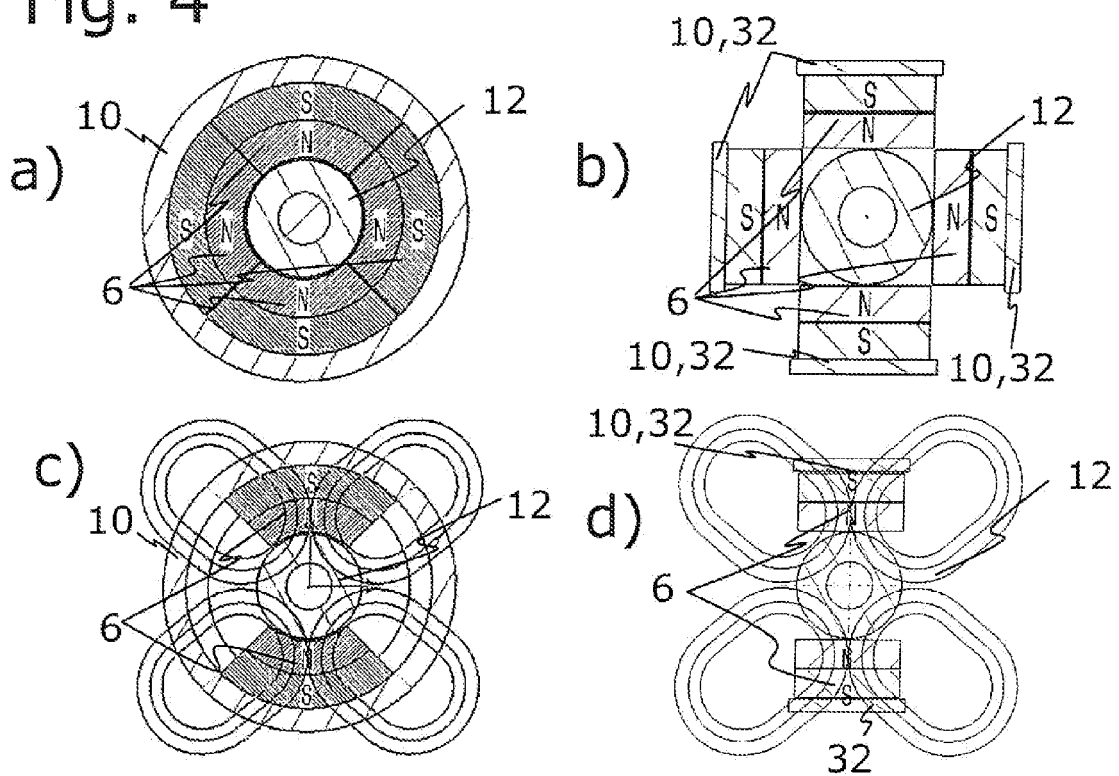


Fig. 4



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

- WO 03021612 A1 [0003]
- DE 102007028600 A1 [0005]