

(19)



(11)

EP 2 880 312 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.04.2016 Patentblatt 2016/15

(51) Int Cl.:
F04B 17/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13734331.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/001850

(22) Anmeldetag: **24.06.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/000878 (03.01.2014 Gazette 2014/01)

(54) **ELEKTROMAGNETISCHE PUMPE**

ELECTROMAGNETIC PUMP

POMPE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

(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: **25.06.2012 DE 102012012779**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.06.2015 Patentblatt 2015/24

(73) Patentinhaber: **Thomas Magnete GmbH**
57562 Herdorf (DE)

(72) Erfinder:
• **MÜLLER, Axel**
57072 Siegen (DE)

- **MÜLLER, Michael**
53773 Hennef (DE)
- **OHLIGSCHLÄGER, Olaf**
57520 Grünebach (DE)
- **WELLNITZ, Robert**
57548 Kirchen (DE)

(74) Vertreter: **Sparing, Rolf Klaus et al**
Bonnekamp & Sparing
Patentanwaltskanzlei,
European Patent & Trade Mark Law Firm,
Goltsteinstrasse 19
40211 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102008 058 046 DE-A1-102010 013 106
DE-U1- 20 019 406

EP 2 880 312 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektromagnetische Pumpe.

[0002] Aus der Praxis bekannte elektromagnetische Pumpen weisen eine sich entlang einer Längsachse erstreckende Spule auf, wobei die Spule von einem ersten ferromagnetischen und einem zweiten ferromagnetischen Kernteil jeweils teilweise durchsetzt ist. Die ferromagnetischen Kernteile sind im Inneren der Spule voneinander beabstandet, wobei ein die beiden Kernteile zumindest teilweise durchsetzender Anker bei Erregung der Spule durch das entstehende Magnetfeld axial verlagert wird. Dabei ist zwischen dem ersten ferromagnetischen Kernteil und dem Anker ein axialer primärer Luftspalt angeordnet und zwischen dem zweiten ferromagnetischen Kernteil und dem Anker ein radialer sekundärer Luftspalt angeordnet, wobei ein in dem zweiten Kernteil geführter Einführabschnitt des Ankers zylindrisch ausgestaltet ist. Der zylindrische Einführabschnitt ist dabei in einen ebenfalls zylindrischen Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils aufgenommen, wobei im Bereich der dem ersten Kernteil zugekehrten Stirnseite des Aufnahmeabschnitts eine das Einführen des Ankers erleichternde Fase vorgesehen sein kann. Nachteilig wird durch die zylindrische Ausgestaltung des Einführabschnitts die konstruktive Auslegung des Magnetkreises aber im Wesentlichen auf das erste ferromagnetische Kernteil und den dem ersten ferromagnetischen Kernteil zugewandten Ankerkopf des Ankers beschränkt. Ferner nachteilig muss die Bewegung des Ankers gegen Ende der Bestromung der Spule durch eine aufwendige Elektronik zum Abbremsen gesteuert werden, um eine Hub-Kraft-Kennlinie zu erzielen, die von einer im Wesentlichen exponentiell ansteigenden Hub-Kraft-Kennlinie abweicht.

[0003] DE 10 2008 058 046 A1 beschreibt in einem Ausführungsbeispiel eine elektromagnetische Hubkolbenpumpe mit einer Spule und einem ersten und einem zweiten abschnittsweise in der Spule angeordneten ferromagnetischen Kernteil. Ein ferromagnetischer Anker ist in einer Stützhülse aus einem magnetisch nicht leitenden Material verschiebbar aufgenommen, wobei die Stützhülse in einem dem ersten Kernteil zugekehrten Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils vorgesehen ist. Zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil ist ein primärer Luftspalt und zwischen einem Einführabschnitt des Ankers und einem Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils ein sekundärer Luftspalt angeordnet. Der Magnetanker weist an einem dem ersten Kernteil zugekehrten Ende eine Ausnehmung auf, in der eine erste Feder aufgenommen ist, die sich an ihrem dem Anker abgekehrten Ende an dem ersten Kernteil abstützt. An einem dem zweiten Kernteil zugekehrten Ende des Ankers ist ein Abstützelement vorgesehen, an dem ein erstes Ende einer zweiten Feder abgestützt ist. Ein zweites Ende der zweiten Feder stützt sich an einer Ausnehmung eines in dem zweiten Kernteil aufgenommenen Dosierzylinders

ab. Bei einer Erregung der Spule verlagert sich der Anker in Folge einer Magnetkraft entgegen einer Federkraft der ersten Feder in Richtung des ersten Kernteils, wobei der primäre Luftspalt geschlossen wird. Hierbei ist eine magnetische Kraft zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil größer als eine magnetische Kraft zwischen dem Anker und dem zweiten Kernteil. Der Einführabschnitt und der Aufnahmeabschnitt weisen keine konischen Abschnitte auf, durch die sich eine über den Hub ändernde Hub-Kraft-Kennlinie realisieren lässt. Um von einem im Wesentlichen exponentiell ansteigenden Verlauf der Hub-Kraft-Kennlinie abzuweichen, müssen zusätzliche Maßnahmen, wie beispielsweise das Vorsehen einer Regелеlektronik, getroffen werden.

[0004] US 2009 / 0 200 499 A1 zeigt einen elektromagnetischen Linearantrieb für eine Pumpe mit einer Spule, die von einem ersten ferromagnetischen Kernteil und einem zweiten ferromagnetischen Kernteil abschnittsweise umschlossen ist. Ein ferromagnetischer Anker mit Jochabschnitten und Magnetabschnitten ist verschiebbar in einem Zentralbereich des ersten Kernteils und des zweiten Kernteils aufgenommen. Der Anker weist einen ersten Führungsabschnitt und einen zweiten Führungsabschnitt auf, mit denen der Anker in einer ersten Zentrierscheibe und einer zweiten Zentrierscheibe geführt ist. Zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil sowie zwischen dem Anker und dem zweiten Kernteil ist ein Luftspalt ausgebildet. Zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil ist jedoch kein primärer Luftspalt angeordnet. So ergibt sich auch keine magnetische Kraft zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil, die bei einem Schließvorgang des ersten Luftspalts größer ist als eine magnetische Kraft zwischen dem Anker und dem zweiten Kernteil. Schließlich ist auch kein Einführabschnitt mit zumindest einem konischen Abschnitt, der einen von der kegelstumpfförmigen Kontur des vorderen Bereichs des ferromagnetischen Ankers abweichenden Öffnungswinkel aufweist, vorgesehen.

[0005] DE 11 01 960 B beschreibt eine elektromagnetische Pumpe, umfassend eine Spule, die von einem ferromagnetischen Gehäuse umschlossen ist. Das Gehäuse bildet einen zylindrischen Pumpraum, in dem ein ferromagnetisches Kernteil aufgenommen ist. In dem Pumpraum ist außerdem ein ferromagnetischer Anker axial verschiebbar aufgenommen, wobei zwischen dem Anker und dem Kernteil ein Luftspalt gebildet ist. Der Pumpraum ist an einem dem Kernteil gegenüberliegenden Ende durch einen Verschlussflansch aus einem nicht magnetisch leitenden Material begrenzt. Der Anker ist mittels einer Feder, die sich an dem Kernteil und dem Anker abstützt, gegenüber dem Verschlussflansch vorgespannt, wobei ein Widerlager am Anker durch einen radial vorstehenden Einführabschnitt des Ankers gebildet ist, mit dem der Anker in dem Pumpraum geführt ist. Bei einer Erregung der Spule verlagert sich der Anker in Folge einer Magnetkraft entgegen einer Federkraft in Richtung des Kernteils. Nach Entregung der Spule gelangt der Anker zurück in eine vorgespannte Ausgangs-

lage. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Anker auch eine konische Gestalt aufweisen. Ein zumindest teilweise in der Spule angeordnetes zweites Kernteil ist nicht vorgesehen, ebenso kein zumindest teilweise in der Spule angeordnetes zweites Kernteil. Ein radialer, sekundärer Luftspalt zwischen dem Einführabschnitt des Ankers und dem Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils fehlt, so dass eine magnetische Kraft zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil bei einem Schließvorgang des ersten Luftspalts größer ist als eine magnetische Kraft zwischen dem Anker und dem zweiten Kernteil. Schließlich ist auch kein Einführabschnitt mit zumindest einem konischen Abschnitt, der einen von der kegeltstumpfförmigen Kontur des vorderen Bereichs des ferromagnetischen Ankers abweichenden Öffnungswinkel aufweist, gezeigt.

[0006] DD 128 346 A1 zeigt einen elektromagnetischen Antrieb mit einer Spule und einem ersten ferromagnetischen Kernteil. In einem Aufnahmeabschnitt eines zweiten ferromagnetischen Kernteils ist ein ferromagnetischer Anker mit einem Einführabschnitt verschiebbar aufgenommen. Zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil sowie zwischen dem Anker und dem zweiten magnetischen Kernteil sind ein primärer und ein sekundärer Luftspalt angeordnet. Bei einer Erregung der Spule ist eine Magnetkraft zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil größer als zwischen dem Anker und dem zweiten Kernteil, wodurch sich der Anker in Richtung des ersten Kernteils verlagert und der primäre Luftspalt geschlossen wird. Der Einführabschnitt des Ankers weist eine gestufte Kontur auf. Ein ferromagnetischer Anker mit einem dem ersten Kernteil zugewandten vorderen Bereich mit einer sich Hubrichtung verjüngenden kegeltstumpfförmigen Kontur ist nicht gezeigt. Ein vorderer Bereich des Ankers, der radial über eine dem ersten Kernteil zugewandte Stirnseite des Aufnahmeabschnitts des zweiten Kernteils vorsteht, und ein Einführabschnitt mit zumindest einem konischen Abschnitt, der einen von der kegeltstumpfförmigen Kontur des vorderen Bereichs des ferromagnetischen Ankers abweichenden Öffnungswinkel aufweist, sind nicht gezeigt.

[0007] DE 696 07 230 T2 beschreibt eine elektromagnetische Pumpe, umfassend eine Spule und ein erstes ferromagnetisches Kernteil. Gegenüber dem ersten Kernteil ist ein zweites ferromagnetisches Kernteil angeordnet, wobei das erste Kernteil und das zweite Kernteil eine Niederdruckkammer der Pumpe bilden. In der Niederdruckkammer ist ein ferromagnetischer Anker verschiebbar aufgenommen. Zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil ist ein primärer Luftspalt und zwischen dem Anker und dem zweiten Kernteil ein sekundärer Luftspalt angeordnet. Der Anker weist einen Aufnahmeabschnitt auf, an dem sich ein erstes Ende einer Feder abstützt. Ein zweites Ende der Feder stützt sich an einem Fortsatz eines die Niederdruckkammer begrenzenden Gehäuseteils der Pumpe ab. Dadurch ist der Anker gegenüber einem Abstandsstück des zweiten Kernteils vorgespannt. Bei einer Erregung der Spule ist eine Magnet-

kraft zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil größer als zwischen dem Anker und dem zweiten Kernteil, wodurch sich der Anker entgegen einer Federkraft in Richtung des ersten Kernteils verlagert. Hierbei verringert sich der primäre Luftspalt zwischen dem Anker und dem ersten Kernteil. In einem entregten Zustand der Spule gelangt der Anker in Folge der Federkraft zurück in eine Ausgangslage. Die Kontur des Ankers weist zylindrische Abschnitte mit unterschiedlichen Durchmessern und konische Abschnitte auf. Ein ferromagnetischer Anker mit einem dem ersten Kernteil zugewandten vorderen Bereich mit einer sich Hubrichtung verjüngenden kegeltstumpfförmigen Kontur bzw. ein vorderer Bereich des Ankers, der radial über eine dem ersten Kernteil zugewandte Stirnseite des Aufnahmeabschnitts des zweiten Kernteils vorsteht, ist nicht gezeigt. Schließlich ist auch kein Einführabschnitt mit zumindest einem konischen Abschnitt vorgesehen, der einen von der kegeltstumpfförmigen Kontur des vorderen Bereichs des ferromagnetischen Ankers abweichenden Öffnungswinkel aufweist.

[0008] US 2 006 592 A zeigt eine elektromagnetische Pumpe, umfassend eine erste Spule und eine zweite Spule, die in einem Pumpengehäuse axial voneinander beabstandet angeordnet sind. Die erste Spule und die zweite Spule sind innenseitig radial durch eine Stützhülse aus einem magnetisch nicht leitenden Material begrenzt, die eine Pumpkammer der Pumpe bildet. Die Pumpkammer wird in axialer Richtung einenennds durch ein erstes ferromagnetisches Kernteil begrenzt, welches teilweise von der zweiten Spule umschlossen ist. Anderennds ist die Pumpkammer in axialer Richtung durch ein zweites ferromagnetisches Kernteil begrenzt, das teilweise von der ersten Spule umschlossen ist. In der Pumpkammer ist ein ferromagnetischer Anker axial verschiebbar aufgenommen. Bei einer Erregung der ersten Spule verlagert sich der Anker in Folge einer Magnetkraft in Richtung des ersten Kernteils, wobei der primäre Luftspalt geschlossen wird. Bei Entregung der ersten Spule und Erregung der zweiten Spule kommt es aufgrund einer in entgegengesetzter Richtung wirkenden Magnetkraft zu einer Verlagerung des Ankers in Richtung des zweiten Kernteils, wobei der sekundäre Luftspalt geschlossen wird. Der Anker weist an einem ersten und einem zweiten Ende konische Einführabschnitte auf, die mit konischen Aufnahmeabschnitten in dem ersten Kernteil und dem zweiten Kernteil fluchten, so dass der Anker in das erste Kernteil und das zweite Kernteil einführbar ist. Eine elektromagnetische Pumpe mit genau einer Spule ist nicht gezeigt. Zwischen dem Einführabschnitt des Ankers und dem zu der Längsachse gewandten Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils ist auch kein radialer, sekundärer Luftspalt angeordnet. Ein Einführabschnitt mit zumindest einem konischen Abschnitt, der einen von der kegeltstumpfförmigen Kontur des vorderen Bereichs des ferromagnetischen Ankers abweichenden Öffnungswinkel aufweist, ist ebenso nicht gezeigt.

