



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.11.2018 Patentblatt 2018/46

(51) Int Cl.:
H01F 7/08 (2006.01) H01F 7/13 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18180013.7**

(22) Anmeldetag: **20.10.2011**

(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

(30) Priorität: **20.10.2010 DE 102010048808**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
11833885.4 / 2 630 647

(71) Anmelder: **ETO MAGNETIC GmbH**
78333 Stockach (DE)

(72) Erfinder:
• **THODE, Oliver**
78333 Stockach (DE)

• **RAFF, Viktor**
78467 Konstanz (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte Behrmann Wagner PartG mbB**
Maggistraße 5
Hegau-Tower (10. OG)
78224 Singen (DE)

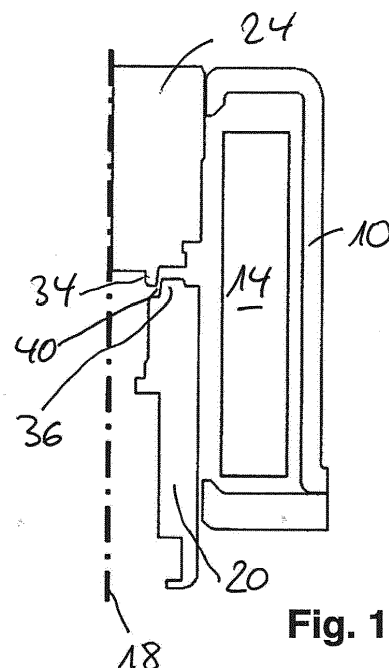
Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 27.06.2018 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **ELEKTROMAGNETISCHE STELLVORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine elektromagnetische Stellvorrichtung mit einer relativ zu einer stationären Kerneinheit (24) und als Reaktion auf eine Bestromung einer Spuleneinheit (14) mit einem Betriebsstrom in einer axialen Richtung (18) um einen Bewegungshub bewegbaren Ankereinheit (20), die axial einends mit der Kerneinheit magnetisch über einen zumindest teilweise entlang des Bewegungshubes axial überlappenden Steuerbereich zusammenwirkt, der als Abschnitt der Ankereinheit einen ersten Profilabschnitt (34, 44) und als Abschnitt der Kerneinheit einen zweiten Profilabschnitt (36, 46) mit einem zwischen diesen gebildeten, eine Ausdehnung senkrecht zur axialen Richtung ausbildenden Luftspalt (40) aufweist, wobei, ein für einen über den Luftspalt fließenden Magnetfluss der Bestromung mit dem Betriebsstrom flusswirksamer Querschnitt des ersten und des zweiten Profilabschnitts so ausgestaltet ist, dass als Reaktion auf eine durch ein Verkippen und/oder Auslenken der Ankereinheit aus der axialen Richtung bewirkte Verkürzung der Luftspaltausdehnung ein magnetischer Flusswiderstand des ersten und/oder zweiten Profilabschnitts im Bereich der Verkürzung ansteigt, insbesondere eine magnetische Sättigung erfährt, und eine dem Verkippen bzw. Auslenken entgegengerichtete Kraft auf die Ankereinheit wirkt, wobei die Ankereinheit zum Ausbilden des ersten Profil-

abschnitts einen konusförmigen, innenliegenden Ringabsatz aufweist und mantelseitig in Richtung auf die Kerneinheit einen umlaufenden weiteren Ringabsatz ausbildet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektromagnetische Stellvorrichtung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

[0002] Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise als Elektromagnet-Ventilvorrichtung aus der DE 198 48 919 A1 bekannt. Als Reaktion auf das Bestromen einer (stationären) Spuleneinheit bewegt sich eine radialsymmetrisch im Spuleninneren geführte Ankereinheit und öffnet bzw. verschließt einen Ventilsitz für das zu steuernde Fluid.

[0003] Entlang der axialen Richtung bewegt sich dabei die (i.w. einen zylindrischen Ankerkörper aufweisende) Ankereinheit relativ zu einer stationären Kerneinheit, welche Teil des magnetischen Kreises ist und durch seine Ausgestaltung das Bewegungsverhalten, insbesondere eine magnetische Ankerkraft der Ankereinheit, beeinflusst. Konkret zeigt die zum Stand der Technik genannte Vorrichtung zur Beeinflussung des Bewegungsverhaltens bzw. Kraftverlaufs der Ankerbewegung im Übergangsbereich zwischen der (bewegbaren) Ankereinheit und der (stationären) Kerneinheit einen sogenannten Steuerkonus-Bereich (Steuerbereich), welcher entlang der axialen Richtung in einem Bereich des Ankerhubes (nämlich dem Bereich unmittelbar nach dem Lösen der Ankereinheit von der Kerneinheit) den Magnetfluss im magnetischen Kreis zwischen Ankereinheit, Kerneinheit und den weiteren beteiligten magnetischen Kreiselementen beeinflusst.

[0004] Der aus der DE 198 48 919 A1 bekannte Steuerkonus, hier in Form eines endseitig an der Ankerstirnfläche umlaufenden, nach außen abgeflachten Ringabsatzes und einer entsprechenden (radial) inneren Einformung auf Seite der Kerneinheit, bewirkt hier etwa eine Anhebung der Magnetkraft des Ankers in dem beschriebenen Start-Hub-Bereich: Durch die gezeigte Überlappung zwischen Ankereinheit und Kernbereich reduziert sich die notwendige magnetische Durchflutung von Kern und Anker durch Bestromung der Wicklung, relativ zu einem sogenannten Flachkonus, nämlich einer Ausgestaltung des Übergangs zwischen Ankereinheit und Kerneinheit ohne axiale Überlappung bzw. Verkürzung des Arbeitsluftspalts. Entsprechend werden die magnetischen Feldlinien des Magnetflusses über die axiale Überlappung vorrangig geschlossen, mithin die Magnetkraft in diesem Ankerstart-Hubbereich gezielt erhöht.

