



(10) **DE 10 2015 116 464 A1** 2017.03.30

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 116 464.7**
(22) Anmeldetag: **29.09.2015**
(43) Offenlegungstag: **30.03.2017**

(51) Int Cl.: **H01F 7/122 (2006.01)**
H01F 7/16 (2006.01)
F16K 31/06 (2006.01)
F15B 13/044 (2006.01)

(71) Anmelder:
Voith Patent GmbH, 89522 Heidenheim, DE

(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:
**Goll, Armin, 74673 Muldingen, DE; Lehmann,
Stefan, 91578 Leutershausen, DE; Lindörfer,
Steffen, 74575 Schrozberg, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

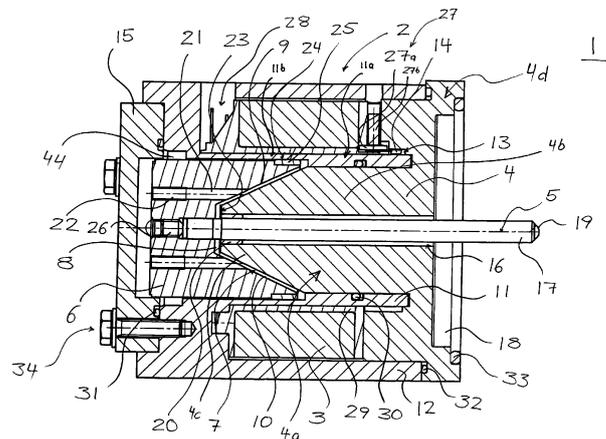
DE	10 2005 056 776	A1
DE	10 2012 106 683	A1
DE	10 2012 200 977	A1
GB	2 058 467	A
US	5 066 980	A
US	5 547 165	A

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektromagnetischer Stellantrieb zur Ausführung einer linearen Bewegung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Antrieb (1) zum Ausführen einer linearen Bewegung, mit einem Elektromagneten (2) mit einer Spule (3), einem Kern (4) und einem entlang einer Symmetrieachse (5) des Kerns (4) linear bewegbaren Anker (6), wobei zwischen dem Kern (4) und dem Anker (6) ein Luftspalt (7) ausgebildet ist. Mit dem Ziel, dass der elektromagnetische Antrieb eine einfache, kompakte, kosteneffiziente und flexible Anwendung bei Hochdrucksystemen sowie gleichzeitig eine exakte Positionierung des Kolbens an einer beliebigen Position mit optimierter Ausfahrgeschwindigkeit ermöglicht, ist vorgesehen, dass der Luftspalt (7) eine Basis (8) und zwei symmetrisch zur Symmetrieachse (5) verlaufende Schenkel (9, 10) sowie einen im Längsschnitt im Wesentlichen kegelstumpfförmigen Querschnitt aufweist und die Schenkel (9, 10) zur Symmetrieachse (5) des Kerns (4) unter Einschluss eines Winkels α angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektromechanischen Wandler, insbesondere einen elektromagnetischen Stellantrieb zum Ausführen einer linearen Bewegung.

[0002] Elektromagnetische Antriebe werden unter anderem zum Antrieb von hydraulischen Schieberventilen, insbesondere für das Öffnen und Schließen von Ventilen, eingesetzt. In diesem Zusammenhang unterscheidet man zwischen Niederdrucksystemen im Bereich von 3–25 bar, Mitteldrucksystemen im Bereich von 25–65 bar und Hochdrucksystemen im Bereich von 65–200 bar. Aus dem Stand der Technik sind Hydraulikventile bekannt, die als Niederdrucksystem im Bereich von ca. 10 bar arbeiten. Stellantriebe für Ventile in den Niederdrucksystemen sind im Vergleich zu Stellantrieben in den Hochdrucksystemen größer und schwerer.

[0003] Aufgrund von Kostenaspekten sowie von technischen Aspekten steigt der Bedarf an neuen Antrieben für Hochdrucksysteme mit kleineren Ventilen. Hochdrucksysteme haben gegenüber Niederdrucksystemen den Vorteil, dass die verwendeten Fluide weniger Druck-, Verwirbelungs- und Beschleunigungsverluste aufweisen. Des Weiteren ist bei Hochdrucksystemen die Verwendung von kleineren Bauteilen möglich, mit denen ebenfalls eine Kostenoptimierung erreicht und Platz gespart werden kann. Allerdings müssen Stellantriebe in Hochdrucksystemen größere Kräfte im Vergleich zu ihrer Dimensionierung aufbringen können.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind bereits Stellantriebe für Hochdruckanwendungen bekannt, die z.B. Spulen mit einem Permanentmagneten verwenden und eine bidirektionale Bewegung ausführen können, d.h. der Permanentmagnet wird mittels einer Elektroschule entweder in die eine oder in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt. Allerdings sind derartige Antriebe relativ groß dimensioniert. Kleinere Antriebe aus dem Stand der Technik sind wiederum nicht fähig, die für Hochdrucksysteme notwendige Kraft für die Hubachse bereitzustellen, um gegen eventuellen auftretenden Schmutz im Druckmedium ausreichend Kraftreserven zu haben.

[0005] Ein Elektromagnet eines Stellantriebs weist bekannter Weise eine Spule, die mit Strom ein Magnetfeld erzeugt, sowie einen Kern und einen Anker auf. Der Draht einer Spule ist regelmäßig kreisförmig aufgewickelt. Der Kern eines Elektromagneten besteht aus einem weichmagnetischen Werkstoff, im einfachsten Fall aus Weicheisen. Der Kern dient der Unterstützung und/oder Verstärkung des Magnetfeldes. Der Anker des Elektromagneten ist ferromagnetisch und wird durch das Magnetfeld, das durch die Spule erzeugt und durch den Kern verstärkt wird, an-

gezogen. Das zwischen Anker und Kern ausgebildete Magnetfeld übt eine Kraft aus, die abhängig von dem zwischen Anker und Kern gebildeten Luftspalt bzw. Abstand ist und im Wesentlichen einer hyperbolisch Kennlinie entspricht; d.h. je kleiner der Abstand zwischen Kern und Anker wird, desto stärker wird die Magnetkraft. Diese Kraft wächst mit geringer werdender Distanz zwischen Kern und Anker im Wesentlichen asymptotisch an.