[0009] FR 2 428 343 A1 beschreibt einen elektroma-

gnetischen Linearantrieb mit einer in einem Gehäuse angeordneten Spule. Die Spule ist zwischen einer ersten Gehäusehälfte und einer zweiten Gehäusehälfte klemmend aufgenommen und ragt in einen Aktorraum hinein. Um die Spule ist ein U-förmiges ferromagnetisches Kernstück angeordnet. Ein ferromagnetischer Anker durchsetzt die Spule und das Kernstück und ist mittels eines ersten zylindrischen Führungsabschnitts in der ersten Gehäusehälfte und mittels eines zweiten zylindrischen Führungsabschnitts in der zweiten Gehäusehälfte verschiebbar aufgenommen. Der zweite Führungsabschnitt ist von einer Feder umschlossen, die sich einenends an der zweiten Gehäusehälfte und anderenends an einem auf dem Anker fixierten Federteller abstützt, so dass der Anker gegenüber der zweiten Gehäusehälfte vorgespannt ist. Bei einer Erregung der Spule verlagert sich der Anker in Folge einer Magnetkraft entgegen einer Vorspannung in Richtung der zweiten Gehäusehälfte. In einem entregten Zustand der Spule gelangt der Anker zurück in eine Ausgangslage aufgrund einer Rückstellwirkung der Feder. Der Anker ist entlang eines in dem Kernstück und der Spule befindlichen Abschnitts konisch ausgebildet.

[0010] Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine elektromagnetische Pumpe anzugeben, die eine günstige Hub-Kraft-Kennlinie ermöglicht.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine elektromagnetische Pumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0012] Erfindungsgemäß umfasst eine elektromagnetische Pumpe eine Spule, die eine Längsachse aufweist, ein zumindest teilweise in der Spule angeordnetes erstes ferromagnetisches Kernstück und ein zumindest teilweise in der Spule angeordnetes zweites ferromagnetisches Kernstück sowie einen ferromagnetischen Anker. Bei Erregung der Spule wird ein Magnetfeld erzeugt, das sich über die beiden Kernstücke und den Anker erstreckt. Dabei muss das Magnetfeld einen primären Luftspalt zwischen dem Anker und dem ersten Kernstück und einen sekundären Luftspalt zwischen einem Einführabschnitt des Ankers und einem zu der Längsachse gewandten Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernstücks überbrücken, wo eine zwischen dem Anker und dem ersten Kernstück wirkende magnetische Kraft bei einem Schließvorgang stets größer als eine magnetische Kraft zwischen dem Anker und dem zweiten Kernstück ist.

[0013] Zumindest eines von Einführabschnitt des Ankers und Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernstücks weisen eine von einer zylindrischen Gestalt abweichende Kontur auf. Die abweichende Kontur ist vorzugsweise selbst wieder zylindrisch, z.B. als radialer Ring oder radiale Nut ausgebildet. Vorteilhaft können so durch einfache geometrische Änderung des Einführabschnitts des Ankers und/oder des Aufnahmeabschnitts des zweiten Kernstücks in einer Produktfamilie unterschiedliche Kennlinien entsprechend einem Bedarf realisiert werden.

[0014] Bevorzugt weist die Hub-Kraft-Kennlinie bzw. der Hub-Kraft-Verlauf zu Beginn einer Hubbewegung eine möglichst hohe Kraft auf, wo hingegen in einem mitt-

leren Hubbereich nur eine mittlere Kraft erzeugt wird, die zum Hubende deutlich abnimmt.

[0015] Durch die geometrischen Änderungen ist der magnetische Widerstand am sekundären Luftspalt stark hubabhängig und wird im Vergleich zum primären Widerstand größer als bei bekannten Hubmagneten. Durch eine entsprechende Ausgestaltung der abweichenden Kontur kann eine Hubkraft des ferromagnetischen Ankers auf einen jeweiligen Bewegungsabschnitt des Ankers abgestimmt werden.

[0016] Die elektromagnetische Pumpe ermöglicht es, durch geometrische Veränderungen der sekundären Luftspalt begrenzenden Pumpenteile über den durch Erregen der Spule erzielten Vorschub des Ankers die Kraft zu beeinflussen, insbesondere zu erhöhen oder zu erniedrigen, und diese insbesondere über den Hubverlauf des Ankers zu verändern. So ist es insbesondere möglich, durch eine Veränderung des sekundären Luftspalts im Bereich des letzten Teils des Hubes des Ankers die Kraft so zu beeinflussen, dass der Anker nicht mit maximaler Kraft verlagert wird, sondern eine Bremsung erfährt und damit das Material der Pumpe einem geringeren Verschleiß unterliegt. Hierdurch kann eine aufwändige elektronische Abregelung der Bestromung der Spule vermieden werden und eine einfache und kostengünstige Ansteuerung vorgesehen werden. Ferner wird die Lebensdauer der elektromagnetischen Pumpe verlängert und die mechanische Beanspruchung der entsprechenden Teile der Pumpe reduziert.

[0017] Gemäß einer ersten bevorzugten Ausgestaltung der elektromagnetischen Pumpe ist vorgesehen, dass mindestens eines von Einführabschnitt des Ankers und Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernstücks über einen Bereich von wenigstens einem Sechstel, vorzugsweise einem Viertel einer maximalen axialen Erstreckung des sekundären Luftspalts eine von der zylindrischen Gestalt abweichende Kontur aufweist.

[0018] Zweckmäßigerweise ist der Bereich, in dem die von der zylindrischen Kontur abweichende Kontur des Einführabschnitts oder des Aufnahmeabschnitts vorgesehen ist, von der dem ersten Kernstück zugekehrten Stirnseite des zweiten Kernstücks beabstandet vorgesehen. Beispielsweise kann die von der zylindrischen Kontur abweichende Kontur durch eine Stufe im Bereich des Aufnahmeabschnitts oder des Einführabschnitts gebildet sein, wobei auch mehrere Stufen vorgesehen sein können. Insbesondere ist es möglich, dass auch der von der zylindrischen Kontur des Umfangs des Einführabschnitts abweichende Bereich selbst wieder einen zylindrischen Umfangsabschnitt aufweist, deren Abstand zu der Achse des Ankers jedoch von demjenigen des Umfangs des Einführabschnitts abweicht. Es ist möglich, dass der entsprechende Bereich aus mehreren Teilstufen besteht, wobei diese vorzugsweise rotationssymmetrisch ausgebildet sind. Es ist aber auch möglich, von der Rotationssymmetrie abweichende Ausgestaltungen vorzusehen. Vorzugsweise kann eine Einschnürung an einem dem ersten Kernstück zugewandten Ende des Aufnahmebe-

reichs des zweiten Kernteils vorgesehen sein. Dadurch wird vorteilhaft der Magnetwiderstand in einem Endbereich der Hubbewegung des Ankers reduziert, so dass ein kraftvoller Fluidausstoß erzielt werden kann. Vorteilhaft kann aber auch eine Einschnürung an einem dem ersten Kernteil abgewandten Ende des Aufnahmebereichs des zweiten Kernteils vorgesehen sein. Dadurch wird vorteilhaft der Magnetwiderstand in dem Endbereich der Hubbewegung des Ankers erhöht, so dass vorteilhaft eine Bremsung der Hubbewegung vor einem Auftreffen des Ankers auf das erste Kernteil stattfindet.

[0019] Zweckmäßigerweise sind sowohl der Einführabschnitt als auch der Aufnahmeabschnitt mit einem von der zylindrischen Kontur abweichenden Bereich ausgestattet, der sich vorzugsweise, aber nicht zwangsläufig, partiell überlagert, so dass aufgrund des Hubes des Aktors die Konfiguration des sekundären Luftspalts wenigstens über ein Sechstel, vorzugsweise ein Viertel der maximalen Erstreckung des sekundären Luftspalts, die dieser im entregten Zustand der Spule einnimmt, beeinflusst wird. So kann beispielsweise vorgesehen sein, dass ein gegenüber dem Umfang des Einführabschnitts rückspringender Bereich an dem Einführabschnitt derart vorgesehen ist, dass dieser mit einem ebenfalls rückspringenden Bereich an dem Aufnahmeabschnitt derart angeordnet ist, dass der Einführabschnitt und der Aufnahmeabschnitt bei Erreichen eines bestimmten Hubes des Aktors in Überdeckung kommen und damit diese Phase des Hubes besonders beeinflussen. Entsprechendes kann für die Anfangsphase des Hubes vorgesehen sein. Besonders bevorzugt bilden der rückspringende Bereich des Aufnahmeabschnitts eine Einschnürung an einem dem ersten Kernteil zugewandten Ende des Aufnahmeabschnitts und der rückspringende Bereich des Einführabschnitts einen Flansch an einem dem ersten Kernteil abgewandten Ende des Ankers. Dabei kommt es vorteilhaft zu einer starken Reduzierung des magnetischen Widerstands in einem Endbereich der der Hubbewegung des Ankers.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass mindestens eines von Einführabschnitt des Ankers und Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils über einen Bereich von wenigstens einem Drittel einer maximalen axialen Erstreckung des sekundären Luftspalts eine von der zylindrischen Kontur abweichende Kontur aufweist. Zweckmäßigerweise macht derjenige Bereich der maximalen axialen Erstreckung des sekundären Luftspalts, über den sich der Einführabschnitt und/oder der Aufnahmeabschnitt von einer zylindrischen Kontur abweichen, mehr als die Hälfte, insbesondere bevorzugt mehr als drei Viertel der entsprechenden Erstreckung aus, so dass der sich einstellende Effekt bei der Verlagerung des Ankers besonders ausgeprägt ist. Insbesondere ist vorzugsweise vorgesehen, dass sowohl der Einführabschnitt als auch der Aufnahmeabschnitt von der zylindrischen Gestalt abweichen, um dadurch eine besonders effektive Beeinflussung des sekundären Luftspalts zu erreichen. Vorzugsweise erstreckt sich die

abweichende Kontur über mehrere und/oder größere Bereiche, wobei besonders bevorzugt zumindest zwei von der zylindrischen Kontur abweichende und voneinander beabstandete Konturabschnitte vorgesehen sind. Dadurch wird vorteilhaft eine elektromagnetische Pumpe geschaffen, die eine verbesserte magnetische Flußleitung zu genau definierbaren Zeitpunkten der Bewegung des Ankers aufweist.

[0021] Gemäß einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung der elektromagnetischen Pumpe ist vorgesehen, dass mindestens eines von Einführabschnitt des Ankers und Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils über einen Bereich von mindestens einem Sechstel, vorzugsweise einem Viertel einer maximalen Erstreckung des sekundären Luftspalts konisch ausgebildet ist. Alternativ kann anstelle der konischen Ausbildung oder in Kombination mit der konischen Ausbildung eine parabelförmige, elliptische oder hyperbolische Ausbildung des Einführabschnitts des Ankers oder des Aufnahmeabschnitts des zweiten Kernteils vorgesehen sein. Durch die geeignete Wahl der Form des Einführabschnitts oder des Aufnahmeabschnitts kann eine an eine spezifische Situation angepasste Pumpe geschaffen werden. Zweckmäßigerweise erstreckt sich der entsprechend ausgebildete Einführabschnitt beziehungsweise Aufnahmeabschnitt über mehr als die Hälfte der axialen Erstreckung der entsprechenden Teile, insbesondere über die gesamte axiale Erstreckung im Bereich des sekundären Luftspalts. Dies lässt sich fertigungstechnisch einfach herstellen, indem der Aufnahmeabschnitt insgesamt, jedenfalls aber über den Bereich, der den Einführabschnitt des Ankers aufnimmt, eine leicht konische Ausgestaltung erfährt, die von der zylindrischen Gestalt allerdings nur um wenige Winkelgrade abweicht. Zweckmäßigerweise, aber nicht zwangsläufig, mit demselben Konuswinkel ist der Einführabschnitt des Ankers ausgebildet, so dass bei entregter Spule der Außenkonus des Einführabschnitts die größte Nähe zu dem Innenkonus des Aufnahmeabschnitts aufweist. Mit Erregung der Spule vergrößert sich die Breite des sekundären Luftspalts, und entsprechend wird die Kraft mit zunehmendem Hub des Ankers reduziert. Alternativ ist es möglich, durch umgekehrte Orientierung des Innenkonus und des Außenkonus die Kraft bei zunehmendem Hub zu vergrößern. Es versteht sich, dass die Abschnitte, die konusförmig ausgebildet sind, auch mit zylindrischen Stufen voneinander beabstandet sein können, oder aber nur in Bereichen des Umfangs des Abschnitts vorgesehen sein können.