[0005] Durch geeignete Ausgestaltung dieses Steuerbereichs (Steuerkonus-Bereichs), etwa eine Vorgabe einer effektiven axialen Überlappung, lässt sich so das Bewegungsverhalten der Ankereinheit, insbesondere ein Verlauf der Magnetkraft entlang des Bewegungshubes (Bewegungshubwegs) gezielt beeinflussen, etwa vergleichsmäßigen oder punktuell verstärken oder abschwächen.

[0006] Allerdings bringt die als bekannt vorauszusetzende axiale Überlappung von Ankereinheit und Steuereinheit im Steuerbereich auch potentielle Nachteile, insbesondere im Hinblick auf die Verschleiß- bzw. Lebensdauereigenschaften von derart ausgestalteten elektromagnetischen Stellvorrichtungen. So entsteht nämlich durch die axiale Überlappung der den Steuerbereich ausbildenden Profilabschnitte auf Anker- bzw. Kernseite, neben dem für die Ankerbewegung wichtigen axialen magnetischen Flussverlauf, auch eine Radialkomponente (bzw. Normalkomponente zur axialen Richtung) des magnetischen Flussverlaufs, durch den zwischen einander gegenüberstehenden Wänden der Profilabschnitte gebildeten Luftspalt. Dieser (bei radialsymmetrischen Anordnungen radiale) Magnetkraftanteil bewirkt nachteilige magnetische Querkraften, welche sich in der Praxis bzw. insbesondere im Zusammenhang mit häufigen Bewegungszyklen bzw. langen Betriebszeiten nachteilig auswirken. So würde zwar, bei exakter fluchtender Ausrichtung von Anker und Kern zueinander, die jeweilige durch den radialen Magnetkraftanteil erzeugte Querkraft im Zentrum aufgehoben werden und so eine Kompensation bewirken. In der Fertigungs- und Betriebspraxis lässt sich dies jedoch nicht erreichen. Vielmehr ist der Effekt zu beobachten, dass die (notwendigerweise mit einem radialen Spiel gelagerte) Ankereinheit innerhalb einer umgebenden Führung (im Rahmen des vorhandenen Spiels) zum Verkippen neigt, wobei ein derartiger Effekt etwa zusätzlich verstärkt wird durch nicht ganz mittig an die Ankereinheit angreifende Druckfedern oder dergleichen Einflüsse, ferner spielen Fertigungstoleranzen und andere Effekte eine Rolle.

[0007] Eine derartige, im Rahmen der Spielpassung schräg in der Ankerführung stehende Ankereinheit (in der Art einer diametralen Zwei-Punkt-Auflage an jeweiligen Innenpositionen der Ankerführung) führt dann zunächst dazu, dass Kerneinheit und Ankereinheit (und mithin die den Steuerbereich ausbildenden Profilabschnitte) nicht mehr exakt fluchten, sich damit in Umfangsrichtung verschieden große radiale Luftspalte (genauer: Abschnitte eines umlaufenden Luftspalts) einstellen.

[0008] Bei Bestromung der Spuleneinheit und dadurch bewirkter magnetischer Durchflutung im Steuerbereich entstehen in den verschiedenen breiten Luftspaltpositionen entsprechend ungleich hohe magnetische Querkraften: Kleine radiale Luftspalte erzeugen relativ hohe magnetische Querkraften, entsprechend große radiale Luftspaltabschnitte kleine magnetische Querkraften. Diese kompensieren sich dann in radialer Richtung nicht mehr, so dass eine resultierende (radiale) Querkraft in Richtung des kleinsten Luftspalts entsteht.

[0009] Dies wirkt auf die (mit Spiel gelagerte) Ankereinheit als Normalkraft und erzeugt entsprechend den Reibwerten des tribologischen Systems aus Ankereinheit (bzw. einer auf der Ankereinheit vorgesehenen Anker-Gleitbeschichtung) sowie der Ankerführung nachteilige Haft- und Gleitreibkräfte.

[0010] Diese wirken sich zunächst negativ auf die Kräftebilanz des Magneten aus und führen zu einem (unnötig) vergrößerten Magnetkraftbedarf, mithin größerem Magnetbauraum.

[0011] Bei elektromagnetischen Schaltvorrichtungen mit hoher Lebensdauernanforderung (typischerweise mehr als 100 Millionen Schaltzyklen) erzeugen die beschriebenen hohen magnetischen Querkraften (Normalkraften) zusätzlich eine nachteilig hohe Flächenpressung auf die Reibpartner und beschleunigen dadurch deren tribologischen Verschleiß. Besonders gravierend ist dies etwa bei Pneumatik-Stellanwendungen (wie etwa einem Pneumatikventil), da hier keine

Schmierung od. dgl. verschleißmindernd wirken kann.

[0012] Konsequenz ist gerade bei in der Baugröße sowie im Energieverbrauch optimierten Systemen mit Steuerkonusbereich ein vorzeitiges Ausfallen, insbesondere wenn die Ankereinheit in ansonsten bekannter Weise mit Gleitbeschichtungen aus PTFE oder MoS₂ versehen ist und keine (selbst aber wiederum aufwändige) Gleitfolie zur Führung des Ankers verwendet wird.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine gattungsgemäße elektromagnetische Stellvorrichtung im Hinblick auf ihr Betriebs- sowie Verschleißverhalten zu verbessern, insbesondere nachteilige Quer- bzw. Normalkraften, die ein Verkippen der Ankereinheit befördern, zu vermindern, und so im Rahmen der einen axial überlappenden Steuerbereich aufweisenden Systeme günstiges magnetisches Bewegungsverhalten und Energieoptimierung mit Schutz gegen unerwünschten Verschleiß durch nachteilige Reibung zu kombinieren.