[0006] Angesichts dessen liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, einen elektromagnetischen Antrieb zum Ausführen einer linearen Bewegung, insbesondere einer Hubbewegung, der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, der eine einfache, kompakte, kosteneffiziente und flexible Anwendung bei Hochdrucksystemen und gleichzeitig eine exakte Positionierung des Kolbens an einer beliebigen Position mit optimierter Ausfahrgeschwindigkeit ermöglicht.

[0007] Diese Aufgabe wird durch einen elektromagnetischen Antrieb gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Gegenstands sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0008] Der erfindungsgemäße elektromagnetische Antrieb zum Ausführen einer linearen Bewegung weist einen Elektromagneten mit einer Spule, einem Kern und einem entlang einer Symmetrieachse des Kerns linear bewegbaren Anker auf, wobei zwischen dem Kern und dem Anker ein Luftspalt ausgebildet ist. Ferner weist der Luftspalt eine Basis und zwei symmetrisch zur Symmetrieachse verlaufende Schenkel sowie einen im Längsschnitt im Wesentlichen kegelstumpfförmigen Querschnitt auf, und die Schenkel sind zur Symmetrieachse des Kerns unter Einschluss eines Winkels α angeordnet.

[0009] Der Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass der Luftspalt in seiner Fläche vergrößert und dadurch eine stärkere Kraft zwischen Anker und Kern ausgebildet wird. Des Weiteren bedingt die im Wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildete Fläche eine Reduzierung der durch die Form bedingten Querkräfte. Obwohl es auf Grund von Fertigungstoleranzen zu Unregelmäßigkeiten bei der Fläche des Kerns und/oder des Ankers und somit zu einer unvollständigen Neutralisierung der Querkräfte kommen kann, sind diese Querkräfte im Vergleich zu einer asymmetrischen Fläche weitaus geringer. Der Winkel α der Schenkel gegenüber der Symmetrieachse liegt im Bereich zwischen 30–70°, vorzugsweise zwischen 35–65°, insbesondere 45°–60°. Das beste Resultat hinsichtlich starker Magnetkraft ist bei 60° erreichbar.

[0010] Vorzugsweise weist der elektromagnetische Antrieb einen zwischen Spule und Kern angeordnete-

ten, hohlzylinderförmigen und magnetisierbaren bzw. ferromagnetischen Steg auf, der ein Teil eines Gehäuses bildet, in dem der Elektromagnet angeordnet ist. Zum einen dient der Steg als Positionierungsmittel für die Spule sowie für den Kern und den Anker. Da der Steg magnetisierbar ist, dient der Steg zum anderen als Bypass für das innerhalb der Spule ausgebildete Magnetfeld. Ebenso ist die einstückige Ausführung des Stegs als Teil des Gehäuses bei der Produktion von Vorteil, da dadurch der Steg nicht in zusätzlicher und komplizierter Fertigungsarbeit an das Gehäuse angelötet oder angeschweißt werden muss.

[0011] Der Kern erstreckt sich vorteilhafterweise über den Steg bis über den äußeren Rand des Gehäuses und schließt dieses an einer oberseitigen Öffnung des Gehäuses als Deckel ab. Dadurch wird in vorteilhafter Weise eine kompakte Bauweise des elektromagnetischen Antriebs ermöglicht. Zusätzlich dient der sich nach außen erstreckende Kern als Führungsmittel für das magnetische Feld. Dadurch kann das Magnetfeld gezielt ausgebildet und für die Anwendung angepasst werden.

[0012] Vorteilhafterweise ist der Kern derart geformt, einen Messluftspalt zu einer Außenseite des Stegs auszubilden. Aufgrund des magnetisierbaren Stegs wird ein Teil des Magnetfelds durch den Messluftspalt geleitet, dessen magnetische Flussdichte der des Luftspalts zwischen Kern und Anker im Wesentlichen proportional bzw. von seiner Größendimension ähnlich ist. Dadurch wird ein Referenzpunkt erschaffen, der nicht innerhalb der Spule, insbesondere zwischen Kern und Anker liegt.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist der elektromagnetische Antrieb einen in dem Messluftspalt angeordneten Magnetfeldsensor, insbesondere einen Hall-Sensor, zur Messung der magnetischen Flussdichte auf. Dies hat den Vorteil, dass der Magnetfeldsensor aufgrund seiner geschickten Anordnung in dem Messluftspalt eine proportionale magnetische Flussdichte zu der aus dem Luftspalt zwischen Kern und Anker messen kann. Durch die Messung des Magnetfelds bzw. dessen Flussdichte können Rückschlüsse auf die auf den Anker wirkenden Kräfte gezogen und diese berechnet und geregelt werden.

[0014] Vorteilhafterweise weist der elektromagnetische Antrieb ein Bodenverschlusselement auf, das an einer Unterseite des Gehäuses befestigt ist bzw. diesen an der Unterseite verschließt. Dadurch wird ein Raum zwischen dem Bodenverschlusselement und dem Kern definiert, in dem der Anker linear bewegbar ist. Des Weiteren kann dieses Element bei entsprechender Ausbildung entweder, wie der Kern, als Führungsmittel oder, wie das Deckelzentrierelement, als Entkopplungsmittel des Magnetfelds dienen.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der Raum mit einem Dämpfungsfluid wie z.B. Öl gefüllt. Dadurch wird die Beschleunigung des Ankers aufgrund der magnetischen Anziehungskraft und/oder eines Rückstellelements wie z.B. einer Feder gedämpft, vermindert bzw. gebremst.

[0016] Vorteilhafterweise weist der Kern einen entlang der Symmetrieachse verlaufenden Durchbruch auf, in dem eine Ankerachse lagerbar und/oder gelagert ist. Dadurch besteht die Möglichkeit, eine Verbindung zwischen dem Anker und der Außenseite des elektromagnetischen Antriebs herzustellen. Durch die symmetrische Anordnung des Durchbruchs wird eine Belastung des übrigen Materials des Kerns gleichmäßig verteilt.

[0017] Vorteilhafterweise ist auf der Oberseite des Kerns ein Zentrierdeckelelement angeordnet, um die Ankerachse zusätzlich zu lagern und eine rein lineare Bewegung der Ankerachse zu gewährleisten.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist an einem Ende im Anker eine Ankerachse befestigt, wobei sich die Ankerachse über eine Oberseite des Kerns erstreckt und am anderen Ende ein kugelförmiges Lagerelement aufweist. Durch die Befestigung der Ankerachse wird in einfacher Weise sichergestellt, dass diese nicht aus dem elektromagnetischen Antrieb herausgezogen werden kann. Andernfalls könnten etwaige Dämpfungsfluide über den Durchbruch des Kerns aus dem elektromagnetischen Antrieb auslaufen. Das kugelförmige Lagerelement dient als stabiles Kopfelement für ein Aufnahmeelement, z.B. ein Pfannenelement, und kann dadurch eine gleichmäßige Kraft entlang der Symmetrieachse z.B. auf ein Ventil bewirken.