[0022] Gemäß einer dritten bevorzugten Ausgestaltung der elektromagnetischen Pumpe ist vorgesehen, dass genau eines von Einführabschnitt des Ankers und Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils eine Stufung mit verbreitertem sekundären Luftspalt aufweist. Hierdurch ist es in effektiver Weise nur notwendig, eines der beiden Teile, Einführabschnitt des Ankers und Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils, dahingehend zu bearbeiten, dass es eine Stufung mit verbreitertem sekundären Luftspalt aufweist, beispielsweise indem an dem

Einführabschnitt des Ankers ein Rücksprung vorgesehen ist, der eine prismatische oder eine abgerundete Ringnut bildet, oder bei dem eine rückspringende und zweckmäßigerweise umlaufende Ringnut im Bereich des Aufnahmeabschnitts vorgesehen ist. Insbesondere wenn der Einführabschnitt des Ankers entsprechend ausgebildet wird, lässt sich dies fertigungstechnisch in einfacher Weise bewerkstelligen, und ein entsprechend bearbeiteter Anker kann in bestehende Kernteile eingesetzt werden. Ferner kann je nach Auswahl der Lage der Stufung an dem Anker eine unterschiedliche Charakteristik sowohl bezogen auf den Hub als auch auf die Intensität der Änderung der Kraft eingestellt werden, so dass mehrere verschiedene Anker in der Art eines Baukastens jeweils an die Bedürfnisse der spezifischen Pumpe angepasst in dasselbe Kernteil eingesetzt werden können. Die erreichte Lösung lässt sich fertigungstechnisch einfach realisieren und damit kostengünstig herstellen.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der elektromagnetischen Pumpe ist vorgesehen, dass ein radial von dem Einführabschnitt des Ankers vorstehender Vorsprung eine dem ersten Kernteil zugekehrte Fläche aufweist. Vorteilhaft wird bei der Bestromung der Spule eine veränderte axiale magnetische Kraft auf den Anker ermöglicht. Der radial vor dem Einführabschnitt des Ankers vorstehende Vorsprung ist zweckmäßigerweise rotationssymmetrisch ausgebildet, so dass er in der Art eines Rings den Einführabschnitt umschließt. Hierbei sind verschiedene Querschnitte des Vorsprungs möglich, beispielsweise als Trapez, Dreieck, Rechteck, Schwalbenschwanz, Groß-U oder dergleichen. Ferner ist es möglich, dass mehr als ein Vorsprung vorgesehen ist, beispielsweise mit einem als Groß-W geformten Querschnitt oder mehrere hintereinander liegende Vorsprünge mit unterschiedlichem Querschnitt. Der mindestens eine Vorsprung weist eine Fläche auf, die dem ersten Kernteil zugekehrt ist, das heißt, die wenigstens eine Komponente aufweist, die in Hubrichtung des Ankers bei Bestromen weist. Diese Fläche liegt bei einer besonders einfachen Realisation in einer zu der Hubrichtung normalen Ebene, es ist aber auch möglich, dass diese Fläche eine Neigung in der Art eines Kegelstumpfes aufweist. Zweckmäßigerweise erstreckt sich der Vorsprung nur über einen Längenabschnitt des Einführabschnitts von weniger als einem Sechstel von dessen Erstreckung und ist an einer Stelle des Umfangabschnitts vorgesehen, die auch bei maximalem Hub noch von der dem ersten Kernteil zugekehrten Stirnseite des Aufnahmeabschnitts axial beabstandet ist.

[0024] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der elektromagnetischen Pumpe ist vorgesehen, dass der Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils einen zu der Längsachse weisenden Innenvorsprung aufweist. Hierdurch erhöht sich die magnetische Flussdichte in der Pumpe, so dass eine veränderte magnetische Kraft auf den Anker ausgeübt wird. Der Innenvorsprung weist zweckmäßigerweise eine dem ersten Kernteil zugekehr-

te Fläche auf, und bei symmetrischem Aufbau auch eine dem ersten Kernteil abgekehrte Fläche.

[0025] Weist sowohl der Einführabschnitt des Ankers einen vorstehenden Vorsprung als auch der Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils einen Innenvorsprung auf, lassen sich durch magnetische Wechselwirkung dieser beiden Teile, die sich über den Hub des Ankers annähern oder voneinander entfernen, Kraftkomponenten erzielen, die die Kraft des Ankers über den Hub erhöhen oder erniedrigen. Damit wird im Bereich des sekundären Luftspalts eine axiale Kraftkomponente wirksam, die sich durch die Auswahl der Lage des Vorsprungs beziehungsweise des Innenvorsprungs leicht realisieren lässt. Durch die geeignete Anordnung von Vorsprung und Innenvorsprung, das heißt, ob der Vorsprung in Richtung auf den Innenvorsprung oder von dem Innenvorsprung verlagert wird, ergeben sich die jeweils gewünschten Kraftkomponenten. Es versteht sich, dass sich überlagernde Effekte beim Vorsehen von mehr als einem Vorsprung und/oder mehr als einem Innenvorsprung möglich sind. Zweckmäßigerweise überdecken sich der Innenvorsprung und der Vorsprung in axialer Projektion teilweise. Hierbei sind vorzugsweise die wirksamen axialen Flächen der sich axial gegenüberliegenden Abschnitte der beiden Vorsprünge deutlich kleiner als die sich axial gegenüberliegenden Flächen von Ankerkonus und Ankergegenstück; vorzugsweise beträgt das Verhältnis der Flächen weniger als 1:10, besonders bevorzugt weniger als 1:25.

[0026] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der elektromagnetischen Pumpe ist im Bereich des sekundären Luftspalts der maximale Außendurchmesser des Einführabschnitts des Ankers kleiner als der minimale Innendurchmesser des Aufnahmeabschnitts des zweiten Kernteils. Dadurch wird erreicht, dass die Pumpe vorteilhaft einfach zu montieren ist, ohne dass eine zweiteilige oder mehrteilige Ausgestaltung eines des ersten oder des zweiten Kernteils notwendig ist, da der Anker einfach in das zweite Kernteil eingesetzt werden kann, ohne dass beispielsweise eine Verdrehung des zweiten Kernteils gegenüber dem Anker oder eine zweiteilige Ausgestaltung des zweiten Kernteils benötigt wird.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die von einer zylindrischen Gestalt abweichende Kontur eine Mehrzahl von Stufen aufweist. Hierzu kann die Mehrzahl in dem Einführabschnitt des Ankers und/oder in dem Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils vorgesehen sein, wodurch sich über den Hub individuell anpassbare bzw. beeinflussbare Kraftverläufe ergeben. Durch das Vorsehen von mehreren axial versetzten Konturabschnitten wird vorteilhaft auch bei kleinem Magnethub eine ausreichende Überdeckungsfläche zwischen dem Anker und dem Aufnahmeabschnitt erreicht, da diese für den magnetischen Widerstand parallel wirken.

[0028] In einer bevorzugten Weiterbildung wird der Einführabschnitt des Ankers aus dem Aufnahmeabschnitt des zweiten Kernteils vorzugsweise vollständig heraus bewegt. Dadurch erhöht sich der magnetische

Widerstand, was vorteilhaft eine Abbremsung der Bewegung des Ankers zu einem Ende der Hubbewegung erzielt, wobei dadurch vorteilhaft die Stärke des Auftreffens des Ankers an dem ersten Kernteil zum Ende der Hubbewegung gedämpft wird.

[0029] Zur Führung des Ankers kann in Verlängerung des Aufnahmeabschnitts eine Stützhülse aus Kunststoff oder dergleichen vorgesehen sein. Ebenso kann die Stützhülse zur Auskleidung einer rückspringenden Nut in Anker oder Aufnahmeabschnitt vorgesehen sein. Insbesondere dann, wenn die rückspringende Nut im Bereich der Stirnseite des Aufnahmeabschnitts angeordnet ist, aus dem der Einführabschnitt des Ankers zumindest so weit austritt, dass nur noch die Nut den Einführabschnitt überdeckt, bewirkt die Stützhülse ohne spürbare Beeinträchtigung der Magnetkraft eine Zentrierung des Einführabschnitts. Hierzu ist die Stützhülse zweckmäßig aus einem Material ausgewählt, das nicht magnetisch leitend ist und damit magnetisch einem Luftspalt im Wesentlichen gleichzusetzen ist. Alternativ kann auch ein Material vorgesehen werden, dass eine gegenüber dem Material des Aufnahmeabschnitts schlechtere magnetische Leitfähigkeit aufweist, wodurch im Bereich der Auskleidung der magnetische Widerstand einstellbar ist, z. B. ein Kunststoff mit eingelagerten ferromagnetischen Partikeln. Insbesondere kann die Stützhülse zugleich eine von der zylindrischen Gestalt abweichenden Bereich des Aufnahmeabschnitts auskleiden und den Aufnahmeabschnitt verlängern. So kann beispielsweise eine Stützhülse aus Polytetrafluorethylen an die Stirnseite des Aufnahmeabschnitts angesetzt werden.

[0030] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass der vordere Bereich des Ankers radial über eine dem ersten Kernteil zugewandte Stirnseite des Aufnahmeabschnitts des zweiten Kernteils vorsteht. Es ist aber auch möglich, dass der vordere Bereich des Ankers einen reduzierten Außendurchmesser aufweist, der nicht radial über die dem ersten Kernteil zugewandte Stirnseite des Aufnahmeabschnitts vorsteht. Hierdurch ist die im Bereich des primären Luftspalts sich einstellende Magnetkraft geringer dimensionierbar und entsprechend überlagert diese die sich im Bereich des sekundären Luftspalts sich einstellende Magnetkraft zwar noch, da die axiale Komponente des Magnetfeldes die radiale Komponente des Magnetfeldes deutlich überwiegt. Gleichwohl kann damit ein vergleichsweise sanftes Ansprechverhalten des Ankers auf die Betromung erreicht werden, vor allem dann, wenn eine entgegen gerichtete axiale Komponente des Magnetfeldes im Bereich des sekundären Luftspalts beeinflusst. Durch die Einstellung der entsprechenden Parameter lässt sich beispielsweise der ausgeführte Hub des Ankers über die die Stromstärke zumindest annähernd linearisieren, wodurch sich besonders günstig auch Teilhübe einstellen lassen, beispielsweise bei einer druckregelnden Pumpe. Bei einer druckregelnden Pumpe ist die Federkraft und ggfs. die wirksamen Kolbenflächen des Ankers so abgestimmt, dass der Anker nicht in einem Ruck entgegen

der Hubrichtung zurückgestellt wird und ein bestimmtes Volumen ausgestoßen wird, sondern ein Druck in der Auslassleitung eingestellt wird.

[0031] Vorzugsweise zeichnet sich eine elektromagnetische Pumpe dadurch aus, dass der konischen Abschnitt des Einführabschnitts des Ankers sich entgegen der sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur des vorderen Bereichs des Ankers verjüngt, wodurch eine axiale, insbesondere entgegen der Hubrichtung wirkenden Komponente der den Aktor verlagernden Magnetkraft erreicht wird.

[0032] Hierbei ist vorteilhaft vorgesehen, dass der konischen Abschnitt des Einführabschnitts des Ankers sich teilweise außerhalb des Aufnahmeabschnitts erstreckt.

[0033] Vorzugsweise grenzt dann der sich entgegen der Hubrichtung verjüngende konische Abschnitt des Aufnahmeabschnitts an eine dem ersten Kernteil zugekehrte Stirnseite des zweiten Kernteils.

[0034] Zweckmäßigerweise ist der sich entgegen der Hubrichtung verjüngende konische Abschnitt des Einführabschnitts des Ankers steiler als die sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur des vorderen Bereichs des Ankers.

[0035] Eine besonders einfach montierbare Pumpe ergibt sich, wenn der außerhalb des sich entgegen der Hubrichtung verjüngende konische Abschnitt des Aufnahmeabschnitts gelegene in Pumprichtung weisende Bereich des Aufnahmeabschnitts zylindrisch ausgebildet ist. Insbesondere wenn der in den Zylinderbereich des Aufnahmeabschnitts eindringende Bereich des Einführabschnitts ebenfalls zylindrisch ausgebildet ist, lassen sich beide Teile einfach ineinanderstecken.

[0036] Die elektromagnetische Pumpe ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe umfassend Hubkolbenpumpe, Membranpumpe, druckregelnde Pumpe und Dosierpumpe.

[0037] Weitere Vorteile, Eigenschaften und Weiterbildung der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen sowie aus den abhängigen Ansprüchen.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine elektromagnetische Pumpe mit einer ersten bevorzugten Ausführungsform eines sekundären Luftspaltes.

Fig. 2 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Ausführungsform gemäß Fig. 1.

Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform des sekundären Luftspaltes mit einem konusförmigen Gefälle des Einführabschnitts.

Fig. 4 zeigt eine dritte Ausführungsform des sekundären Luftspaltes mit einer Stufung des Einführabschnitts.

Fig. 5 zeigt eine vierte Ausführungsform des sekundären Luftspaltes mit einem konusförmigen Gefälle des Einführabschnitts und komplementärem Aufnahmeabschnitt.

Fig. 6 zeigt eine fünfte Ausführungsform des se-

- kundären Luftspaltes mit einer wellenförmigen Kontur des Einführabschnitts.
- Fig. 7A-C zeigen den Bewegungsablauf einer sechsten Ausführungsform des sekundären Luftspalts.
- Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform des sekundären Luftspalts mit Nuten im Einführabschnitt und Aufnahmeabschnitt.
- Fig. 9 zeigt einen Längsschnitt durch eine elektromagnetische Pumpe mit einer weiteren bevorzugten Ausführungsform eines sekundären Luftspaltes.

[0038] Fig. 1 zeigt eine als Dosierpumpe ausgebildete elektromagnetische Pumpe 100, mit einem Gehäuse 101, eine in dem Gehäuse 101 angeordnete elektromagnetische Spule 102, einem ersten ferromagnetischen Kernteil 103 und einem zweiten ferromagnetischen Kernteil 104. Die elektromagnetische Spule 102 ist auf einem Spulenträger 105 aufgewickelt und wird in ihrem Innenbereich von dem ersten ferromagnetischen Kernteil 103 und dem zweiten ferromagnetischen Kernteil 104 jeweils teilweise durchsetzt. Die beiden ferromagnetischen Kernteile 103, 104 sind durch einen Abstand 106 definierenden Pumpenraum 107 voneinander beabstandet, wobei das erste ferromagnetische Kernteil 103 eine Zulaufleitung 108 und das zweite ferromagnetische Kernteil 104 eine Ablaufleitung 109 für ein zu förderndes Fluid aufweisen. In dem Pumpenraum 107 ist ein beweglicher, ferromagnetischer Anker 110 angeordnet, welcher Anker 110 durch eine zwischen dem Anker 110 und dem ersten Kernteil 103 angeordnete Feder 111 in eine Förderrichtung 112 der elektromagnetischen Pumpe 100 vorgespannt wird. Der Anker 110 weist im Wesentlichen eine hohlzylindrische Form auf und wird von einer Kolbenstange 113 in seiner gesamten Längserstreckung durchsetzt, wobei die Kolbenstange 113 über den Anker 110 in Förderrichtung 112 hinausragt und dabei einen Dosierzylinder 114 durchsetzt. Der Anker 110 weist in seinem dem ersten Kernteil 103 zugewandten vorderen Bereich 115 eine sich in Hubrichtung verjüngende kegelförmige Kontur auf. Das erste Kernteil 103 weist ein dem Anker 110 zugewandtes und zu dem vorderen Bereich 115 des Ankers 110 komplementär ausgebildetes konusförmiges Gegenstück 119 auf, wobei ein Bereich zwischen dem Anker 110 und dem konusförmigen Ankergegenstück 119 als primärer Luftspalt bezeichnet wird. Der vordere Bereich 115 ragt in den axialen Abstand zwischen beide Kernteile 103, 104. Der Anker 110 erstreckt sich mit einem dem ersten Kernteil 103 abgewandten, als Einführabschnitt 117 ausgebildeten Ende in einen Aufnahmeabschnitt 118 des zweiten Kernteils 104, wobei der vordere Bereich 115 des Ankers 110 radial über eine dem ersten Kernteil 103 zugewandte Stirnseite des Aufnahmeabschnitt 118 des zweiten Kernteils 104 vorsteht. Ein Bereich zwischen dem Einführabschnitt 117 des Ankers 110 und dem Aufnahmeabschnitt 118 des zweiten Kernteils 104 wird als sekundärer Luftspalt

bezeichnet.