[0014] Die Aufgabe wird durch die elektromagnetische Stellvorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst; unabhängiger Schutz im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird durch die Verwendung nach dem Patentanspruch 8 sowie das Verfahren nach dem Anspruch 9 beansprucht. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0015] In erfindungsgemäß vorteilhafter Weise ist der Steuerbereich (Steuerkonusbereich) zwischen der Ankereinheit und der Kerneinheit durch Ausgestaltung der (magnetisch) flusswirksamen Querschnitte des ersten bzw. zweiten Profilabschnitts so eingerichtet, dass bei dem üblichen, das Bewegen der Ankereinheit bewirkenden Betriebsstrom für die Spuleneinheit eine Fluss- und Kraftkompensation in der Art einer Regelungswirkung erreicht wird. Genauer gesagt sind erfindungsgemäß die Profilabschnitte so ausgestaltet, dass im Fall eines Verkippens bzw. einer Auslenkung in einem ersten Bereich des zugehörigen (radialen) Luftspalts die erhöhte Querkraft (Normalkraft) dadurch kompensiert wird, dass für einen zugehörigen, entsprechend dem verkürzten Luftspalt erhöhten magnetischen Fluss (Durchflutung) ein magnetischer Widerstand in diesem Bereich ansteigt. Typischerweise sind dabei die Profilabschnitte im Hinblick auf ihren flusswirksamen Materialquerschnitt so ausgestaltet, dass es in einem entsprechend verkippten Zustand der Ankereinheit im (radialen) Schmalbereich des Luftspalts durch die dort entstehende erhöhte Durchflutung zu einer Sättigung kommt, somit ein flusswirksamer magnetischer Widerstand entsteht, welcher dann dazu führt, dass die magnetische Durchflutung in andere Bereiche des Luftspalts (zurück) verdrängt bzw. verlagert wird. Dies hat dann einen unmittelbar die nachteilige Normal- bzw. Querkraft reduzierende Wirkung, mit der vorteilhaften Folge geringerer Reibung, entsprechend geringeren Energieverbrauchs und verminderten Verschleißes.

[0016] Im Rahmen der bevorzugt einzusetzenden radialsymmetrischen Systeme (d.h. eine Ankereinheit ist innerhalb einer diese umgebenden Spuleneinheit geführt, wobei stirnseitig Ankereinheit sowie Kerneinheit die jeweiligen Profilabschnitte in Form von umlaufenden Erhöhungen bzw. Vertiefungen ausbilden) führt das erfindungsgemäße Prinzip dazu, dass bei den üblichen, bewegungstypischen Betriebsströmen für die Spuleneinheit eine wirksame Verlagerung des Querkraft-fördernden Magnetflusses aus dem Bereich des kürzesten Luftspalts in andere Bereiche erfolgt, da die magnetische Sättigungswirkung - entsprechend kompensatorisch - einen höheren magnetischen Widerstand anbietet.

[0017] Damit lässt sich das erfindungsgemäße Prinzip durch geeignete Ausgestaltung der Profilabschnitte realisieren, welche dann, angepasst an eine in typischen Betriebszuständen zu erwartende Durchflutung, so ausgestaltet werden, dass diese bei radial gegenüberstehendem minimiertem Luftspalt gezielt eine magnetische Fluss-Widerstandserhöhung durch magnetische Sättigung erfahren.

[0018] Damit bietet es sich an, dem ersten bzw. zweiten Profilabschnitt längsschnittlich eine Zahn- bzw. Nockenform mit geeignet konischen Neigungswinkeln zu geben, welche bei der vorteilhaften radialsymmetrischen Ausbildung entsprechend als Ringvorsprung entstehen (bzw. mit einer entsprechend angepassten Ringnut zusammenwirken). Hier ist dann entsprechend einem jeweiligen Erfordernis zu optimieren, wobei etwa flache Konuswinkel den Vorteil inhärent niedrigerer Querkraften besitzen, gleichzeitig jedoch damit auch ein wirksamer axialer Überdeckungsbereich kleiner wird.

[0019] Generell ist es zudem vorteilhaft, jeweilige Konuswinkel von relativ zur Mittelachse geneigt vorgesehenen Wandabschnitten der Profilabschnitte so auszugestalten, dass diese (bezogen auf eine unverkippte bzw. nicht ausgelebte Mittelstellung der Ankereinheit) zueinander parallel verlaufen, also denselben Winkel aufweisen (bzw., im Rahmen von Fertigungstoleranzen, einen Maximalwinkel von typischerweise 5° als Differenz nicht überschreiten).

[0020] Erfindungsgemäß ist ein sogenannter Innenkonus vorgesehen. Ein schmaler Konusring (als zweiter Profilabschnitt) der Kerneinheit, welcher durch seine flusswirksame Querschnittsgestaltung tendenziell bei geringerer magnetischer Durchflutung in die magnetische Sättigung geht, taucht in einen innenliegenden Ringabsatz (Konusabsatz) am stirnseitigen Ende der Ankereinheit ein. Durch den schmalen konusförmigen Ringabsatz reagiert der zugehörige Ankerabschnitt sensibel auf Änderungen in der magnetischen Durchflutung und erzeugt gemäß dem vorbeschriebenen Wirkmechanismus kompensierende (aufrichtende) Magnetkräfte, welche der nachteiligen Ankerschrägstellung entgegenwirken.