[0019] Des Weiteren weist der Anker ein Hubeinstellungsmittel zum Einstellen eines Hubbereichs der Ankerachse auf. Der Vorteil dieser Weiterbildung der Erfindung liegt darin, dass die Ankerachse bei unterschiedlichen Anwendungen nicht ausgetauscht werden muss, sondern mit dem Hubeinstellungsmittel eingestellt werden kann.

[0020] Vorzugsweise ist in dem Durchbruch des Kerns ein Achsengleitlager angeordnet, um die durch die konische Form des Ankers bzw. des Kerns auftretenden Querkräfte bzw. der auftretenden magnetischen Querkräfte zu kompensieren und ein Kippen oder Abwinkeln des Ankers bei der Bewegung zu verhindern.

[0021] Als vorteilhaft hat sich ebenfalls herausgestellt, wenn der Anker parallel zur Symmetrieachse verlaufende Durchbrüche aufweist, die jeweils mit einem Verschlussmittel, insbesondere einer Madenschraube verschließbar sind. Insbesondere wenn ein Dämpfungsfluid im Innenraum des Ankers vorhanden

ist, kann die Dämpfung durch offene und verschlossene Durchbrüche reguliert werden. Je mehr Durchbrüche offen sind, desto schneller kann ein Dämpfungsfluid zwischen dem Raum auf der Unterseite des Ankers zum Raum auf der Oberseite des Ankers und umgekehrt fließen. Die Dämpfung des Ankers ist am Stärksten, wenn alle Durchbrüche verschlossen sind.

[0022] Vorzugsweise ist an der Basis des Luftspalts ein Abstandselement angeordnet, insbesondere eine Abstandsscheibe, welches einen minimalen Abstand zwischen Kern und Anker bestimmt. Da die magnetische Kraft mit einer Verkleinerung des Luftspalts hyperbolisch ansteigt, wird durch ein natürliches Hindernis wie dem Abstandselement die maximale Kraft auf den Anker beschränkt.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind Gleitlager, insbesondere Sinterlager, in einer Ankernut angeordnet, wobei die Ankernut an einer Außenseite und an einem zum Kern benachbarten Rand des Ankers ausgebildet ist. Diese Gleitlager helfen, die auftretenden Querkräfte aufgrund der konischen Form des Kerns bzw. des Ankers zu kompensieren und eine lineare Bewegung des Ankers zu gewährleisten.

[0024] Der erfindungsgemäße elektromagnetische Antrieb weist in anderen Ausführungsbeispielen vorzugsweise folgende Merkmale und Dimensionierungen auf:

Der Steg ist derart dünn und/oder leicht magnetisierbar, dass eine Sättigung des Stegs bei einem vorliegenden Magnetfeld sehr schnell erreicht wird. Dadurch werden Verluste bei der Kraftbildung im Luftspalt, die durch die Bypasswirkung des Stegs unvermeidbar sind, begrenzt.

[0025] Um eventuelle Querkräfte und deren Effekte soweit wie möglich zu kompensieren, hat die Hubachse bzw. Ankerachse einen Durchmesser von vorzugsweise mindestens 5 mm bzw. 6 mm. Dadurch wird ein Durchbiegen der Hubachse und somit ein eventuelles Verkippen des Ankers bei einer linearen Hubbewegung verhindert.

[0026] Der erfindungsgemäße Antrieb arbeitet unidirektional, d.h. der Anker ist kein Dauermagnet und die Magnetkraft kann den Anker lediglich in eine Richtung bewegen. Eine Feder ist vorzugsweise derart konfiguriert bzw. extern angeordnet, den Anker bei schwachem oder nicht-anliegendem Magnetfeld in eine Ausgangsposition zu bewegen.

[0027] Der Luftspalt zwischen Anker und Kern beträgt im Mittel 2,5 mm. Da der Gesamthub der Ankerachse 4 mm beträgt, ist der Luftspalt 0,5 bis 4,5 mm breit.

[0028] Der Anker ist an seiner Außenseite mit einem DU-Gleitlager ausgestattet, um die magnetischen Querkräfte besser zu kompensieren und ein Anliegen des Ankers am Steg zu verhindern.

[0029] Das Zentrierdeckelelement auf dem Kern ist eine Scheibe aus einem nichtmagnetisierbaren Metall, z.B. eine Aluminiumscheibe, und dient als magnetische Entkoppelung. Da das Magnetfeld nicht durch die Scheibe nach Außen geleitet wird, konzentriert sich das Magnetfeld im Kern und beeinflusst keine externen Elemente. Zusätzlich ist das Magnetfeld nicht durch externe Elemente beeinflussbar.

[0030] Ähnlich wie das Zentrierdeckelelement wirkt ein Gehäuseanbauelement des Gehäuses als Elektronik-Dom und bietet Schutz für die Elektronik und die interne Magnetfeldmessstelle vor externen Beeinflussungen wie z.B. durch magnetische Metalle oder Magnetfelder.

[0031] Eine alternative Ausführungsform des Antriebs weist statt einer Kegelstumpf-Form des Kerns und eine gegengleich ausgebildete Form des Ankers eine andere rotationssymmetrische Form auf, z.B. statt gerader Schenkel liegen gekrümmte, parabelförmige Schenkel vor. Zusätzlich oder alternativ kann anstelle der Basis auch eine rotationssymmetrische konische Vertiefung oder eine rotationssymmetrische Vertiefung mit gekrümmten Wänden vorliegen.

[0032] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug auf die beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Gegenstands sollen im Sinne der vorliegenden Erfindung hierdurch nicht ausgeschlossen sein.

[0033] Es zeigen:

[0034] Fig. 1 einen Querschnitt eines elektromagnetischen Antriebs gemäß einer ersten Ausführungsform;

[0035] Fig. 2 eine Außenansicht eines elektromagnetischen Antriebs gemäß einer zweiten Ausführungsform;

[0036] Fig. 3 einen Querschnitt des elektromagnetischen Antriebs aus Fig. 2 entlang einer angezeigten Achse A-A; und

[0037] Fig. 4 eine Explosionsansicht des elektromagnetischen Antriebs aus Fig. 2.