[0039] Der Bereich zwischen dem vorderen Bereich 115 des Ankers 110 und dem Gegenstück 119 des ersten Kernteils 103 definiert einen primären Luftspalt 151, dessen axiale Erstreckung bei entregter Spule 102 maximal ist. Die Umfangsfläche des Einführabschnitts 117 des Ankers 110 und der der Längsachse der Spule 102 zugekehrte Aufnahmeabschnitt 118 des zweiten Kernteils 104 definieren in dem Bereich, in dem diese sich gegenüber stehen, einen im Wesentlichen radialen, sekundären Luftspalt 152. Die Längsachse ist in Fig. 1 mit 153 bezeichnet. Bei Bestromung der Spule 102 ist aufgrund des sich ergebenden Magnetfeldes die magnetische Kraft zwischen dem Anker 110 und dem ersten Kernteil 103 bei einem Schließvorgang des ersten Luftspalts 151 größer als die magnetische Kraft zwischen dem Anker 110 und dem zweiten Kernteil 104.

[0040] Bei einer Bestromung der Spule 102 entsteht ein magnetisches Feld innerhalb der Spule 102, wobei der ferromagnetische Anker 110 entgegen der Förderrichtung 112 von einer magnetischen Kraft beaufschlagt und verlagert wird. Die magnetische Kraft bewegt den Anker 110 entgegen der Vorspannung der Feder 111 in Richtung des ersten Kernteils 103, wobei der vordere Bereich 115 des Ankers 110 in das komplementär ausgebildete Gegenstück 119 des ersten Kernteils 103 eingeschoben wird. Dabei wird die Feder 111 weiter gespannt. Bei einem Entstromen der Spule 102 wird der Anker 110 durch die Vorspannung der Feder 111 wieder in Förderrichtung 112 verschoben, und die Kolbenstange 113 drückt das in dem Dosierzylinder 114 liegende Fluid hinter ein Rückschlagventil 160.

[0041] Fig. 2 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Pumpe 100 gemäß Fig. 1, aus der sich insbesondere die konkrete Ausgestaltung der Außenkontur des Einführabschnitts 117 und des Aufnahmeabschnitts 118 ergibt. Hierbei weist der Einführabschnitt 117 des Ankers 110 im Bereich einer ansonsten zylindrischen Umfangsfläche einen ringförmigen Außenvorsprung 120 auf, der sich über den gesamten radialen Umfang des Einführabschnitts 117 erstreckt. Dieser radial vorstehende Außenvorsprung 120 stellt zugleich den maximalen Außendurchmesser des Einführabschnitts 117 dar und weist eine radial nach außen weisende, zu der Umfangsfläche des Einführabschnitts 117 konzentrische Ringfläche 120a auf, die über eine erste, in Hubrichtung weisende und damit dem ersten Kernteil 103 zugekehrte Fläche 120b mit dem übrigen Einführabschnitt 117 verbunden ist, und die über eine zweite, dem ersten Kernteil 103 abgekehrte Fläche 120c mit einem rückwärtigen Bereich des Einführabschnitts 117 verbunden ist, so dass sich eine im Querschnitt in etwa trapezförmiges Profil des Außenvorsprungs 120 ergibt. Es versteht sich, dass die dem ersten Kernteil 103 zugekehrte Fläche 120b und die dem ersten Kernteil 103 abgekehrte Fläche 120c des Außenvorsprungs 120 auch anders ausgestaltet sein können, insbesondere senkrecht auf der Längsachse 153 beziehungsweise der Hauptachse des Einführabschnitts 117

stehen können, oder aber auch umgekehrt trapezförmig ausgestaltet sein können, so dass ein annähernd schwalbenschwanzartiger Querschnitt des Außenvorsprungs 120 gebildet ist. Schließlich kann der Vorsprung auch eine abgerundete Kontur aufweisen.

[0042] Der Aufnahmeabschnitt 118 des zweiten Kernteils 104 weist einen gegenüber der Lage des Außenvorsprungs 120 in Richtung auf das erste Kernteil 103 versetzten Innenvorsprung 121 auf, der radial in Richtung auf die Längsachse 153 des Ankers 110 gerichtet ist und einen vollständig geschlossenen ringförmigen Verlauf hat. Der Außenvorsprung 120 und der Innenvorsprung 121 sind in Längsrichtung voneinander beabstandet angeordnet, wobei der Innenvorsprung 121 eine konzentrisch zu der im Übrigen zylindrischen Gestalt des Einführabschnitts 117 verlaufende Innenringfläche 121a aufweist, die über eine dem ersten Kernteil 103 zugekehrte Fläche 121b mit der Innenringfläche 121a verbunden ist, und die über eine zweite, dem ersten Kernteil 103 abgekehrte Fläche 121c mit dem Aufnahmeabschnitt 118 verbunden und die der ersten Fläche 120b des Außenvorsprungs 120 zugekehrt ist.

[0043] In dem gezeigten Ausführungsbeispiel überdecken sich der Innenvorsprung 121 und der Außenvorsprung 120 in der Projektion partiell, so dass bei Erregung der Spule 102 und dem hierdurch veranlassten Hub des Ankers 110 der Außenvorsprung 120 dem Innenvorsprung 121 näher kommt. Hierdurch wird die Kraft des Ankers 110 durch die sich ergebende axiale Komponente im Bereich des sekundären Luftspalts 152 erhöht, so dass in einer Endphase des Hubes des Ankers 110 die den Anker 110 beaufschlagende Kraft erhöht wird. Zweckmäßigerweise sind selbst bei maximalem Hub des Ankers 110 der Innenvorsprung 120 und der Außenvorsprung 121 noch voneinander beabstandet, so dass es nicht zu einem Kontakt kommt.

[0044] Es versteht sich, dass alternativ der Außenvorsprung 121 in Hubrichtung des Aktors 110 bei Erregung der Spule 102 auch hinter dem Innenvorsprung 120 angeordnet sein kann, so dass dann die dem ersten Kernteil 103 zugekehrte Fläche 121b der dem ersten Kernteil 103 abgekehrten Fläche 120c zugekehrt ist. Es ist weiterhin möglich, dass mehrere Innenvorsprünge 120 und/oder mehrere Außenvorsprünge 121 vorgesehen sind, wobei dann ein Innenvorsprung und/oder ein Außenvorsprung auch jeweils zwei diesem zugekehrte Flächen von benachbarten Vorsprüngen benachbart sein kann.

[0045] Zweckmäßigerweise können der Innenvorsprung 120 und der Außenvorsprung 121 so ausgebildet sein, dass diese aneinander vorbeiführbar sind, so dass der Einführabschnitt 117 des Ankers 110 in den Aufnahmeabschnitt 118 des zweiten Kernteils 104 aus Richtung des ersten Kernteils 103 einsetzbar ist. Gemäß einer alternativen Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass wenigstens einer von Innenvorsprung und Außenvorsprung durchbrochen ausgebildet ist, so dass der jeweils andere hieran vorbeigeführt werden kann.

[0046] Das erste Ausführungsbeispiel funktioniert dabei wie folgt:

[0047] Durch die sich gegenüber liegenden Vorsprünge 120, 121 des Einführabschnitts 117 des Ankers 110 und des Aufnahmeabschnitts 118 des zweiten Kernteils 104 wird eine höhere magnetische axiale Kraft auf den Anker 110 und damit eine schnellere Hubbewegung des Ankers 110 in Richtung des ersten Kernteils 103 erzielt. Gleichzeitig wird in einem Endbereich des Hubweges aufgrund einer sich, gegenüber einer rein zylindrischen Kontur des Einführabschnitts 117 und des Aufnahmeabschnitts 118 betrachtet, erhöht einstellenden Magnetwiderstands eine geringere magnetische Kraft erzielt, so dass eine schwächere Feder 111 für die Rückbewegung des Ankers 110 ausreichend ist.

[0048] Fig. 3 zeigt eine alternative Ausgestaltung des sekundären Luftspalts, wobei dieselben oder strukturell vergleichbare Teile der elektromagnetischen Pumpe dieselben Bezugszeichen aufweisen wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 und 2 und daher nur die Unterschiede hervorgehoben werden.

[0049] Während der Aufbau der Pumpe insgesamt derjenigen des vorhergehenden Ausführungsbeispiels entspricht, weist der Einführabschnitt 217 des Ankers 210 eine sich in Förderrichtung 112 verjüngende Mantelfläche 222 auf, wobei die Konusgestalt über nahezu die gesamte Erstreckung des Einführabschnitts 217 verläuft. Der Konuswinkel, der in Fig. 3 gezeigt wird, ist aus Gründen der Verdeutlichung größer gewählt als dies bei dem praktischen Bau der Fall wäre. Der Aufnahmeabschnitt 218 weist eine hohlzylindrische Innenumfangsfläche 223 auf, so dass bei entregter Spule 102 die Dicke des sekundären Luftspalts 252 zwischen dem Einführabschnitt 217 und dem Aufnahmeabschnitt 218 nahe der Stirnseite des Aufnahmeabschnitts 218 minimal ist, und nahe des dem ersten Kernteil 103 abgekehrten Endes des Aufnahmeabschnitts 218 maximal ist.

[0050] Es versteht sich, dass in gleicher Weise ein ähnlicher Effekt erzielbar ist, wenn der Aufnahmeabschnitt konusförmig und der Einführabschnitt zylindrisch sind, oder aber wenn sowohl der Aufnahmeabschnitt als auch der Einführabschnitt eine individuell aufeinander abgestimmte Konusgestalt aufweisen.

[0051] Das zweite Ausführungsbeispiel funktioniert dabei wie folgt:

[0052] Durch die gewählte Konusform des Einführabschnitts 217 ergeben sich im hinteren Bereich des Einführabschnitts 217 andere magnetische Widerstände als bei einer reinen zylindrischen Form, so dass eine maximale magnetische Kraft auf den Aktor 210 bereits zu einem früheren Zeitpunkt als bei einem Aktor mit einem zylindrischen Einführabschnitt erreicht wird.

[0053] Das dritte Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 unterscheidet sich von dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel nur in der Ausgestaltung des Einführabschnitts des Ankers, so dass im Übrigen für dieselben oder strukturell vergleichbare Teile dieselben Bezugszeichen wie bei dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel

spiel Verwendung finden.

[0054] Der Anker 310 weist einen Einführabschnitt 317 auf, der mit einer Stufung 330 ausgestattet ist, die umlaufend um die Mantelfläche des Einführabschnitts 317 vorgesehen ist, so dass der sekundäre Luftspalt 352 in einer dem ersten Kernteil 103 zugekehrten Stirnseite des Aufnahmeabschnitts 218 eine geringere Stärke aufweist als in dem hinteren, dem ersten Kernteil 103 abgekehrten Bereich des Aufnahmeabschnitts 218. Es versteht sich, dass die Stufung 330 auch so angeordnet sein kann, dass der rückspringende Teil sich nahe dem vorderen Bereich 115 des Kernteils 310 befindet, und es ferner auch noch mehr als eine Stufung, wie beispielsweise eine Kaskade von kleinen Stufungen über Teile der Erstreckung des Einführabschnitts 317 oder über den gesamten Einführabschnitt 317 vorgesehen sein können, wobei zweckmäßigerweise wenigstens ein Viertel der maximalen Erstreckung des sekundären Luftspalts 352 von dem übrigen Umfang des Einführabschnitts verschieden ausgebildet ist.

[0055] Es versteht sich, dass sich zwischen dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 und Fig. 4 auch Kombinationen erzielen lassen, beispielsweise konische Abschnitte, die durch Stufungen voneinander getrennt sind.

[0056] Durch die gewählte Stufung unterscheidet sich der magnetische Widerstand des hinteren Bereichs des Einführabschnitts 317 von dem vorderen, einen größeren Durchmesser aufweisenden Bereich des Einführabschnitts 317, so dass eine maximale magnetische Kraft entsprechend beeinflusst wird.

[0057] Das vierte Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 unterscheidet sich von dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 nur durch den anders gestalteten Aufnahmeabschnitt, so dass dieselben oder strukturell vergleichbare Teile wie dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 dieselben Bezugszeichen tragen.

[0058] Grundsätzlich ist der in Fig. 5 gezeigte Anker 210 derselbe wie der aus Fig. 3, jedoch ist das Aufnahmeteil 418 dadurch anders gestaltet, dass auch die Innenumfangsfläche 423 des Aufnahmeabschnitts 418 eine zu der Konusform des Einführabschnitts 217 komplementäre Konusform aufweist, das heißt, als Innenkonus ausgebildet ist, der sich in Förderrichtung verjüngt. Hierdurch ergibt sich bei entregter Spule 102 ein sekundärer Luftspalt 452 mit nahezu konstanter Dicke über den Verlauf des Einführabschnitts 217, so dass sich durch den geringen sekundären Luftspalt 452 ein günstiger magnetischer Widerstand ergibt. Bei Erregung der Spule 102 wird der Anker 210 verlagert, wobei durch die axiale Bewegung des Ankers 210 der sekundäre Luftspalt 452 in seiner Dicke proportional zu dem Maß zunimmt, wie der Anker 210 verlagert wird. Hierdurch ändert sich der magnetische Widerstand über den Hubweg und beeinflusst entsprechend die Kraft, mit der der Anker 210 beaufschlagt wird. Hinzu kommt, dass durch den Konuswinkel eine, in der Zeichnung übertrieben dargestellte, jedoch spürbare axiale Komponente der den sekundären Luftspalt 452 definierenden Teile wirksam wird, deren

Effekt auf die Kraft ungleich größer ist als die radiale Komponente.