[0021] Im Ergebnis wird durch die vorliegende Erfindung in vorteilhafter Weise nachteilige Reibung zwischen Ankereinheit und Ankerführung reduziert, damit Energie- und Magnetkraft optimiert, und Verschleiß entgegengewirkt.

[0022] Insbesondere ist es für die praktische Realisierung vorteilhaft, mit (herkömmlichen) PTFE oder MoS₂ - Gleitbeschichtungen hohe Lebensdauieranforderungen an elektromagnetische Stellvorrichtungen, etwa Ventilvorrichtungen, zu realisieren, welche den Bereich von 100 Millionen Schaltzyklen oder mehr erreichen, ohne dass es gesonderter, zusätzlich aufwändiger Maßnahmen bedarf. So ist es insbesondere im Rahmen der Erfindung vorteilhaft und weiterbildungsgemäß nützlich, dass die (zylindrische) Ankereinheit mantelseitig nicht in einer Gleitfolie zum Realisieren einer sogenannten Gleitfolien-Lagerung geführt werden muss. Nicht nur wird der zusätzliche bauteiltechnische und fertigungstechnische Aufwand vermindert (das Verwenden einer derartigen Gleitfolie erzeugt auch in der Montage zusätzlichen Aufwand), auch wird wirksam vermieden, dass durch eine Gleitfolie (bzw. die Dicke derselben) der parasitäre Luftspalt im Jochbereich der Magnetvorrichtung unnötig vergrößert wird, was wiederum den Nachteil eines schlechteren magnetischen Wirkungsgrades hätte.

[0023] Damit eignet sich die vorliegende Erfindung in günstiger Weise etwa zur Realisierung von Ventilvorrichtungen, weiter bevorzugt Pneumatik-Ventilvorrichtungen, ist jedoch nicht auf dieses Anwendungsgebiet beschränkt. Vielmehr lässt sich der Vorteil der vorliegenden Erfindung günstig bei sämtlichen Realisierungsformen von elektromagnetischen Stellvorrichtungen nutzen, bei welchen - konstruktions- bzw. spielbedingt - ein Verkippen bzw. Auslenken der Ankereinheit in einer Ankerführung nachteilige Reibung bzw. Verschleiß bewirkt und ohnehin zur Beeinflussung des magnetischen Kraftverlaufs verwendete Profilelemente im Steuerbereich (Steuerkonus-Bereich) zur Realisierung des erfindungsgemäß vorteilhaften Kompensationsverhaltens dimensioniert und eingesetzt werden können.

[0024] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Figuren; diese zeigen in

Fig. 1: einen schematischen hälftigen Längsschnitt durch die wesentlichen magnetischen Funktionskomponenten der elektromagnetischen Stellvorrichtung gemäß einer ersten Realisierungsform der Erfindung;

Fig. 2: eine Detailansicht des Steuerbereichs mit den einander gegenüberstehenden Profilabschnitten der Ankereinheit bzw. der Kerneinheit sowie eingezeichneten Messpunkten für eine Simulation;

Fig. 3: eine Längsschnittansicht durch ein 2/2-Wegeventil, realisiert durch eine elektromagnetische Stellvorrichtung zum Verdeutlichen des Einsatzkontexts der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4: eine hälftige Längsschnittansicht analog Fig. 1 zum Verdeutlichen einer gegenüber der Realisierung der Fig. 1 nachteiligen Ausgestaltung der Profilabschnitte des Steuerbereichs und

Fig. 5: ein Vergleichsdiagramm in Form einer Kraft-Weg-Kennlinie des Ausführungsbeispiels der Fig. 1 relativ zum Vergleichsbeispiel der Fig. 4.

[0025] Die Fig. 3 verdeutlicht den Anwendungskontext der vorliegenden Erfindung; gezeigt ist ein strukturell ansonsten bekanntes 2/2-Wegeventil, welches Einsatz im Kraftfahrzeugbereich findet und im Zusammenwirken zwischen Ankereinheit und Konuseinheit mit einer Konussteuerung versehen ist.

[0026] Genauer gesagt zeigt das Ausführungsbeispiel der Fig. 3, welches mit seinen Merkmalen im Anwendungskontext außerhalb des Steuerbereichs als zur vorliegenden Erfindung gehörig offenbart gelten soll, ein Gehäuse 10, welches eine auf einem Spulenträger 12 gehaltene stationäre Wicklung 14 trägt. Innerhalb der hohlzylindrischen, ein Ankerführungsrohr 16 aufnehmenden Anordnung ist entlang einer Bewegungslängsachse 18 eine Ankereinheit 20 geführt, welche eine zylindrische Außenkontur aufweist, gegen die Kraft einer Druckfeder 22 sich von einem stationären Kernbereich 24 in axialer Richtung abstützt und, dem Kernbereich 24 entgegengesetzt, einen Ventil-Gummieinsatz 26 aufweist, welcher zum Verschließen eines Ventilsitzes 28, als Reaktion auf eine axiale Bewegung der Ankereinheit 20, ausgebildet ist. Die Ventilwirkung entsteht zwischen einem Versorgungsanschluss 30 und einem Arbeitsanschluss 32. Die Ankereinheit 20 ist in ansonsten bekannter Weise mantelseitig mittels einer PTFE oder MoS₂ - Gleitbeschichtung versehen; eine Gleitfolie zur Lagerung der Ankereinheit existiert nicht.