[0038] Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen elektromagnetischen Antrieb **1** im Querschnitt mit einem Elektromagneten **2** mit einer Spule **3**, einem Kern **4** sowie einem Anker **6**. Zwischen Kern **4** und Anker **6** ist ein Luftspalt **7** ausgebildet, der durch eine Oberflä-

che des kegelstumpfförmigen bzw. konischen Kerns **4** und eine gegengleich geformten Oberfläche des Ankers **6** begrenzt ist.

[0039] Das Gehäuse **12** des elektromagnetischen Antriebs **1** ist quaderförmig ausgebildet, wobei das Gehäuse **12** im Innenraum einen hohlzylinderförmigen Steg **11** aufweist. Der Steg **11** und das Gehäuse **12** sind aus einem Stück gebildet, insbesondere gedreht. Des Weiteren ist der Steg **11** sowohl zur Oberseite als auch zur Unterseite des Gehäuses **12** offen und bildet dadurch einen Durchbruch zwischen beiden gegenüberliegenden Seiten.

[0040] Der Kern **4** weist einen zu einer Symmetrieachse **5** rotationssymmetrischen Körper **4a** mit einem Zylinder **4b** und einem konisch geformten Kegelstumpf **4c** auf, der in den zylinderförmigen Innenraum des Stegs **11** eingesetzt ist. Damit der Kern **4** an einer bestimmten Position innerhalb des Gehäuses **12**, insbesondere des Stegs **11**, montiert bzw. befestigt ist, erstreckt sich vom rotationssymmetrischen Körper **4a** des Kerns **4** ein die Oberseite des Gehäuses verschließendes Deckelement **4d**. Das Deckelement **4d** liegt auf der Oberseite des Gehäusestands auf und ist mittels Befestigungsmitteln (nicht sichtbar) mit dem Gehäuse **12** fest verbunden. Durch den Körper **4a** und das Deckelement **4d** ist der Kern **4** innerhalb des Stegs **11** an einer vorbestimmten Position befestigt und nicht beweglich. Der obere Rand des Stegs **11** ist passgenau in das Deckelement **4d** eingesetzt. Zusätzlich ist das Deckelement **4d** derart ausgebildet, dass ein kreis- bzw. ringförmiger Messluftspalt **13** um den Steg **11**, insbesondere zwischen dem Deckelement **4d** und der Außenseite des Stegs **11**, entsteht. Des Weiteren ist das Deckelement **4d** derart ausgebildet, dass es die Spule **3** an einem Hin- und Hergleiten auf dem Steg **11** hindert und an einer vorbestimmten Position hält. Der Kern **4**, insbesondere der Körper **4a**, weist einen Durchbruch **16** entlang der Symmetrieachse **5** auf, in dem eine Ankerachse **17** gelagert ist. Der Kegelstumpf **4c** hat in der Querschnittsansicht eine geradlinige Basis **8** und einen ersten und einen zweiten geradlinigen Schenkel **9**, **10**. Die Fläche der Basis **8** ist auf Grund des Durchbruchs **16** ringscheibenförmig.

[0041] Der Steg **11** weist im Bereich des Zylinders **4b** des Kerns eine dicke Stegwand **11a** und ab Beginn des Kegelstumpfs **4c** in Richtung Unterseite des Gehäuses **12** eine dünnere Stegwand **11b** mit kleinerer Wanddicke auf. Dadurch entsteht ein Vorsprung, der als zusätzliche, natürliche Grenze des Verfahrensbereichs des Ankers **6** dient. Des Weiteren ist durch die dünnere Wand **11b** der Verlust an magnetischer Flussdichte durch den als Bypass agierenden Steg **11** geringer.

[0042] Die Drähte der Spule **3** sind auf einer Fassungsverrichtung **29** aufgewickelt und über einen

Stromanschluss **28** mit einer externen Stromquelle verbindbar. Die Spule **3** ist auf den Steg **11** gesetzt, sodass die Innenseite der Spule **3**, insbesondere der Fassungsverrichtung **29**, auf der Außenseite des Stegs **11** aufliegt. Der Steg **11** bildet dadurch eine Lagerung für die Spule **3** innerhalb des Gehäuses. Auf Grund der ferromagnetischen Eigenschaften des Stegs **11** dient der Steg **11** ebenfalls als Bypass für das im Inneren der Spule ausbildbare Magnetfeld. Bypass bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Teile des Magnetfelds nicht im Luftspalt zwischen Kern und Anker mitwirken, sondern über den Bypass, in diesem Fall den Steg **11**, umgeleitet werden.

[0043] An der Unterseite des Gehäuses **12** ist ein scheibenförmiges Bodenverschlusselement **15** mittels Befestigungsmitteln **34**, insbesondere Schrauben, befestigt. Mittig in dem Bodenverschlusselement **15** ist eine kreisförmige Vertiefung ausgebildet, die den gleichen Durchmesser wie der Innendurchmesser des Stegs **11** hat. Des Weiteren ist die Vertiefung des Bodenverschlusselements **15** konzentrisch zum Steg **11** angeordnet, so dass der Anker **6** aus dem Inneren des Stegs **11** in die Vertiefung bewegbar ist.

[0044] Der Anker **6** ist zylinderförmig ausgebildet und weist auf der Oberseite eine konische Vertiefung auf, die gegengleich zur Unterseite des Kerns **4** ausgebildet ist. Durch den Anker **6** verlaufen parallel zur Symmetrieachse **5** eine Vielzahl von Durchbrüchen **21**, die mittels Verschlussmittel **22**, insbesondere Madschrauben verschlossen oder verschließbar sind. Durch die Durchbrüche **21** kann ein Dämpfungsfluid fließen, das die Beschleunigung des Ankers **6** abbremsen kann. An der Außenseite des Ankers **6** erstreckt sich von dem oberen, zum Kern **4** gerichteten Rand und um den kompletten Umfang des Ankers **6** eine Anker Nut **24**, in der ein Gleitlager **25**, insbesondere ein Sinterlager angeordnet ist. Dieses Gleitlager **25** hilft, die durch den Luftspalt **7** auftretenden magnetischen Querkräfte zu kompensieren und den Anker **6** an einem Kippen zu hindern. In dem Anker **6** ist ein Durchbruch ausgebildet, der entlang der Symmetrieachse **5** verläuft, und in dem eine Ankerachse **17** mit einem Lagerelement **19**, insbesondere einem Lagerkopfelement befestigt ist. Mittels eines in dem Durchbruch des Ankers angeordneten Hubeinstellmittels **26**, insbesondere einer Stellschraube, kann der Verfahrbereich bzw. -bereich der Ankerachse voreingestellt werden. Die Ankerachse **17** ist mit einem in dem Durchbruch **16** des Kerns **4** angeordneten Achsengleitlager **20** bei der Basis **8** gelagert. Zusätzlich ist an der Basis **8** um die Ankerachse **17** ein Abstandselement **23**, insbesondere eine Abstandsscheibe, angeordnet, um einen kleinsten möglichen Luftspalt **7** und somit die maximale mögliche magnetische Kraft auf den Anker **6** festzulegen. Um die Querkräfte zusätzlich zu kompensieren, wird die Ankerachse **17** zusätzlich mit einem Zentrierdeckelement