[0059] Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Konfiguration des sekundären Luftspalts wiederum anders ausgebildet ist als bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen, wobei dieselben Bezugszeichen wie in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen dieselben oder strukturell vergleichbaren Teile zeigen.

[0060] Der Anker 510 weist einen Einführabschnitt 517 auf, der rotationssymmetrisch ausgebildet ist und dessen Begrenzungskurve ein stetiges, wellenartig geschwungenes Profil aufweist, mit Bereichen 517a größeren Durchmessers und Bereichen 517b geringeren Durchmessers. Der Aufnahmeabschnitt 518 des zweiten Kernteils 504 ist durch eine rotationssymmetrisch verlaufende Hüllkurve 523 begrenzt, die Bereiche kleineren Innendurchmessers 523a und Bereiche größeren Innendurchmessers 523b aufweist. Hierdurch ergibt sich ein sekundärer Luftspalt 552, der über den Verlauf in seiner Stärke schwankt, wobei bei Erregung der Spule 102 noch weitere Veränderungen der Stärke des sekundären Luftspalts 552 induziert werden, mit der Folge einer entsprechenden Beeinflussung des magnetischen Widerstands.

[0061] Es versteht sich, dass zweckmäßigerweise die Kurvenverläufe 523, 517 zueinander komplementär ausgebildet sind, und hierbei zweckmäßigerweise der maximale Außendurchmesser des Einführabschnitts 517 kleiner ist als der minimale Innendurchmesser des Aufnahmeabschnitts 518, damit das zweite Kernteil 504 insbesondere einteilig ausgebildet werden kann und der Anker 510 aus Richtung des ersten Kernteils 103 in das zweite Kernteil 504 eingesetzt werden kann.

[0062] Fig. 7A bis 7C zeigen eine schematische Ansicht einer elektromagnetischen Pumpe 700, ohne eine Spule, andere Antriebskomponenten, wie beispielsweise Federn, oder Anschlusskomponente an einen Pumpenraum 707 darzustellen.

[0063] In dem Pumpenraum 707 ist ein Anker 710 angeordnet, welcher Anker 710 in eine Förderrichtung axial verlagerbar ist. Der Pumpenraum 707 wird von magnetfeldführenden Komponenten 703, welche beispielsweise den in dem ersten Ausführungsbeispiel gezeigten Kernteilen 103, 104 und dem Spulenträger 105 entsprechen, aber auch andere Formen annehmen können, begrenzt. Dabei ist ein primärer Luftspalt durch einen Abstand zwischen dem Anker 710 und einem konusförmigen Gegenstück 719 definiert. Der Anker 710 weist in seinem dem Gegenstück 719 zugewandten vorderen Bereich 715 eine sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur auf. Das konusförmige Gegenstück 719 ist dabei an einer der magnetfeldführenden Komponenten 703 ausgebildet. Der Anker 710 weist in einem dem Gegenstück 719 abgewandten als Einführabschnitt 717 bezeichneten Endabschnitt einen ringförmigen Außenvorsprung 720 auf, der sich von einer dem Gegenkonus 719 abgewandten Stirnseite des Ankers 710 über etwa ein

Sechstel des Einführabschnitts 717 erstreckt und radial bis etwa zu einer Mitte des sekundären Luftspalts ragt.

[0064] Die Komponenten 703 umfassen einen Aufnahmeabschnitt 718, in dem der Einführabschnitt 717 des Ankers 710 eingeführt ist. An dem Aufnahmeabschnitt ist ein radialer Innenvorsprung 721 angeordnet, der etwa bis zu einer Mitte des sekundären Luftspalts ragt, so dass der Innenvorsprung 721 und der Außenvorsprung 720 des Einführabschnitts 718 bei einer Bewegung des Ankers 710 nicht gegeneinander stoßen.

[0065] In Fig. 7A ist der Außenvorsprung 721 an einer dem Pumpenraum 707 abgewandten Seite des Innenvorsprungs 720 angeordnet. Dabei liegt keine radiale Überdeckung der äußeren Fläche des Außenvorsprungs und der inneren Fläche des Innenvorsprungs vor, was vorliegend als negative Überdeckung bezeichnet wird. Die gezeigte Position des Ankers 710 ist eine unbestromte Hubposition, wobei eine nicht gezeigte Spule nicht bestromt ist und der Anker 710 beispielsweise durch eine Feder in die gezeigte Hubposition vorgespannt wird. Es versteht sich, dass ein Anschlag den Anker 710 entgegen einer Vorspannung der Feder an einer weiteren Bewegung hindert.

[0066] Fig. 7B zeigt den Anker 710 in einer mittleren Hubposition, wobei die innere Fläche des Innenvorsprungs 721 gegenüber der äußeren Fläche des Außenvorsprungs 720 angeordnet ist.

[0067] Fig. 7C zeigt den Anker 710 in einer ausgelenkten Hubposition, wobei der Anker 710 gänzlich aus dem Aufnahmeabschnitt 718 ausgefahren ist, und wobei der vordere Bereich 715 des Ankers 710 kurz vor einem Anschlagen an dem Gegenkonus 719 gezeigt ist. Auch in dieser Position liegt eine negative Überdeckung zwischen dem Innenvorsprung 721 und dem Außenvorsprung 720 vor.

[0068] Bei einer negativen Überdeckung ist der magnetische Widerstand der gesamten Anordnung höher als bei einer positiven Überdeckung. Ferner wird der magnetische Widerstand weiter erhöht, wenn der Anker 710 aus dem Aufnahmeabschnitt 718 herausfährt.

[0069] Dadurch wird in dem vorliegenden siebten Ausführungsbeispiel das Verhalten des Ankers 710 insoweit beeinflusst, als dass bei einem Anfahren der Bewegung des Ankers 710 nach dem Zustand in Fig. 7A ein etwa mittelgroßer Widerstand vorliegt, so dass eine Druckspitze, die sich bei einem plötzlichen Bestromen der Spule in dem Pumpenraum 707 ergeben würde, vermieden wird. Während sich der Außenvorsprung 720 an dem Innenvorsprung 721 wie in Fig. 7B vorbei bewegt, fällt der magnetische Widerstand ab und die maximale Kraft der Pumpe kann für eine Förderung eines Fluids verwandt werden. In der in Fig. 7C gezeigte Position des Ankers 710 ist der magnetische Widerstand aufgrund der negativen Überdeckung sowie der Position des Anker 710 außerhalb des Aufnahmeabschnitts 718 stark angestiegen, so dass ein harter Stoß gegen den Gegenkonus 719 durch den Anker 710 vorteilhaft abgeschwächt wird.

[0070] Fig. 8 zeigt analog zu dem in den Fig. 7A-C

gezeigten Ausführungsbeispiel eine schematische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer elektromagnetischen Pumpe 800, ohne eine Spule, andere Antriebskomponenten, wie beispielsweise Federn, oder Anschlusskomponente an einen Pumpenraum 807 darzustellen. Gleiche oder vergleichbare Komponenten weisen gegenüber dem Ausführungsbeispielen von Fig. 7 ein um 100 inkrementiertes Bezugszeichen auf, so dass im Folgenden auf eine nähere Beschreibung der Lage und Beschaffenheit der Komponenten verzichtet wird und nur die Unterschiede herausgestellt und beschrieben werden.

[0071] Die Pumpe 800 des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 8 ist aufgebaut wie die Pumpe 700 des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 7, wobei sich ein Einführbereich 817 eines Ankers 810 sowie ein Aufnahmeabschnitt 818, in welchen der Anker 810 eingeführt ist, von dem Einführabschnitt 717 und dem Aufnahmeabschnitt 818 des siebten Ausführungsbeispiels unterscheiden. Der Außendurchmesser des Einführabschnitts 817 und der Innendurchmesser des Aufnahmeabschnitts 818 weisen etwa die gleiche Größe auf, wobei aber ein Spiel für ein Gleiten des Ankers 810 in dem Aufnahmeabschnitt 818 vorgesehen ist. Der Einführabschnitt 817 weist in einem hinteren, einem Gegenkonus 819 abgewandten Bereich eine Nut 820a, wobei ein Außenvorsprung 820b zwischen einer dem Gegenkonus 819 abgewandten Stirnseite des Ankers 810 und der Nut 820a gebildet ist. Der Außenvorsprung 820b weist einen gleichen Außendurchmesser auf wie ein übriger Teil des Einführabschnitts 817.

[0072] Der Aufnahmeabschnitt 818 weist ebenfalls eine Nut 821a auf, wobei ein Außenvorsprung 820b zwischen einem dem Gegenkonus 819 zugewandten Ende des Aufnahmeabschnitts 818 und der Nut 820a gebildet ist. Der Außenvorsprung 820b weist einen gleichen Außendurchmesser auf wie ein übriger Teil 817a des Einführabschnitts 817.

[0073] Fig. 8 zeigt den Anker 810 in einer mittleren Hubposition, wobei die innere Fläche des Innenvorsprungs 821 b gegenüber der äußeren Fläche des Außenvorsprungs 820b angeordnet ist.

[0074] Im Unterschied zu der Pumpe 700 des siebten Ausführungsbeispiels wird eine negative Überdeckung des Einführabschnitts 817 und des Ausführungsabschnitts 818 zu Beginn einer Bewegung des Ankers 810 nicht hergestellt, so dass es nicht zu einer Reduktion des magnetischen Widerstands kommt. Dadurch wird der Anker 810 vorteilhaft schneller beschleunigt, was vorteilhaft zu einer reduzierten Betriebszeit der Spule und damit zu einem geringeren Stromverbrauch führt.

[0075] Fig. 9 zeigt eine als Dosierpumpe ausgebildete elektromagnetische Pumpe 900, mit einem Gehäuse 901, eine in dem Gehäuse 901 angeordnete elektromagnetische Spule 902, einem ersten ferromagnetischen Kernteil 903 und einem zweiten ferromagnetischen Kernteil 904. Die elektromagnetische Spule 902 ist auf einem Spulenträger 905 aufgewickelt und wird in ihrem Innen-

bereich von dem ersten ferromagnetischen Kernteil 903 und dem zweiten ferromagnetischen Kernteil 904 jeweils teilweise durchsetzt. Die beiden ferromagnetischen Kernteile 903, 904 sind durch einen einen Abstand 906 definierenden Pumpenraum 907 voneinander beabstandet, wobei das erste ferromagnetische Kernteil 903 eine Zulaufleitung 908 und das zweite ferromagnetische Kernteil 904 eine Ablaufleitung 909 für ein zu förderndes Fluid aufweisen. In dem Pumpenraum 907 ist ein beweglicher, ferromagnetischer Anker 910 angeordnet, welcher Anker 910 durch eine zwischen dem Anker 910 und dem ersten Kernteil 903 angeordnete Feder 911 in eine Förderrichtung 912 der elektromagnetischen Pumpe 900 vorgespannt wird. Der Anker 910 weist im Wesentlichen eine hohlzylindrische Form auf und wird von einer Kolbenstange 913 in seiner gesamten Längserstreckung durchsetzt, wobei die Kolbenstange 913 über den Anker 110 mit einem Ende 913a in Förderrichtung 912 hinausragt und gegen die Ablaufleitung 909 anschlägt und diese bei vollständig entstromter Spule 902 verschließt. Der Anker 910 weist in seinem dem ersten Kernteil 903 zugewandten vorderen Bereich 915 eine sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur auf. Das erste Kernteil 903 weist ein dem Anker 910 zugewandtes und zu dem vorderen Bereich 915 des Ankers 910 komplementär ausgebildetes konusförmiges Gegenstück 919 auf, wobei ein Bereich zwischen dem Anker 910 und dem konusförmigen Ankergegenstück 919 als primärer Luftspalt bezeichnet wird. Der vordere Bereich 915 ragt in den axialen Abstand zwischen beide Kernteile 903, 904. Der Anker 910 erstreckt sich mit einem dem ersten Kernteil 903 abgewandten, als Einführabschnitt 917 ausgebildeten Ende in einen Aufnahmeabschnitt 818 des zweiten Kernteils 904, wobei der vordere Bereich 915 des Ankers 910 radial nicht über eine dem ersten Kernteil 903 zugewandte Stirnseite des Aufnahmeabschnitt 918 des zweiten Kernteils 904 vorsteht, wodurch auch Kernteile 903, 904 mit kleinerem Durchmesser eingesetzt werden können. Es ist aber möglich, den vorderen Bereich 915 des Ankers 910 auch über die dem ersten Kernteil 903 zugewandte Stirnseite des Aufnahmeabschnitt 918 radial überstehen zu lassen.

[0076] Ein Bereich zwischen dem Einführabschnitt 917 des Ankers 910 und dem Aufnahmeabschnitt 918 des zweiten Kernteils 904 wird als sekundärer Luftspalt bezeichnet. Der Bereich zwischen dem vorderen Bereich 915 des Ankers 910 und dem Gegenstück 919 des ersten Kernteils 903 definiert einen primären Luftspalt 951, dessen axiale Erstreckung bei entregter Spule 902 maximal ist. Die Umfangsfläche des Einführabschnitts 917 des Ankers 910 und der der Längsachse 953 der Spule 902 zugekehrte Aufnahmeabschnitt 918 des zweiten Kernteils 904 definieren in dem Bereich, in dem diese sich gegenüber stehen, einen im Wesentlichen radialen, sekundären Luftspalt 952.

[0077] Bei Bestromung der Spule 902 ist aufgrund des sich ergebenden Magnetfeldes die magnetische Kraft zwischen dem Anker 910 und dem ersten Kernteil 903

bei einem Schließvorgang des ersten Luftspalts 951 größer als die magnetische Kraft zwischen dem Anker 910 und dem zweiten Kernteil 904.