[0027] Als Reaktion auf eine Bestromung der Wicklung 14 bewegt sich die Ankereinheit 20 entlang der Bewegungslängsachse 18 in vertikaler Richtung (Z in Fig. 3). Die zu dieser Achse orthogonalen Richtungen X, Y sind entsprechend eingezeichnet.

[0028] Ein Steuerbereich (Steuerkonus-Bereich) im magnetischen Übergang zwischen der Kerneinheit 24 und der abschnittsweise hohlzylindrischen Ankereinheit 20 ist in der vergrößerten, hälftigen Längsschnittansicht der Fig. 1 verdeutlicht, wobei, in der unmittelbaren Gegenüberstellung, das Ausführungsbeispiel der Fig. 4 einen nicht im Sinne der Erfindung optimierten und vorteilhaften Steuerbereich zeigt.

[0029] Konkret weist in der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Fig. 1 der Kernbereich einen Ringvorsprung 34,

sich von der eingriffsseitigen Stirnfläche der Kerneinheit 24 erstreckend, auf, welcher, relativ zu einem innenliegenden Ringabsatz 36 des zugehörigen eingriffsseitigen Endbereichs der Ankereinheit 20 in Richtung auf die Achse 18 einwärts vorgesehen ist.

[0030] Wie die Ausschnittsvergrößerung der Fig. 2 dieses Steuerbereichs, in nach rechts (bzw. im Uhrzeigersinn) verkipptem Zustand der Ankereinheit, diesbezüglich verdeutlicht, ist sowohl die auswärtige Flanke des Ringvorsprungs 34, als auch die inwärtige Flanke der Ringnut 36, relativ zur Längsachse 18, um einen Konuswinkel von ca. 8° geneigt (wobei sich im Rahmen der Erfindung Winkel zwischen 3° und 40°, bevorzugt zwischen 5° und 20°, weiter bevorzugt zwischen 7° und 15°, als günstig und bevorzugt erwiesen haben). Im Rahmen der Erfindung sind zudem diese Konuswinkel gleich ausgestaltet, so dass bei einer mittigen Position der Ankereinheit (d.h. unverkippt, im Gegensatz zur Darstellung der Fig. 2) die Flankenwinkel übereinstimmen.

[0031] Erfindungsgemäß vorteilhaft ist nunmehr der einstückig ansitzende, ring- und konusförmige Vorsprung 34 so ausgestaltet, dass bei einem typischen Betriebsstrom durch die Spuleneinheit 12, 14 (bzw. einer dadurch im Übergangsbereich zur Ankereinheit, insbesondere im vertikalen Luftspalt 40 auftretenden Durchflutung), eine Sättigung dann eintritt, wenn dieser Luftspalt (40' in Fig. 2) im linksseitigen Bereich sehr schmal wird, dadurch die magnetische Durchflutung in diesem Bereich und durch den zugehörigen Abschnitt des Vorsprungs 34 ansteigt, womit dann, aufgrund des vergleichsweise schmalen Ringdurchmessers, hier die Sättigung vorrangig erfolgt. Dies führt dann erfindungsgemäß vorteilhaft dazu, dass etwa im (radial) gegenüberliegenden, rechtsseitigen Bereich eine magnetische Durchflutung über den dortigen Luftspaltbereich 40" zunimmt, durch die Sättigung im linksseitigen Bereich des Ringvorsprungs 34 magnetischer Fluss außerhalb dieses Bereichs verlagert bzw. verdrängt wird.

[0032] Das Ergebnis ist eine kompensierende Kraftwirkung entlang eines Pfeils 42 (Fig. 2), entsprechend eine ein Aufrichten bzw. das Verkippen zurückführende Kraftkomponente in Querrichtung (Normalrichtung) zur Längsachse 18. Insoweit bildet der hier speziell zum Herbeiführen der Sättigung ausgestaltete Ringvorsprung 34 als Profilabschnitt der Kerneinheit die Basis für ein regelndes bzw. kompensierendes System im Hinblick auf die aufgabengemäß zu überwindenden bzw. abzumildernden Querkkräfte. Dagegen verdeutlicht das Vergleichsbeispiel der Fig. 4, mit einem kernseitigen Profilabschnitt 44 und einem zugehörigen ankerseitigen Ringabsatz 46, dass - bedingt durch einen größeren flusswirksamen Querschnitt des Abschnitts 44 - bei Betriebsbedingungen (typischer Betriebsstrom für die Spuleneinheit) keine Sättigung im Abschnitt 44 auftritt, mithin eine magnetische Flusskonzentration im Vertikal-Luftspalt zwischen den Abschnitten 44, 46 im kleinsten verkippten Abstand auftritt und auch in dieser Stellung stabil steht. Nachteilige starke Reibkräfte sind hier die Folge.

[0033] Es verdeutlicht die nachfolgende Tabelle 1

Variante	Luftspalt zwischen Anker und Kern [mm]	Kraft X-Achse [N]	Kraft Y-Achse [N]	Kraft Z-Achse [N]
Fig. 4	0,15	-1,18	0,00	50,27
Fig. 1		0,71	0,05	62,40
Fig. 4	0,8	-1,94	-0,05	36,80
Fig. 1		-0,63	-0,03	42,65

[0034] Im Zusammenhang mit der Fig. 5 als Kraft-Weg-Kennlinie der Gegenüberstellung der Fig. 1, Fig. 4, wie sich wirksam die nachteilige Querkraft reduzieren lässt; die Messwerte der Tabelle 1 entstammen dabei einer dreidimensionalen Simulation mit Ankerschrägstellung anhand der Positionen A bis H in Fig. 2. Es zeigt sich, dass sich (bei Ankerschrägstellung in Richtung der X-Achse) eine Reduzierung der Ankerquerkraft von ca. 30% bzw. eine aufrichtende Magnetkraft (positives Vorzeichen) erreichen lässt, und zwar sowohl bei einem kurzen, als auch relativ langen Ankerhub (0,15 mm bzw. 0,8 mm), in unmittelbaren Vergleich der Konusausgestaltungen der Fig. 1 relativ zum Vergleichsbeispiel der Fig. 4.