18 gelagert, das auf der Oberseite in einer Vertiefung des Deckelelements **4d** angeordnet ist. Des Weiteren ist am Ende des Stegs **11**, insbesondere am zur Unterseite der Gehäuse gerichteten Ende der dünnen Stegwand **11b** zwischen Gehäuse **12** und Anker **6** ein Gleitlager **44** angeordnet.

[0045] Der zwischen Kern **4**, Bodenverschlusselement **15** und Steg **11** definierte Raum ist mit dem Dämpfungsfluid gefüllt. Zur Dichtung des elektromagnetischen Antriebs **1** sind ringförmige Dichtungsmittel ausgebildet, insbesondere ein Stegdichtungsring **30** zwischen Kern **4** und Steg **11**, ein Bodendichtungsring **31** zwischen Bodenverschlusselement **15** und Gehäuse **12**, ein Kerndichtungsring **32** zwischen Deckelelement **4d** und Gehäuse **12** und ein Deckeldichtungsring **33** zwischen Deckelelement **4d** und einem extern anzubauenden Teil wie z.B. einem Hydraulikventilgehäuse (u. oder z.B. ein Zentrierdeckelelement **18**).

[0046] In dem Messluftspalt **13** ist ein Magnetfeldsensor **14**, insbesondere ein Hallsensor angeordnet, der die Magnetfeldflussdichte bzw. Magnetfeldstärke in diesem Luftspalt **13** misst. Durch die Anordnung von Messluftspalt **13** und Magnetfeldsensor **14** ist die gemessene Magnetfeldflussdichte proportional zu der im Luftspalt **7** herrschenden Magnetfeldflussdichte. Um magnetische Einflüsse auf das Signal des Sensors **14** zu verringern bzw. verhindern, ist direkt an dem Sensor **14** an der Außenseite des Stegs **11** eine Sensorhaltevorrichtung **27** mit einer Sensorelektronik **27a** und einer Sensorsteckvorrichtung **27b** angeordnet. Die Sensorelektronik **27a** wertet das Signal des Sensors **14** aus und/oder versendet das (ausgewertete) Signal.

[0047] Fig. 2 zeigt einen erfindungsgemäßen elektromagnetischen Antrieb **1** in der Draufsicht gemäß einer zweiten Ausführungsform. Die Elemente der zweiten Ausführungsform sind im Wesentlichen identisch zu den Elementen der ersten Ausführungsform aus Fig. 1. Die strukturellen und funktionellen Unterschiede bestehen darin, dass zusätzlich an dem Gehäuse **12** (nicht direkt sichtbar) ein Gehäuseanbauelement **36** mit einem Eingang/Ausgang-Verkabelungsanschluss **35** (E/A-Verkabelungsanschluss) ausgebildet ist. Des Weiteren ist die Ankerachse **17** und das Zentrierdeckelelement **18** in Fig. 2 erkennbar.

[0048] Fig. 3 zeigt einen Querschnitt des elektromagnetischen Antriebs aus Fig. 2 entlang einer Achse A-A. Das Gehäuseanbauelement **36** ist einstückig mit dem Gehäuse **4** ausgebildet und kann eine zusätzliche Steuerungs- und/oder Auswertungs-elektronik für die Spule **3** und den Magnetfeldsensor **14** enthalten. Das Gehäuseanbauelement **36** ist mit einem Gehäuseanbaudeckelelement **38** verschlossen und mit einem zwischen den beiden Elementen

36 und **38** angeordneten Anbaudichtungsring **37** abgedichtet. Zusätzlich sind in dem Gehäuseanbaudeckelelement **38** der E/A-Verkabelungsanschluss **35** mit einem Verkleidungsring **42** und ein Stecker **39** für Parametrierung und/oder Busankopplung mit einer Steckerverkleidung **40** angeordnet. In dieser Ausführungsform weist der Anker **6** keine Ankernut **24** wie in Fig. 1 auf.

[0049] Fig. 4 zeigt eine Explosionsansicht des elektromagnetischen Antriebs aus Fig. 2. Die gezeigten Elemente des elektromagnetischen Antriebs sind identisch zu den in Fig. 2 und Fig. 3 gezeigten Elementen. Gut erkennbar ist die Quaderform des Gehäuses **12** mit dem Gehäuseanbauelement **36**. Die Fassungs-vorrichtung **29** der Spule weist eine Vertiefung an der Oberseite auf, in welche die Sensorhaltevorrichtung **27** des Hallsensors **14** einsetzbar ist.

Bezugszeichenliste

1	Elektromagnetischer Antrieb
2	Elektromagnet
3	Spule
4	Kern
4a	rotationssymmetrischer Körper (des Kerns)
4b	Zylinder (des Kerns)
4c	konisch geformter Kegelstumpf (des Kerns)
4d	Deckelelement (des Kerns)
5	Symmetrieachse
6	Anker
7	Luftspalt
8	Basis
9	Schenkel
10	Schenkel
11	Hohlzylinderförmiger Steg
11a	Dicke Stegwand
11b	Dünne Stegwand
12	Gehäuse
13	Messluftspalt
14	Magnetfeldsensor
15	Bodenverschlusselement
16	Durchbruch des Kerns
17	Ankerachse
18	Zentrierdeckelelement
19	Lagerelement (Lagerkopfelement)
20	Achsgleitlager
21	Durchbruch des Ankers (Dämpfungseinrichtung)
22	Verschlussmittel (Madenschrauben)
23	Abstandselement (Abstandsscheibe)
24	Ankernut
25	Gleitlager (Sinterlager)
26	Hubeinstellmittel (Einstellschraube)
27	Sensorhaltevorrichtung
27a	Sensorhalter
27b	Steckvorrichtung
28	Stromanschluß der Spule