[0078] Bei einer Bestromung der Spule 902 entsteht ein magnetisches Feld innerhalb der Spule 902, wobei der ferromagnetische Anker 910 entgegen der Förderrichtung 912 von einer magnetischen Kraft beaufschlagt und verlagert wird. Die magnetische Kraft bewegt den Anker 910 entgegen der Vorspannung der Feder 911 in Richtung des ersten Kernteils 903, wobei der vordere Bereich 915 des Ankers 910 in das komplementär ausgebildete Gegenstück 919 des ersten Kernteils 903 eingeschoben wird. Dabei wird die Feder 911 weiter gespannt. Bei einem Entstromen der Spule 902 wird der Anker 910 durch die Vorspannung der Feder 911 wieder in Förderrichtung 912 verschoben, und das Ende 913a der Kolbenstange 913 drückt das Fluid in die Ablaufleitung 909.

[0079] Ein konischer Abschnitt 960 des Einführabschnitts 917 des Ankers 910 verjüngt sich entgegen der sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur des vorderen Bereichs 915 des Ankers 910, und zwar ausgehend von einer Stirnseite 961 des Einführabschnitts 917. An den einzigen und nur in eine Richtung weisenden konischen Abschnitt 960 schließt sich ein zylindrischer Bereich 962 des Einführabschnitts 917 an, der bis zu einer Stirnwand 963 des Einführabschnitts 917 reicht, in der die Ablaufleitung 909 in einer Vertiefung 964, die größer ist als das Ende 913a der Kolbenstange 913, mündet.

[0080] Ein konischer Abschnitt 970 des Einführabschnitts 917 des Ankers 910 erstreckt sich teilweise in radialer Überdeckung mit dem konischen Abschnitt 960 des Einführabschnitts 917, teilweise außerhalb des Aufnahmeabschnitt 918, in der in Fig. 9 gezeigten, nicht betromten Endposition des Ankers 910. Bei maximalem Hub gelangt der konische Abschnitt 970 des Einführabschnitts 917 des Ankers 910 vollständig außerhalb radialer Überdeckung mit dem konischen Abschnitt 960 des Einführabschnitts 917. An den konischen Abschnitt 970 des Einführabschnitts 917 schließt in Förderrichtung ein durchgehend zylindrischer Bereich 971 des Ankers 910 an, der im nicht bestromten Zustand teilweise radial von dem konischen Abschnitt 960 des Einführabschnitts 917 umgeben ist.

[0081] In Hubrichtung schließt sich an den konischen Abschnitt 970 des Einführabschnitts 917 ein zylindrischer Abschnitt 972 an, an den sich wiederum die sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur des vorderen Bereichs 915 des Ankers 910 anschließt, die von einer dem ersten Kernteil 903 zugekehrten ringförmigen Stirnseite 973 des Ankers 910 begrenzt ist. Man erkennt, dass der konische Abschnitt 970 etwas mehr als ein Sechstel der axialen Erstreckung des Einführabschnitts 917 ausmacht, der von einer der Ablaufleitung 909 zugekehrten Stirnseite 974 des Ankers 910 bis zu dem zylindrischen Abschnitt 972, allerdings ohne diesen, reicht. Man erkennt ferner, dass auch der konische Ab-

schnitt 960 etwas mehr als ein Sechstel der axialen Erstreckung des Aufnahmeabschnitts 916 ausmacht.

[0082] Man erkennt weiter, dass der sich entgegen der Hubrichtung verjüngende konische Abschnitt 970 des Einführabschnitts 917 steiler ist als die sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur des vorderen Bereichs 915 des Ankers 910, da für ungefähr denselben radialen Anstand dem vorderen Bereich 915 ein längerer axialer Abstand zur Verfügung steht. Man erkennt ferner, dass der Konuswinkel der konischen Abschnitte 970 und 960 in etwa derselbe ist und sich um weniger als 8° unterscheidet. Auch der Konuswinkel von vorderem Bereich 915 des Ankers 910 und von Gegenstück 919 ist in etwa derselbe und unterscheidet sich um weniger als 8°.

[0083] In der Zulaufleitung 908 ist ein Rückschlagventil 980 angeordnet, das von einer Feder 981 in der der Hubrichtung des Ankers 910 entsprechenden Schließrichtung vorgespannt ist. In der gegenüber der Zulaufleitung 908 vergrößerten Bohrung 903a des ersten Kernteils ist eine Hülse 982 angeordnet, deren Bohrung 983 von der Kolbenstange 913 teilweise durchsetzt ist. Ein Saugraum 984, der zwischen dem Ventilglied des Rückschlagventils 980 und der der Zulaufleitung 908 zugekehrten Stirnseite der Kolbenstange 913 von der Hülse 982 radial umgeben ist, ist mit dem Pumpraum 907 verbunden, beispielsweise über eine ein Ventil enthaltende Bohrung in der Kolbenstange 913, die nicht weiter dargestellt ist. Wird die Spule 902 bestromt, verhindert das Rückschlagventil 980 das Entweichen des Fluids, und dieses wird über die Verbindung in dem Pumpraum 907 gepresst. Wird der Anker 910 durch die Feder 911 zurück in seiner Ausgangslage verlagert, entsteht in dem Saugraum 984 ein Unterdruck, der das Ventilglied des Rückschlagventils 980 abhebt und ein Nachströmen von Fluid zulässt, während das Fluid bei Rückstellung des Ankers 910 aus dem Pumpraum 907 in die Ablaufleitung 909 gepresst wird. Man erkennt, dass die Feder 911 sich auf einer Stirnseite der Hülse 982 abstützt. Man erkennt ferner, dass die Bohrungen in beiden Kernteilen 903, 904 eine durchgehende Bohrung aufweisen, die in Stufen von außen nach innen zunehmende Durchmesser aufweist, so dass eine einfache Montage durch Einstecken von Komponenten wie der Hülse 982 oder des Rückschlagventils 980 möglich ist.

[0084] Man erkennt ferner, dass in dem Gehäuse 901 zwei Polscheiben 991, 992 eingebracht sind, die den magnetischen Fluss zur Spule 902 nach Art eines Jochs begünstigen.

[0085] Die in Fig. 9 gezeigten und vorstehend erläuterten Formmerkmale am Anker 910, insbesondere Anordnung, Länge und Winkel des konischen Abschnitts 970 des Einführabschnitts 917, der auch als sekundärer Konus bezeichnet werden kann, und an dem konusförmigen Gegenstück 919, insbesondere Länge, Durchmesser und Winkel, ergeben sich zusätzliche Freiheitsgrade zur Optimierung des Kraftverlaufs als Funktion des Hubs. In der vorliegenden Ausführung erreicht man damit

unter anderem eine ausreichende Beschleunigung am Anfang des Hubs, eine mit dem Hub ansteigende Kraft zur Überwindung der Vorspannung der Feder 911 sowie einen mäßigen und jedenfalls nicht zu großen Kraftüberschuss am Ende der Bewegung des Ankers 910. Hierdurch erreicht und hält der Anker 910 sicher das Ende des Hubs, schlägt aber nur mit geringem Kraftüberschuss an dem konusförmigen Gegenstück 919 an, und zwar auch bei variabler Versorgungsspannung und sich ändernder Spulentemperatur. Hierdurch werden unnötige in die Dosierpumpe 900 eingeleitete Schwingungen und Temperaturerhöhungen vermieden, was zu einer Verlängerung der Standzeit führt.

[0086] Es versteht sich, dass die gezeigten Ausführungsbeispiele bzw. deren Elemente zur Erlangung des erfindungsgemäßen Erfolgs auch ohne weiteres kombiniert, aggregiert, substituiert oder modifiziert werden können.

[0087] Die Erfindung ist vorstehend unter Bezugnahme auf primäre und sekundäre Luftspalte erläutert worden. Es versteht sich, dass die Luftspalte im Betrieb der elektromagnetischen Pumpe nicht mit Luft, sondern mit dem zu fördernden Medium, Pumpenöl oder einem anderen Medium gefüllt sein können, und insbesondere auch die gegenseitige Führung begünstigende Hülse, beispielsweise aus Teflon oder dergleichen, umfassen können.

[0088] Die Erfindung ist vorstehend anhand einer Ausgestaltung der elektromagnetischen Magnetpumpe als Einspritzpumpe mit Dosierzylinder beschrieben worden. Es versteht sich, dass statt eines Dosierzylinders auch ein als Kolben wirkender Anker Einsatz finden kann, oder dass die Pumpe auch als Membranpumpe ausgebildet sein kann, bei der das zu fördernde Fluid außerhalb der Luftspalte verbleibt.

[0089] Die Erfindung ist vorstehend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert worden, bei dem durch Erregen der Spule der Aktor entgegen der Förderrichtung des Fluids abgehoben wird, und unter der Vorspannung der Feder das zu fördernde Fluid ausgestoßen wird. Es versteht sich, dass die Erfindung in gleicher Weise bei einer Pumpe realisiert werden kann, bei der der Ausstoß der Flüssigkeit durch den Hub des Ankers bei Erregung der Spule erfolgt, und lediglich der Rückschub unter der Vorspannung der Feder vorgesehen ist.

[0090] Die Erfindung ist vorstehend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert worden, bei denen spezifische Konturen des Einführabschnitts und des Aufnahmeabschnitts beschrieben wurden. Es versteht sich, dass jegliche Anpassung an eine gewünschte Hub-Kraft-Kennlinie durch erfindungsgemäße Konfiguration im Bereich des sekundären Luftspalts erreicht werden kann.

[0091] Die Erfindung ist vorstehend anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben worden, bei denen der Einführabschnitt und der Aufnahmeabschnitt als einstückige Teile ausgebildet sind. Es versteht sich, dass fertigungstechnisch diese Teile aus mehreren Teilen zusammengesetzt sein können, beispielsweise aus einem

Grundteil mit zylindrischer Kontur und einem aufgeschumpften oder aufgepressten Buchsenteil, welches zumindest teilweise ferromagnetisch ist und dementsprechend eine spezifische ferromagnetische Kontur aufweist. Insbesondere ist es möglich, durch eine entsprechende Buchse ein baukastenartiges Sortiment zusammenzustellen, bei dem durch die Art der gewöhnlichen Auskleidung beziehungsweise Buchse die Charakteristik im Bereich des sekundären Luftspalts beeinflusst wird. Durch eine entsprechende Ausgestaltung der Auskleidung beziehungsweise der Buchse ist es auch möglich, die ferromagnetischen Eigenschaften nicht rotationssymmetrisch über den Umfang des Einführabschnitts beziehungsweise des Aufnahmeabschnitts zu verteilen und hierdurch weitere magnetische Effekte im Bereich des sekundären Luftspalts zu erreichen.

Patentansprüche

1. Elektromagnetische Pumpe, umfassend

genau eine Spule (102; 902), wobei die eine Spule (102; 902) eine Längsachse (153; 953) aufweist,

ein zumindest teilweise in der einen Spule (102; 902) angeordnetes ferromagnetisches erstes Kernteil (103; 903),

ein zumindest teilweise in der einen Spule (102; 902) angeordnetes ferromagnetisches zweites Kernteil (104; 204; 404; 504; 904), und

einen ferromagnetischen Anker (110; 210; 310; 510; 910), wobei zwischen dem Anker (110; 210; 310; 510; 910) und dem ersten Kernteil (103; 903) ein primärer Luftspalt (151; 951) angeordnet ist, wobei zwischen einem Einführabschnitt (117; 217; 317; 517; 917) des Ankers (110; 210; 310; 510; 910) und einem zu der Längsachse (153; 953) gewandten Aufnahmeabschnitt (118; 218; 418; 518; 918) des zweiten Kernteils (104; 204; 404; 504; 904) ein radialer, sekundärer Luftspalt (152; 252; 352; 453; 553; 953) angeordnet ist,

wobei der ferromagnetische Anker (110; 210; 310; 510; 910) in einem dem ersten Kernteil (103; 903) zugewandten vorderen Bereich (115; 915) eine sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur aufweist,

wobei eine magnetische Kraft zwischen dem Anker (110; 210; 310; 510; 910) und dem ersten Kernteil (103; 903) bei einem Schließvorgang des ersten Luftspalts (151; 951) größer ist als eine magnetische Kraft zwischen dem Anker (110; 210; 310; 510; 910) und dem zweiten Kernteil (104; 204; 404; 504; 904),
dadurch gekennzeichnet,

dass der Einführabschnitt (117; 217; 517; 917) des Ankers (110; 210; 510; 910) zumindest einen koni-

schen Abschnitt aufweist, der einen von der kegelstumpfförmigen Kontur des vorderen Bereichs (115; 915) des ferromagnetischen Ankers (110; 210; 310; 510; 910) abweichenden Öffnungswinkel aufweist.

2. Elektromagnetische Pumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eines von Einführabschnitt (117; 217; 317; 517; 917) des Ankers (110; 210; 310; 510) und Aufnahmeabschnitt (118; 218; 418; 518; 918) des zweiten Kernteils (104; 204; 404; 504; 904) über einen Bereich von wenigstens einem Sechstel einer maximalen axialen Erstreckung des sekundären Luftspalts (152; 252; 352; 453; 553; 953) eine von der zylindrischen Kontur abweichende Kontur aufweist.

3. Elektromagnetische Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eines von Einführabschnitt (217; 917) des Ankers (210; 910) und Aufnahmeabschnitt (418; 918) des zweiten Kernteils (404; 904) über einen Bereich von mindestens einem Sechstel einer maximalen axialen Erstreckung des sekundären Luftspalts (252; 453; 952) konisch ausgebildet ist.

4. Elektromagnetische Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einführabschnitt (317) des Ankers (310) eine Stufung (330) mit verbreitertem sekundären Luftspalt aufweist.

5. Elektromagnetische Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aufnahmeabschnitt (118) des zweiten Kernteils (104) einen zu der Längsachse (153) weisenden Innenvorsprung (121) aufweist.

6. Elektromagnetische Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich des sekundären Luftspalts (152; 252; 352; 453; 553; 952) der maximale Außendurchmesser des Einführabschnitts (117; 217; 317; 517; 917) des Ankers (110; 210; 310; 510; 910) kleiner ist als der minimale Innendurchmesser des Aufnahmeabschnitts (118; 218; 418; 518; 918) des zweiten Kernteils (104; 204; 404; 504; 904).

7. Elektromagnetische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vordere Bereich (115) des Ankers (110; 210; 310; 510) radial über eine dem ersten Kernteil (103) zugewandte Stirnseite des Aufnahmeabschnitts (118; 218; 418; 518) des zweiten Kernteils (104; 204; 404; 504) vorsteht.