[0035] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die gezeigte konkrete Ausgestaltung beschränkt, vielmehr gibt es zahlreiche Wege und Möglichkeiten, im Rahmen der vorliegenden Erfindung den Steuerbereich durch geeignete Profilierung des konusseitigen sowie des ankerseitigen Endabschnitts auszubilden. Dabei kann etwa die Kontur der Fig. 2 (Ringvorsprung auf Kernseite liegt radial innen) umgekehrt werden, genauso wie eine entsprechend zur schnellen magnetischen Sättigung optimierte Profilierung auf Ankerseite (oder beidseits) vorhanden sein kann. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Fig. 1, Fig. 2 hat sich zudem ein endseitig-mantelseitiger, außen umlaufender Ringabsatz 50 als vorteilhaft herausgestellt, da sich durch diesen zusätzlich eine nachteilige Reibung an der umgebenden Ankerführung reduzieren ließ.

Patentansprüche

1. Elektromagnetische Stellvorrichtung mit einer relativ zu einer stationären Kerneinheit (24) und als Reaktion auf eine Bestromung einer Spuleneinheit (14) mit einem Betriebsstrom in einer axialen Richtung (18) um einen Bewegungshub bewegbaren Ankereinheit (20), die axial einends mit der Kerneinheit magnetisch über einen zumindest teilweise entlang des Bewegungshubes axial überlappenden Steuerbereich zusammenwirkt, der als Abschnitt der Ankereinheit einen ersten Profilabschnitt (34, 44) und als Abschnitt der Kerneinheit einen zweiten Profilabschnitt (36, 46) mit einem zwischen diesen gebildeten, eine Ausdehnung senkrecht zur axialen Richtung ausbildenden Luftspalt (40) aufweist, wobei, ein für einen über den Luftspalt fließenden Magnetfluss der Bestromung mit dem Betriebsstrom flusswirksamer Querschnitt des ersten und des zweiten Profilabschnitts so ausgestaltet ist, dass als Reaktion auf eine durch ein Verkippen und/oder Auslenken der Ankereinheit aus der axialen Richtung bewirkte Verkürzung der Luftspaltausdehnung ein magnetischer Flusswiderstand des ersten und/oder zweiten Profilabschnitts im Bereich der Verkürzung ansteigt, insbesondere eine magnetische Sättigung erfährt, und eine dem Verkippen bzw. Auslenken entgegengerichtete Kraft auf die Ankereinheit wirkt
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Ankereinheit zum Ausbilden des ersten Profilabschnitts einen konusförmigen, innenliegenden Ringabsatz aufweist und mantelseitig in Richtung auf die Kerneinheit einen umlaufenden weiteren Ringabsatz ausbildet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Ankereinheit und die Kerneinheit radialsymmetrisch um eine entlang der axialen Richtung verlaufende Mittelachse ausgebildet sind und der erste und/oder der zweite Profilabschnitt bevorzugt einstückig aus einem Anker- bzw. Kernkörper ansitzen und radial umlaufend ausgebildet sind, wobei der radial zwischen dem ersten und dem zweiten Profilabschnitt umlaufende Luftspalt durch das Verkippen bzw. Auslenken die Verkürzung in einem ersten Luftspaltbereich und eine Erweiterung in einem, bezogen auf die Mittelachse, gegenüberliegenden Luftspaltbereich erfährt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der erste und/oder der zweite Profilabschnitt längsschnittlich eine Zahn- und/oder Nockenform aufweisen, die bei radialsymmetrischer Ausbildung der Anker- und der Kerneinheit als axialer Ringvorsprung ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der erste und der zweite Profilabschnitt den Luftspalt durch konusförmig zur axialen Richtung geneigte Wandabschnitte begrenzen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein Konuswinkel der Wandabschnitte des ersten bzw. des zweiten Profilabschnitts so ausgebildet ist, dass bei unverkippter bzw. nicht ausgelenkter Mittelstellung der Ankereinheit die Wandabschnitte zueinander parallel verlaufen und/oder ein zwischen den Wandabschnitten gebildeter Winkel $< 5^\circ$, bevorzugt kleiner $< 3^\circ$, beträgt.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
 einer der Profilabschnitte als radial umlaufender, längsschnittlich konusförmiger Ringvorsprung ausgebildet ist, der mit dem als radial umlaufend D/r, konusförmig G/r Ringnut und/oder Ringabsatz ausgebildeten anderen Profilabschnitt zusammenwirkt.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die einen zylindrischen Ankerkörper aufweisende Ankereinheit keine Stößelführung oder Stößellagerung aufweist und/oder mantelseitig ohne Folienmittel, insbesondere ohne eine Gleitfolie, gelagert ist.
8. Verwendung der elektromagnetischen Stellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zum Realisieren einer Ventilvorrichtung, insbesondere Pneumatik-Ventilvorrichtung, bei welcher durch die Bewegung der Ankereinheit

ein Fluidfluss gesteuert wird.