29	Fassungsvorrichtung der Spule
30	Stegdichtungsmittel (Stegdichtungsring)
31	Dichtungsmittel des Bodenabschlusselements (Bodendichtungsring)
32	Kerndichtungsmittel (Kerndichtungsring)
33	Deckeldichtungsmittel (Deckeldichtungsring)
34	Befestigungsmittel des Bodenabschlusselements (Schraube)
35	E/A-Verkabelungsanschluss (Strom- und/oder Datenanschluß)
36	Gehäuseanbauelement (Teil des Gehäuses)
37	Gehäuseanbaudichtungsmittel (Anbaudichtungsring)
38	Gehäuseanbaudeckel
39	Stecker
40	Steckerverkleidung
41	Befestigungsmittel des Gehäuseanbaudeckels (Schraube)
42	Verkleidungsring des E/A-Verkabelungsanschlusses
43	Befestigungsmittel des Kerns (Schraube)
44	Gleitlager

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Antrieb (1) zum Ausführen einer linearen Bewegung, mit einem Elektromagneten (2) mit einer Spule (3), einem Kern (4) und einem entlang einer Symmetrieachse (5) des Kerns (4) linear bewegbaren Anker (6), wobei zwischen dem Kern (4) und dem Anker (6) ein Luftspalt (7) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Luftspalt (7) eine Basis (8) und zwei symmetrisch zur Symmetrieachse (5) verlaufende Schenkel (9, 10) sowie einen im Längsschnitt im Wesentlichen kegelstumpfförmigen Querschnitt aufweist, und die Schenkel (9, 10) zur Symmetrieachse (5) des Kerns (4) unter Einschluss eines Winkels α angeordnet sind.

2. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen zwischen Spule (3) und Kern (4) angeordneten, hohlzylinderförmigen und magnetisierbaren Steg (11), der einen Teil eines Gehäuses (12) bildet, in dem der Elektromagnet (2) angeordnet ist.

3. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Kern (4) über den Steg (11) bis an den äußeren Rand des Gehäuses (12) erstreckt und eine Oberseite des Gehäuses (12) als Deckel abschließt.

4. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kern einen Messluftspalt (13) zu einer Außenseite des Stegs (11) aufweist.

5. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch einen in dem Messluftspalt (13) angeordneten Magnetfeldsensor (14), insbesondere einem Hallsensor, zur Messung der magnetischen Flussdichte.

6. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, gekennzeichnet durch ein an einer Unterseite des Gehäuses (12) befestigtes Bodenverschlusselement (15), wobei der Anker (6) in einem Raum zwischen dem Bodenverschlusselement (15) und dem Kern (4) linear bewegbar ist.

7. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Raum mit einem Dämpfungsfluid gefüllt ist.

8. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kern (4) einen entlang der Symmetrieachse verlaufenden Durchbruch (16) aufweist, in dem eine Ankerachse (17) lagerbar und/oder gelagert ist.

9. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch ein auf einer Oberseite des Kerns (4) angeordnetes Zentrierdeckelelement (18).

10. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach Anspruch 8 oder 9, gekennzeichnet durch einen an einem Ende im Anker (6) befestigten Ankerachse (17), wobei sich die Ankerachse (17) über eine Oberseite des Kerns (4) erstreckt und am anderen Ende ein kugelförmiges Lagerelement (19) aufweist.

11. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch ein in dem Anker angeordnetes Hubeinstellungsmittel (26) zum Einstellen eines Hubbereichs der Ankerachse (17).

12. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, gekennzeichnet durch ein in dem Durchbruch (16) angeordnetes Achsengleitlager (20).

13. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anker (6) parallel zur Symmetrieachse verlaufende Durchbrüche (21) aufweist, die jeweils mit einem Verschlussmittel (22), insbesondere einer Madenschraube, verschließbar sind.

14. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, gekennzeichnet durch ein in der Basis (8) des Luftspalts (7) angeordnetes Abstandselement (23), insbesondere einer Abstandsscheibe, das einen minimalen Abstand zwischen Kern (4) und Anker (6) bestimmt.

15. Elektromagnetischer Antrieb (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, gekennzeichnet durch ein

in einer Ankernut (24) angeordnetes Gleitlager (25), insbesondere einem Sinterlager, wobei die Ankernut (24) an einer Außenseite und an einem zum Kern (4) benachbarten Rand des Ankers (6) ausgebildet ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