8. Elektromagnetische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der konische Abschnitt (970) des Einführab-

schnitt (117; 217; 517; 917) des Ankers (110; 210; 510; 910) sich entgegen der sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur des vorderen Bereichs (115; 915) des Ankers (110; 210; 310; 510; 910) verjüngt.

5

9. Elektromagnetische Pumpe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der konische Abschnitt (970) des Einführabschnitt (117; 217; 517; 917) des Ankers (110; 210; 510; 910) sich teilweise außerhalb des Aufnahmeabschnitt (118; 218; 418; 518; 918) erstreckt.

10

10. Elektromagnetische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der sich entgegen der Hubrichtung verjüngende konische Abschnitt (960) des Aufnahmeabschnitts (118; 218; 418; 518; 918) an eine dem ersten ersten Kernteil (103; 903) zugekehrte Stirnseite (961) des zweiten Kernteil (104; 204; 404; 504; 904) grenzt.

15

20

11. Elektromagnetische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der sich entgegen der Hubrichtung verjüngende konische Abschnitt (970) des Einführabschnitt (917) steiler ist als der sich in Hubrichtung verjüngende kegelstumpfförmige Kontur des vorderen Bereichs (915) des Ankers (910).

25

30

12. Elektromagnetische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der außerhalb des sich entgegen der Hubrichtung verjüngenden konischen Abschnitts (960) des Aufnahmeabschnitts (918) gelegene in Pumprichtung (914) weisende Bereich (962) des Aufnahmeabschnitts (918) zylindrisch ausgebildet ist, und dass der in den Zylinderbereich des Aufnahmeabschnitts (918) eindringende Bereich (971) des Einführabschnitts (917) zylindrisch ausgebildet ist.

35

40

13. Elektromagnetische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (110; 210; 310; 510; 910) seinen maximalen Durchmesser (972) in einem von der Spule (902) umgebenen Raum außerhalb des Aufnahmeabschnitts (118; 218; 418; 518; 918) des zweiten Kernteils (104; 204; 404; 504; 904) und außerhalb des ersten Kernteils (103; 903) annimmt.

45

50

14. Elektromagnetische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in Pumprichtung weisende wirksame Kolbenfläche des Ankers (110; 210; 310; 510; 910) größer ist als die in Hubrichtung weisende wirksame Kolbenfläche des Ankers (110; 210; 310; 510; 910).

55

15. Elektromagnetische Pumpe nach einem der vorher-

gehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Hubkolbenpumpe, Membranpumpe, druckregelnde Pumpe und Dosierpumpe.

Claims

1. An electromagnetic pump, comprising

precisely one coil (102; 902), wherein the one coil (102; 902) comprises a longitudinal axis (153; 953),

a ferromagnetic first core part (103; 903) which is arranged at least in part in the one coil (102; 902),

a ferromagnetic second core part (104; 204; 404; 504; 904) which is arranged at least in part in the one coil (102; 902), and

a ferromagnetic armature (110; 210; 310; 510; 910),

wherein a primary air gap (151; 951) is arranged between the armature (110; 210; 310; 510; 910) and the first core part (103; 903),

wherein a radial, secondary air gap (152; 252; 352; 453; 553; 953) is arranged between an insertion portion (117; 217; 317; 517; 917) of the armature (110; 210; 310; 510; 910) and a receiving portion (118; 218; 418; 518; 918) of the second core part (104; 204; 404; 504; 904) that is turned to the longitudinal axis (153; 953),

wherein the ferromagnetic armature (110; 210; 310; 510; 910) comprises a truncated-cone-shaped contour which tapers in the stroke direction in a front region (115; 915) which faces the first core part (103; 903), wherein during a closing operation of the first air gap (151; 951), a magnetic force between the armature (110; 210; 310; 510; 910) and the first core part (103; 903) is greater than a magnetic force between the armature (110; 210; 310; 510; 910) and the second core part (104; 204; 404; 504; 904),

characterized in

that the insertion portion (117; 217; 517; 917) of the armature (110; 210; 510; 910) comprises at least one conical portion which comprises an opening angle which deviates from the truncated-cone-shaped contour of the front region (115; 915) of the ferromagnetic armature (110; 210; 310; 510; 910).

2. The electromagnetic pump as claimed in claim 1, **characterized in that** at least one of insertion portion (117; 217; 317; 517; 917) of the armature (110; 210; 310; 510) and receiving portion (118; 218; 418; 518; 918) of the second core part (104; 204; 404; 504; 904) comprises a contour which deviates from the cylindrical contour over a region of at least one sixth of a maximum axial extension of the secondary

air gap (152; 252; 352; 453; 553; 953).

3. The electromagnetic pump as claimed in claim 1 or 2, **characterized in that** at least one of insertion portion (217; 917) of the armature (210; 910) and receiving portion (418; 918) of the second core part (404; 904) is realized in a conical manner over a region of at least one sixth of a maximum axial extension of the secondary air gap (252; 453; 952).
4. The electromagnetic pump as claimed in one of claims 1 to 3, **characterized in that** the insertion portion (317) of the armature (310) comprises a stepping (330) with a widened secondary air gap.
5. The electromagnetic pump as claimed in one of claims 1 to 4, **characterized in that** the receiving portion (118) of the second core part (104) comprises an inside projection (121) which points to the longitudinal axis (153).
6. The electromagnetic pump as claimed in one of claims 1 to 5, **characterized in that** in the region of the secondary air gap (152; 252; 352; 453; 553; 952) the maximum outside diameter of the insertion portion (117; 217; 317; 517; 917) of the armature (110; 210; 310; 510; 910) is smaller than the minimum inside diameter of the receiving portion (118; 218; 418; 518; 918) of the second core part (104; 204; 404; 504; 904).
7. The electromagnetic pump as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the front region (115) of the armature (110; 210; 310; 510) protrudes radially beyond an end face of the receiving portion (118; 218; 418; 518) of the second core part (104; 204; 404; 504) that faces the first core part (103).
8. The electromagnetic pump as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the conical portion (970) of the insertion portion (117; 217; 517; 917) of the armature (110; 210; 501; 910) tapers in opposition to the truncated-cone-shaped contour of the front region (115; 915) of the armature (110; 210; 310; 510; 910) which tapers in the stroke direction.
9. The electromagnetic pump as claimed in claim 8, **characterized in that** the conical portion (970) of the insertion portion (117; 217; 517; 917) of the armature (110; 210; 510; 910) extends in part outside the receiving portion (118; 218; 418; 518; 918).
10. The electromagnetic pump as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the conical portion (960) of the receiving portion (118; 218; 418; 518; 918) which tapers in opposition to the stroke direction adjoins an end face (961) of the second

core part (104; 204; 404; 504; 904) that faces the first core part (103; 903).

11. The electromagnetic pump as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the conical portion (970) of the insertion portion (917) which tapers in opposition to the stroke direction is steeper than the truncated-cone-shaped contour of the front region (915) of the armature (910) which tapers in the stroke direction.
12. The electromagnetic pump as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the region (962) of the receiving portion (918), which is placed outside the conical portion (960) of the receiving portion (918) that tapers in opposition to the stroke direction and points in the pumping direction (914), is realized in a cylindrical manner, and that the region (971) of the insertion portion (917) which penetrates into the cylinder region of the receiving portion (918) is realized in a cylindrical manner.
13. The electromagnetic pump as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the armature (110; 210; 310; 510; 910) assumes its maximum diameter (972) in a space that is surrounded by the coil (902) outside the receiving portion (118; 218; 418; 518; 918) of the second core part (104; 204; 404; 504; 904) and outside the first core part (103; 903).
14. The electromagnetic pump as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the effective piston area of the armature (110; 210; 310; 510; 910) which points in the pumping direction is greater than the effective piston area of the armature (110; 210; 310; 510; 910) that points in the stroke direction.
15. The electromagnetic pump as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the pump is selected from the group including a reciprocating pump, a diaphragm pump, a pressure-regulating pump and a dosing pump.

Revendications

1. Pompe électromagnétique comprenant
 exactement une bobine (102 ; 902), ladite une bobine (102 ; 902) possédant un axe longitudinal (153 ; 953),
 un premier élément de noyau ferromagnétique (103 ; 903) disposé au moins partiellement dans ladite une bobine (102 ; 902),
 un second élément de noyau ferromagnétique (104 ; 204 ; 404 ; 504 ; 904) disposé au moins partiellement dans ladite une bobine (102 ; 902),

- et
un induit ferromagnétique (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910), une discontinuité magnétique primaire (151 ; 951) étant ménagée entre l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910) et le premier élément de noyau (103 ; 903), une discontinuité magnétique secondaire radiale (152 ; 252 ; 352 ; 453 ; 553 ; 953) étant ménagée entre une partie d'insertion (117 ; 217 ; 317 ; 517 ; 917) de l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910) et une partie de réception (118 ; 218 ; 418 ; 518 ; 918) qui fait face à l'axe longitudinal (153 ; 953) du second élément de noyau (104 ; 204 ; 404 ; 504 ; 904),
- l'induit ferromagnétique (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910) présentant un contour tronconique, effilé dans le sens de la course, dans la zone avant (115 ; 915) qui fait face au premier élément de noyau (103 ; 903), lors d'un processus de fermeture de la discontinuité magnétique primaire (151 ; 951), la force magnétique entre l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910) et le premier élément de noyau (103 ; 903) étant supérieure à une force magnétique entre l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910) et le second élément de noyau (104 ; 204 ; 404 ; 504 ; 904),
- caractérisée en ce que** la partie d'insertion (117 ; 217 ; 517 ; 917) de l'induit (110 ; 210 ; 510 ; 910) possède au moins une partie conique qui forme un angle d'ouverture qui s'écarte du contour tronconique de la zone avant (115 ; 915) de l'induit ferromagnétique (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910).
2. Pompe électromagnétique selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'une au moins entre la partie d'insertion (117 ; 217 ; 317 ; 517 ; 917) de l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510) et la partie de réception (118 ; 218 ; 418 ; 518 ; 918) du second élément de noyau (104 ; 204 ; 404 ; 504 ; 904) présente un contour qui s'écarte du contour cylindrique sur une zone d'au moins un sixième de l'extension axiale maximale de la discontinuité magnétique secondaire (152 ; 252 ; 352 ; 453 ; 553 ; 953).
 3. Pompe électromagnétique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'une au moins des partie d'insertion (217 ; 917) de l'induit (210 ; 910) et partie de réception (418 ; 918) du second élément de noyau (404 ; 904) a une forme conique sur une zone d'au moins un sixième de l'extension axiale maximale de la discontinuité magnétique secondaire (252 ; 453 ; 952).
 4. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la partie d'insertion (317) de l'induit (310) comprend un étagelement (330) qui présente une discontinuité magnétique secondaire élargie.
 5. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** la partie de réception (118) du second élément de noyau (104) comporte une saillie intérieure (121) qui est orientée vers l'axe longitudinal (153).
 6. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que**, dans la zone de la discontinuité magnétique secondaire (152 ; 252 ; 352 ; 453 ; 553 ; 952), le diamètre extérieur maximal de la partie d'insertion (117 ; 217 ; 317 ; 517 ; 917) de l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910) est inférieur au diamètre intérieur minimal de la partie de réception (118 ; 218 ; 418 ; 518 ; 918) du second élément de noyau (104 ; 204 ; 404 ; 504 ; 904).
 7. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la zone avant (115) de l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510) fait saillie radialement d'un côté frontal, qui fait face au premier élément de noyau (103), de la partie de réception (118 ; 218 ; 418 ; 518) du second élément de noyau (104 ; 204 ; 404 ; 504).
 8. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la partie conique (970) de la partie d'insertion (117 ; 217 ; 517 ; 917) de l'induit (110 ; 210 ; 510 ; 910) est effilée dans le sens opposé au contour tronconique, effilée dans le sens de la course, de la zone avant (115 ; 915) de l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910).
 9. Pompe électromagnétique selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** la partie conique (970) de la partie d'insertion (117 ; 217 ; 517 ; 917) de l'induit (110 ; 210 ; 510 ; 910) s'étend partiellement à l'extérieur de la partie de réception (118 ; 218 ; 418 ; 518 ; 918).
 10. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la partie conique (960), effilée dans le sens opposé au sens de la course, de la partie de réception (118 ; 218 ; 418 ; 518 ; 918) est adjacente à un côté avant (961), tourné vers le premier élément de noyau (103 ; 903), du second élément de noyau (104 ; 204 ; 404 ; 504 ; 904).
 11. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la partie conique (970), effilée dans le sens opposé au sens de la course, de la partie d'insertion (917) forme un angle plus obtus que le contour tronconique, effilée dans le sens de la course, de la zone avant (915) de l'induit (910).
 12. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la zo-

ne (962) de la partie de réception (918), qui est orientée dans le sens de pompage (914) et qui est située à l'extérieur de la partie conique (960), effilée dans le sens opposé au sens de la course, de la partie de réception (918) a une forme cylindrique et **en ce que** la zone (971) de la partie d'insertion (917), qui pénètre dans la zone cylindrique de la partie de réception (918), a une forme cylindrique.

13. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910) a son diamètre maximum (972) dans un espace, entouré par la bobine (902), à l'extérieur de la partie de réception (118 ; 218 ; 418 ; 518 ; 918) du second élément de noyau (104 ; 204 ; 404 ; 504 ; 904) et à l'extérieur du premier élément de noyau (103 ; 903).
14. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la surface de piston efficace, orientée dans le sens de pompage, de l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910) est supérieure à la surface de piston efficace, orientée dans le sens de la course, de l'induit (110 ; 210 ; 310 ; 510 ; 910).
15. Pompe électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la pompe est choisie dans le groupe comprenant une pompe à piston alternatif, une pompe à diaphragme, une pompe de régulation de pression et une pompe doseuse.