9. Verfahren zum Betreiben einer elektromagnetischen Stellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder als Pneumatik-Ventilvorrichtung nach Anspruch 8,

gekennzeichnet durch die Schritte:

- Bestromen der Spuleneinheit zum Bewirken einer Bewegung der Ankereinheit in der axialen Richtung,
- Bewirken einer dem Verkippen bzw. Auslenken aus der axialen Richtung entgegen wirkenden Kraft, insbesondere Querkraft oder Normalkraft, auf die Ankereinheit, bei einer axialen Überlappung zwischen Ankereinheit und Kerneinheit im Steuerbereich.

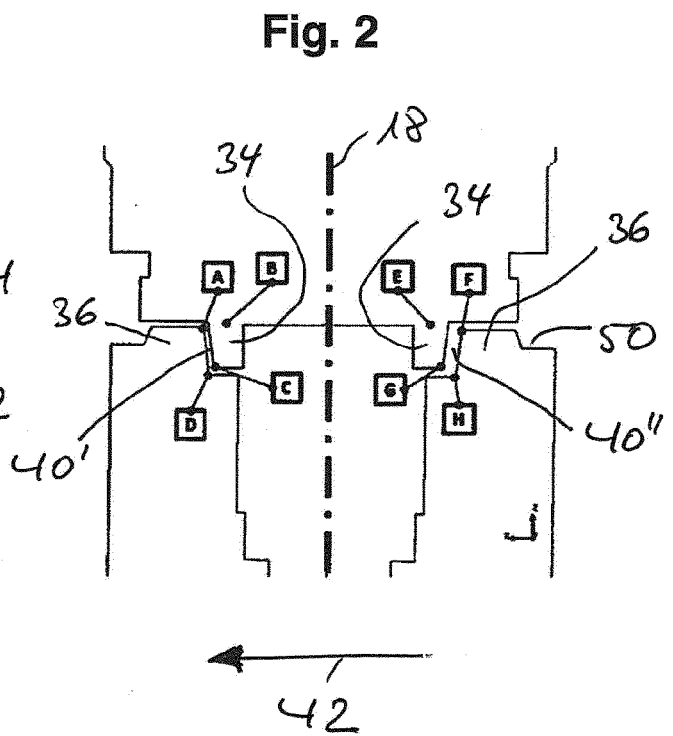
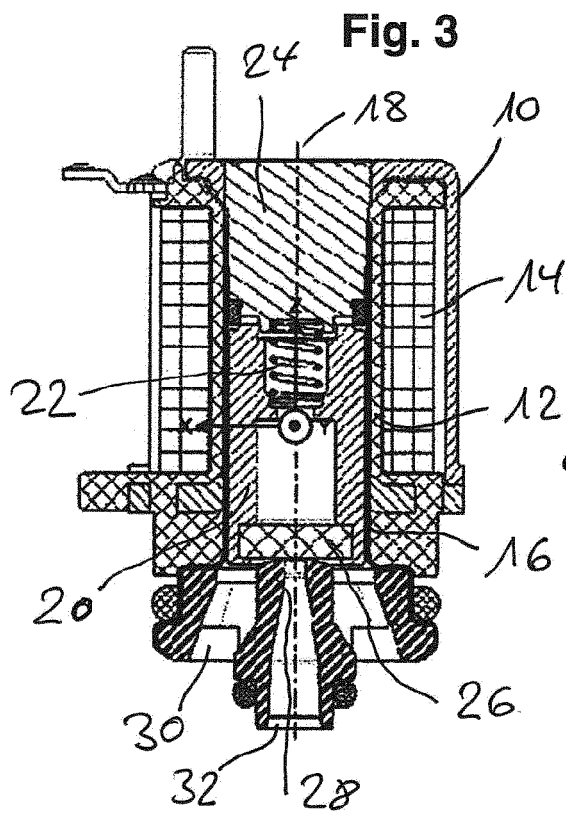
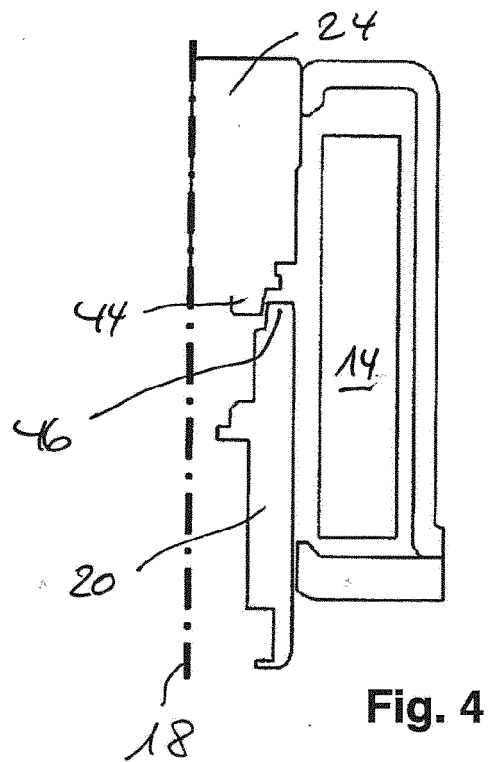
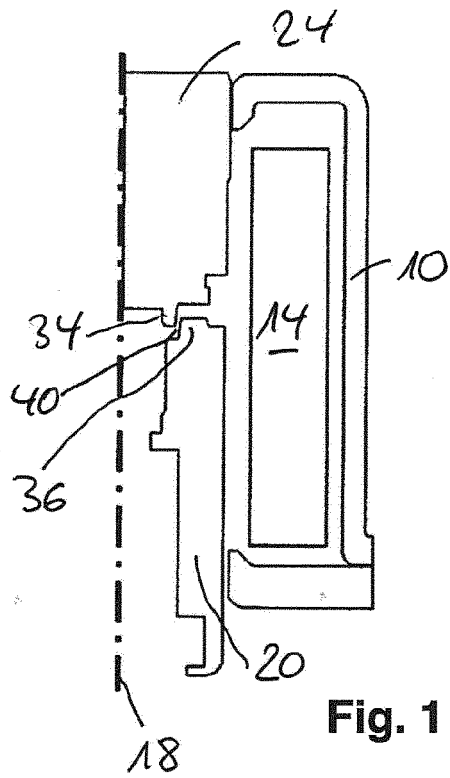
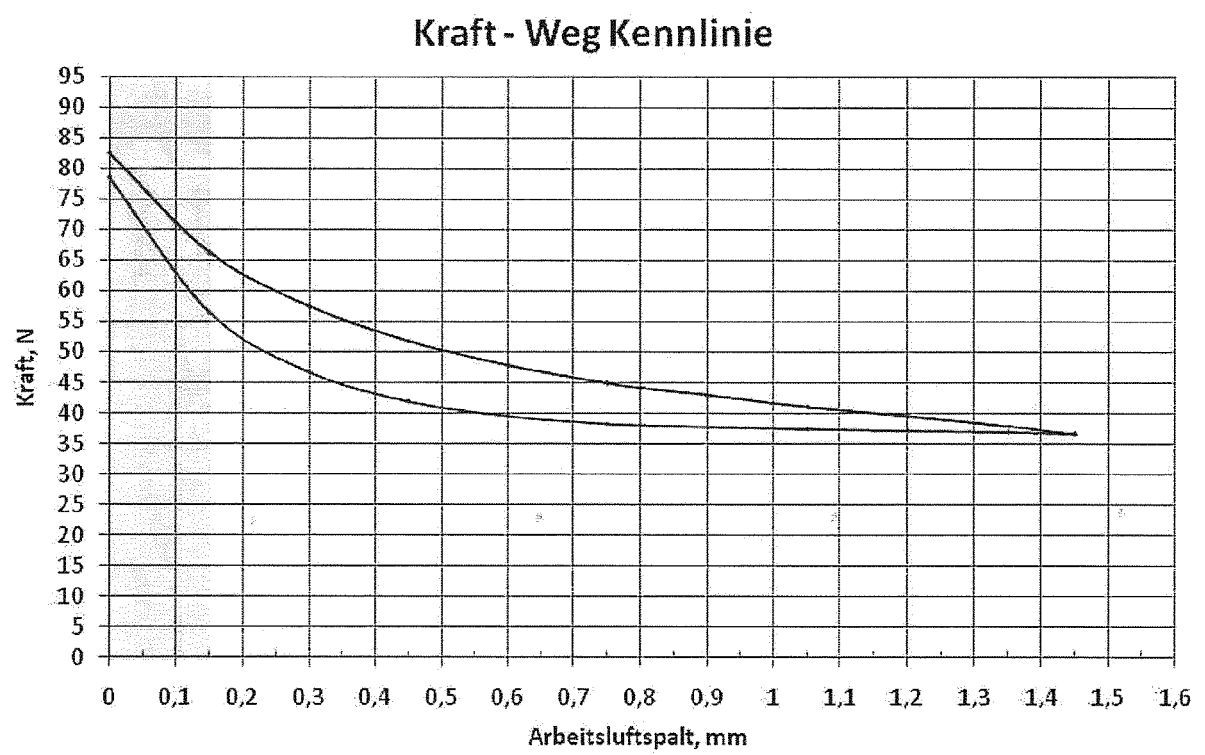