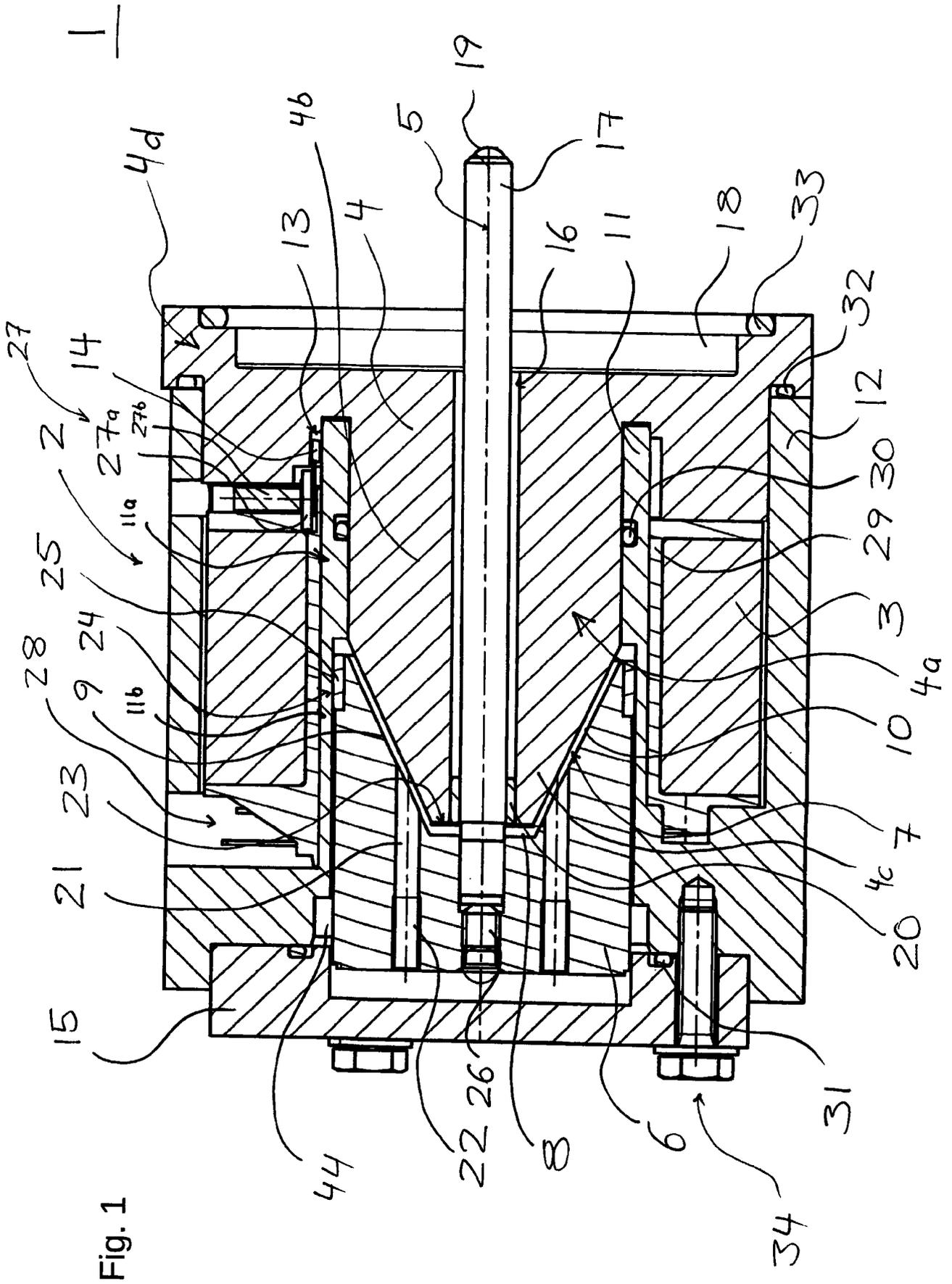


Fig. 1

Fig. 2

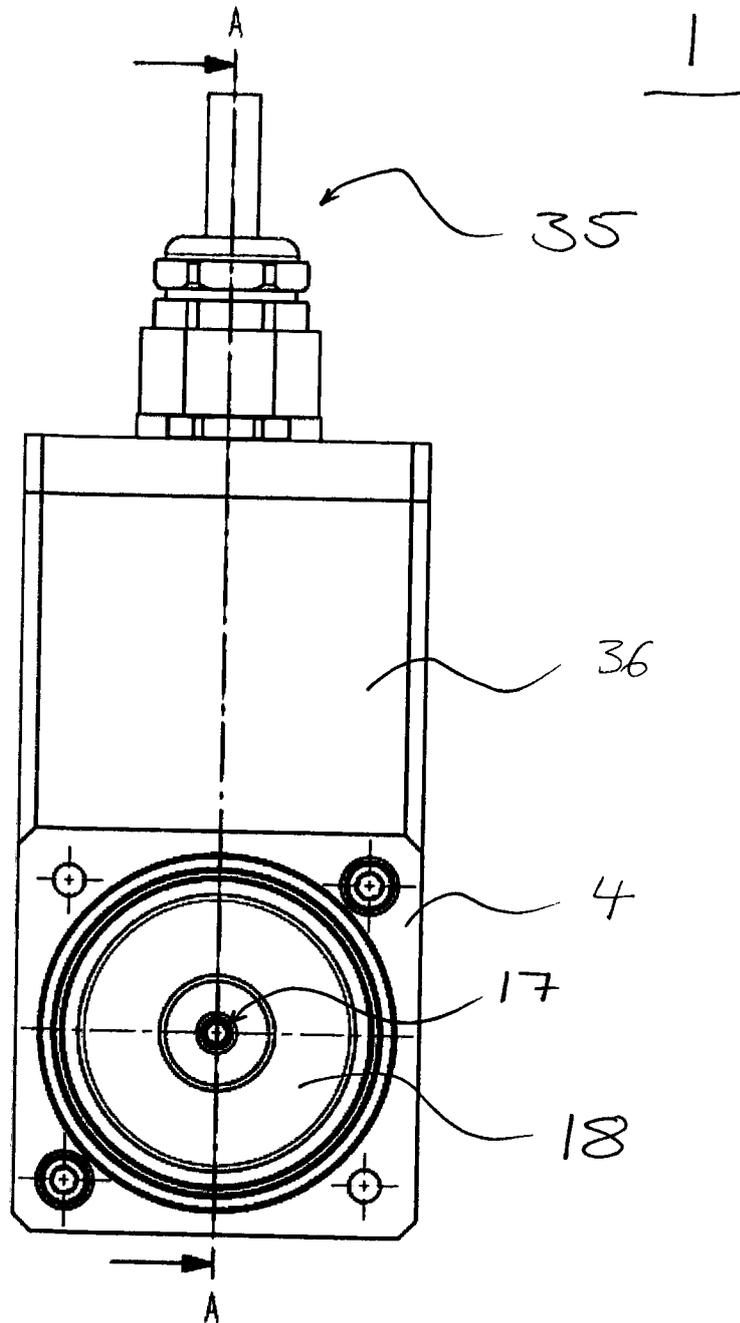
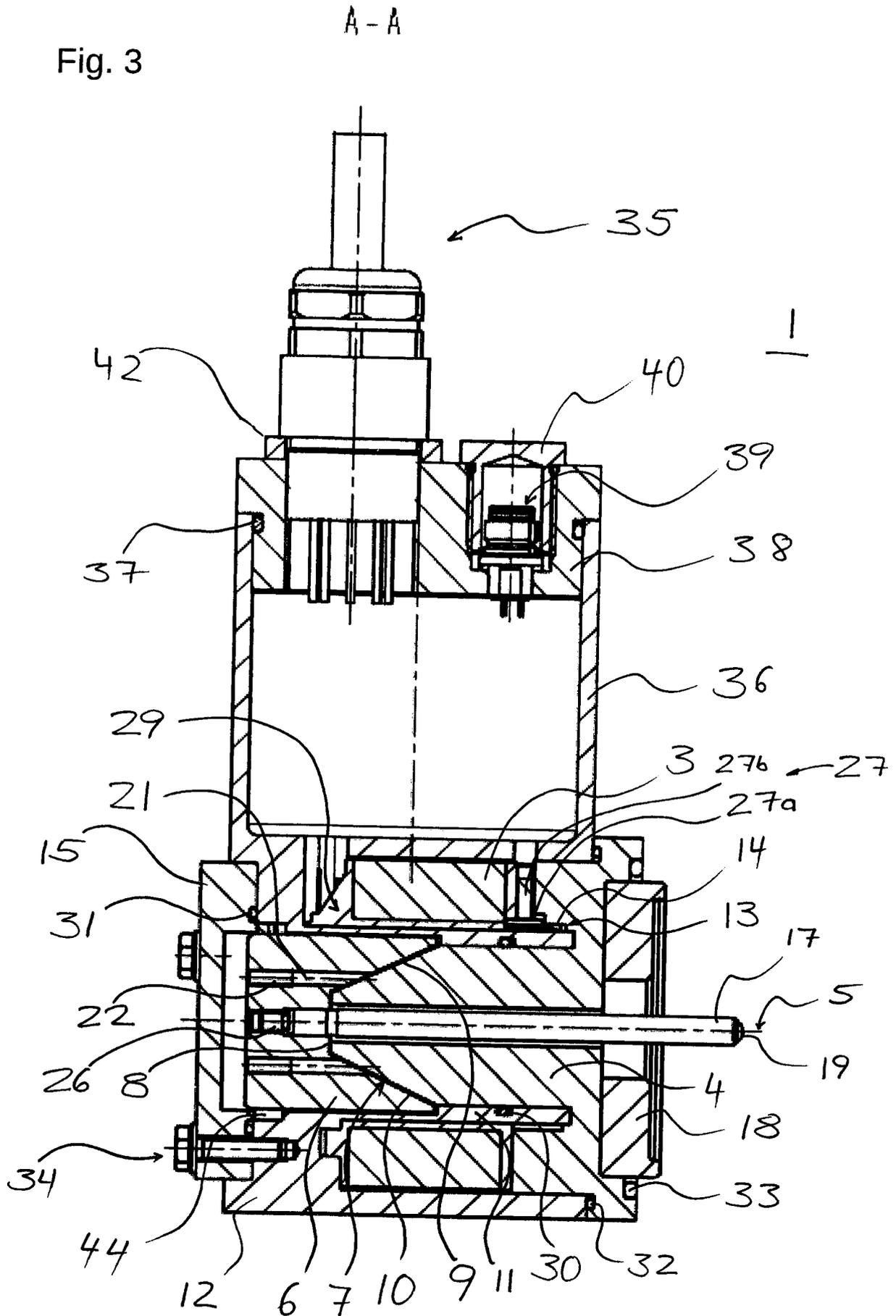


Fig. 3



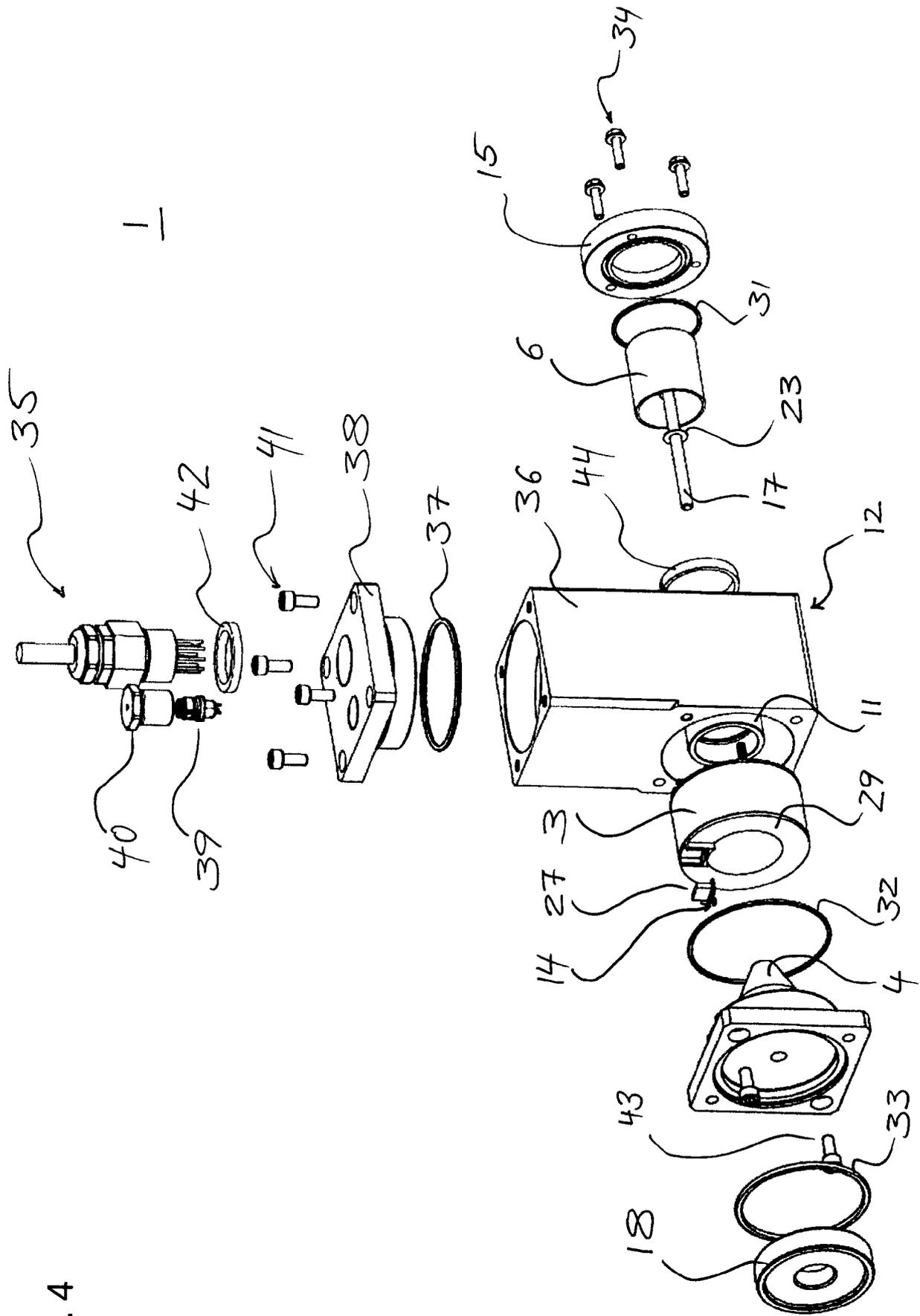


Fig. 4