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 18 18 0013

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2009/051471 A1 (ZHAO SHEN [JP]) 26. Februar 2009 (2009-02-26) * Absätze [0099] - [0110]; Abbildung 1 * * Absatz [0119]; Abbildungen 3-7 *	1-9	INV. H01F7/08 H01F7/13
A	US 6 392 516 B1 (WARD JAMES R [US] ET AL) 21. Mai 2002 (2002-05-21) * Zusammenfassung *; Abbildungen 10,12 * * Spalte 14, Zeilen 16-48; Abbildungen 16-22 *	1-9	
A	US 2002/060620 A1 (BIRCANN RAUL A [US] ET AL) 23. Mai 2002 (2002-05-23) * Absätze [0005], [0012] * * Absatz [0021]; Abbildungen 2,3 *	1-9	
A	DE 102 51 851 A1 (ETO MAGNETIC KG [DE]) 12. Februar 2004 (2004-02-12) * Zusammenfassung *; Abbildungen 1,3 *	1-9	
A,D	DE 198 48 919 A1 (ELEKTROTEILE GMBH [DE]) 27. April 2000 (2000-04-27) * das ganze Dokument *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01F F16K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Oktober 2018	Prüfer Reder, Michael
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 18 0013

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-10-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2009051471 A1	26-02-2009	CN 101185229 A	21-05-2008
			EP 1887677 A1	13-02-2008
			JP 4571189 B2	27-10-2010
			JP W02006129596 A1	08-01-2009
			US 2009051471 A1	26-02-2009
			WO 2006129596 A1	07-12-2006
20	US 6392516 B1	21-05-2002	EP 1340233 A2	03-09-2003
			US 6392516 B1	21-05-2002
			WO 0243083 A2	30-05-2002
25	US 2002060620 A1	23-05-2002	KEINE	
	DE 10251851 A1	12-02-2004	KEINE	
	DE 19848919 A1	27-04-2000	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 19848919 A1 [0002] [0004]