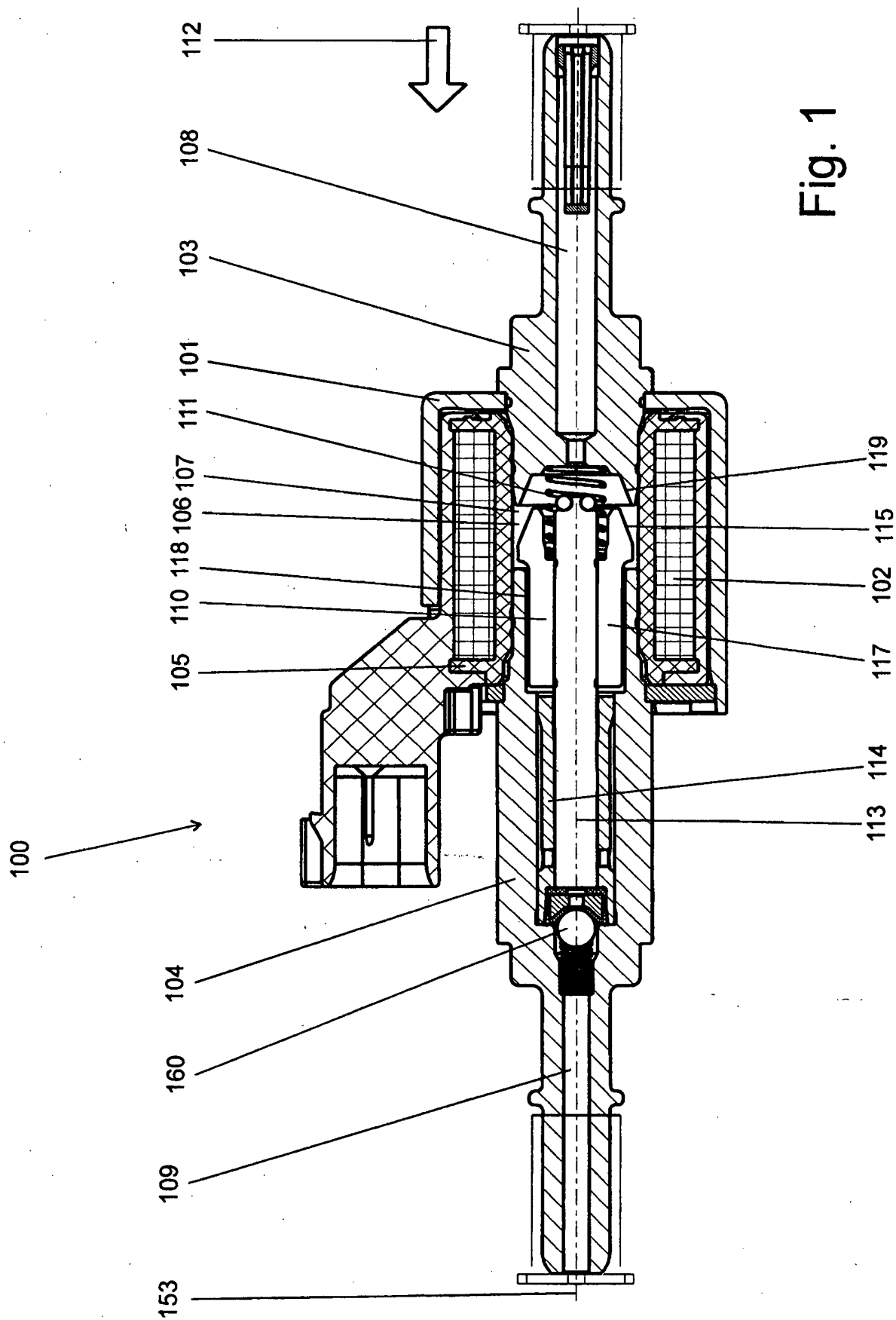
35

40

45

50

55



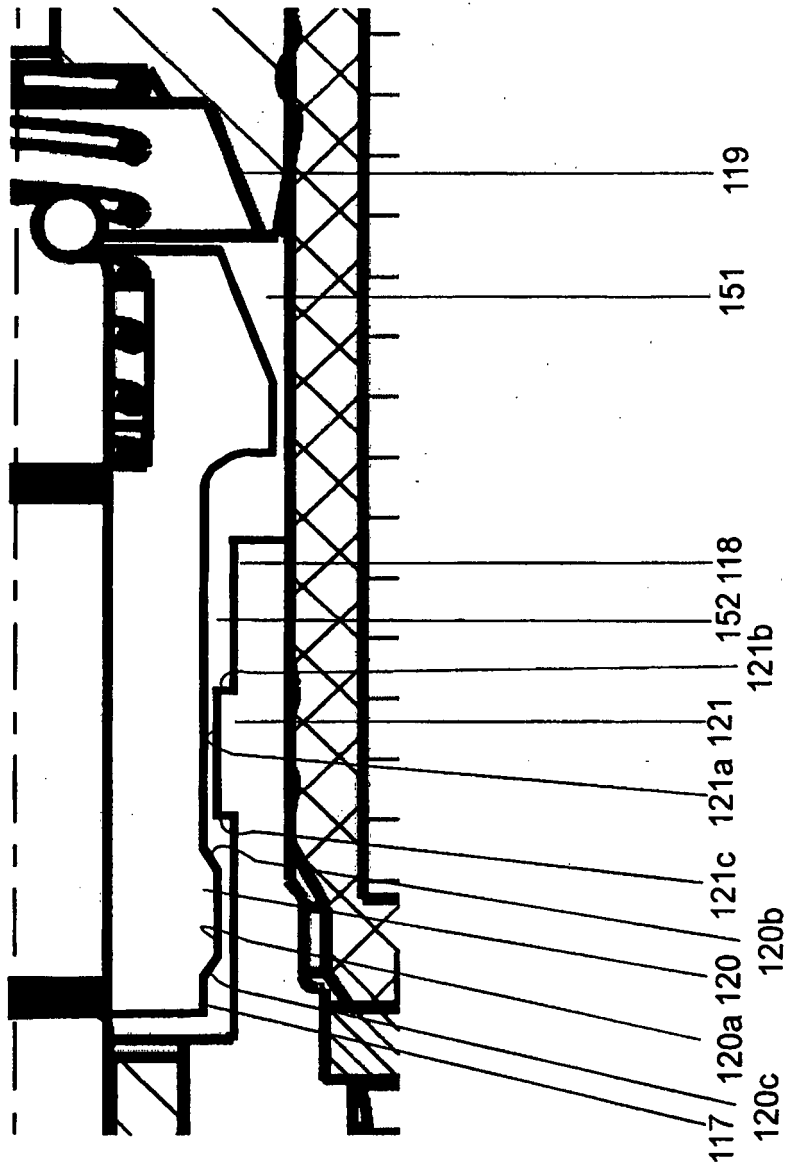


Fig. 2

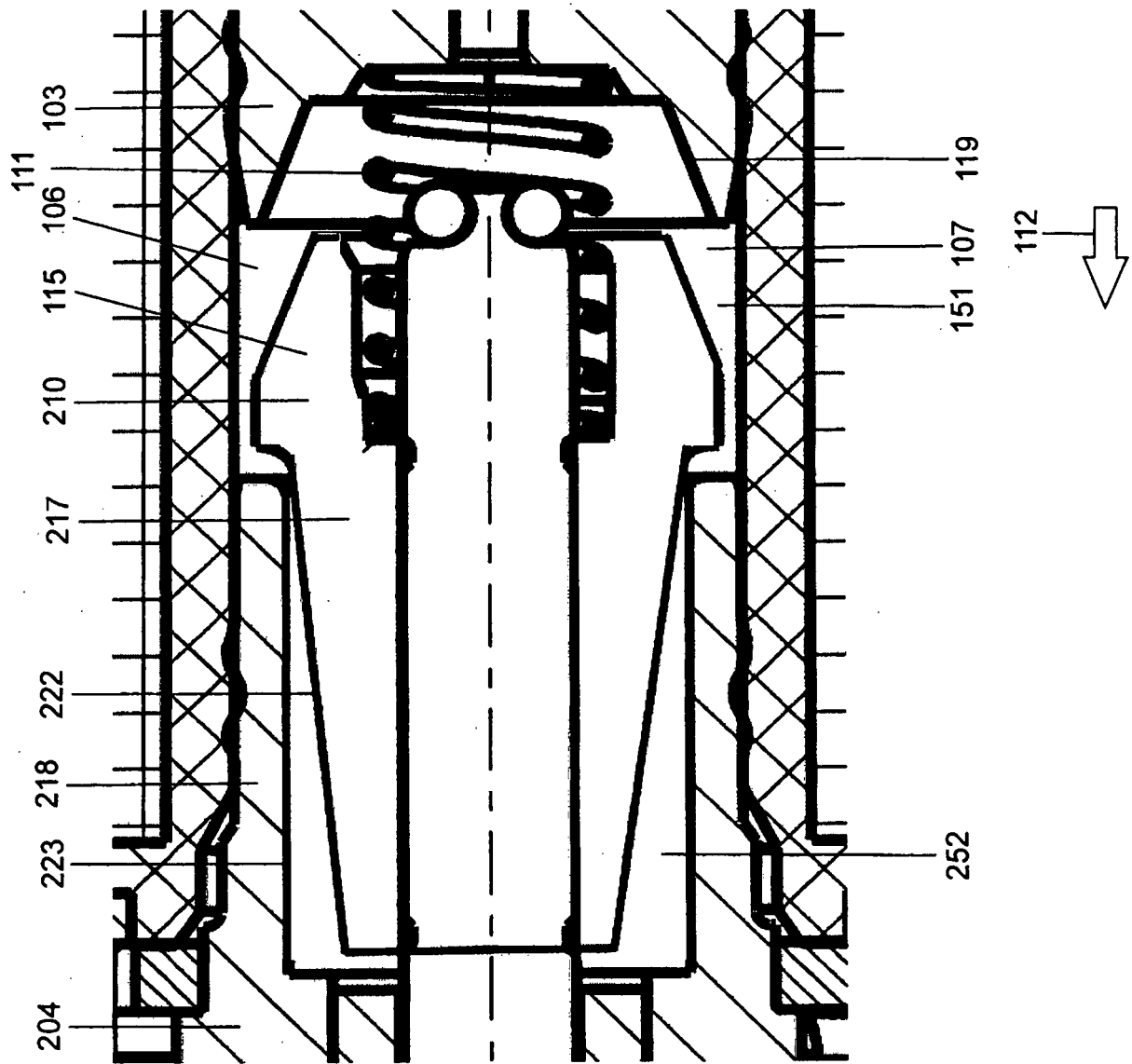


Fig. 3

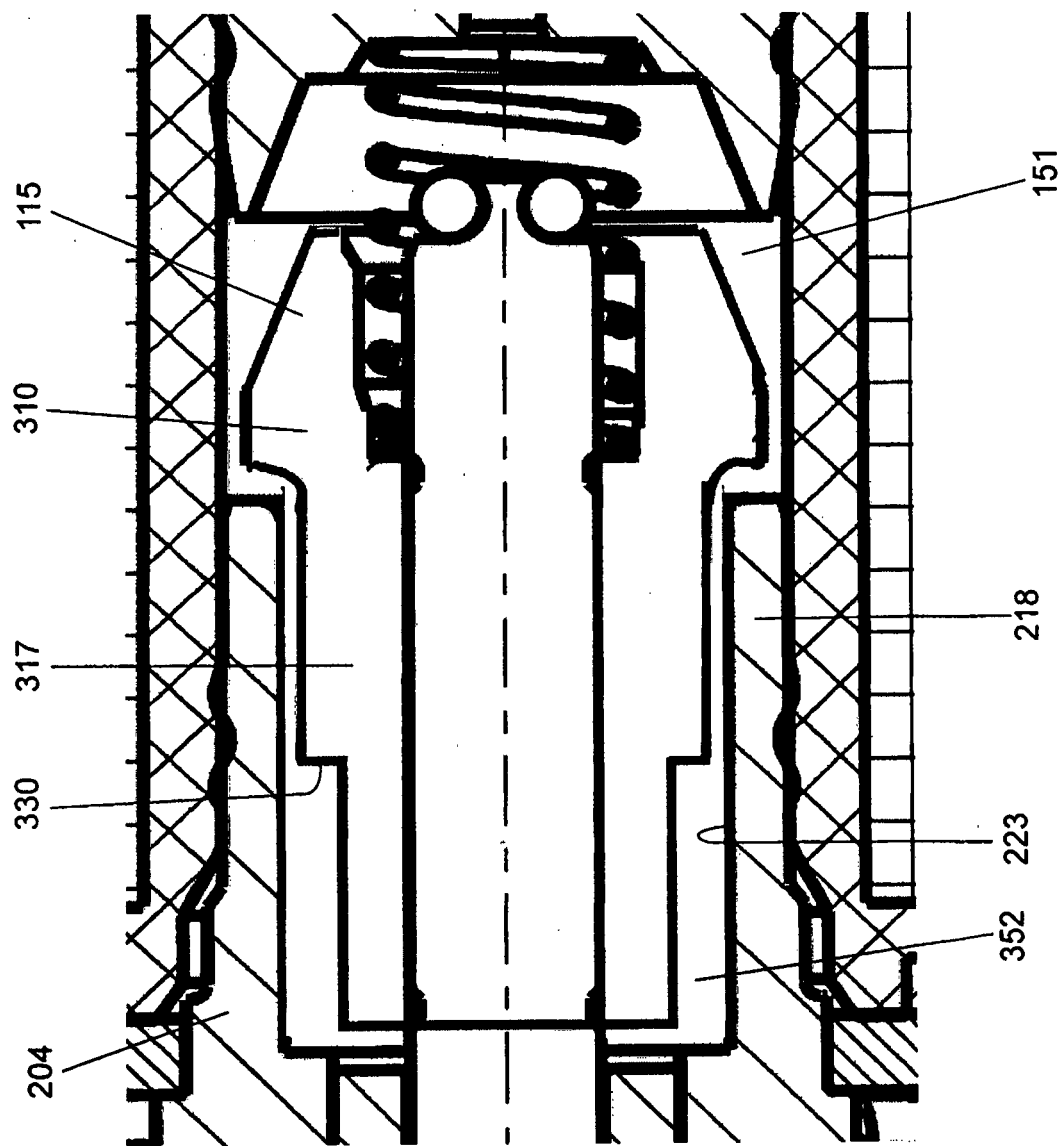


Fig. 4

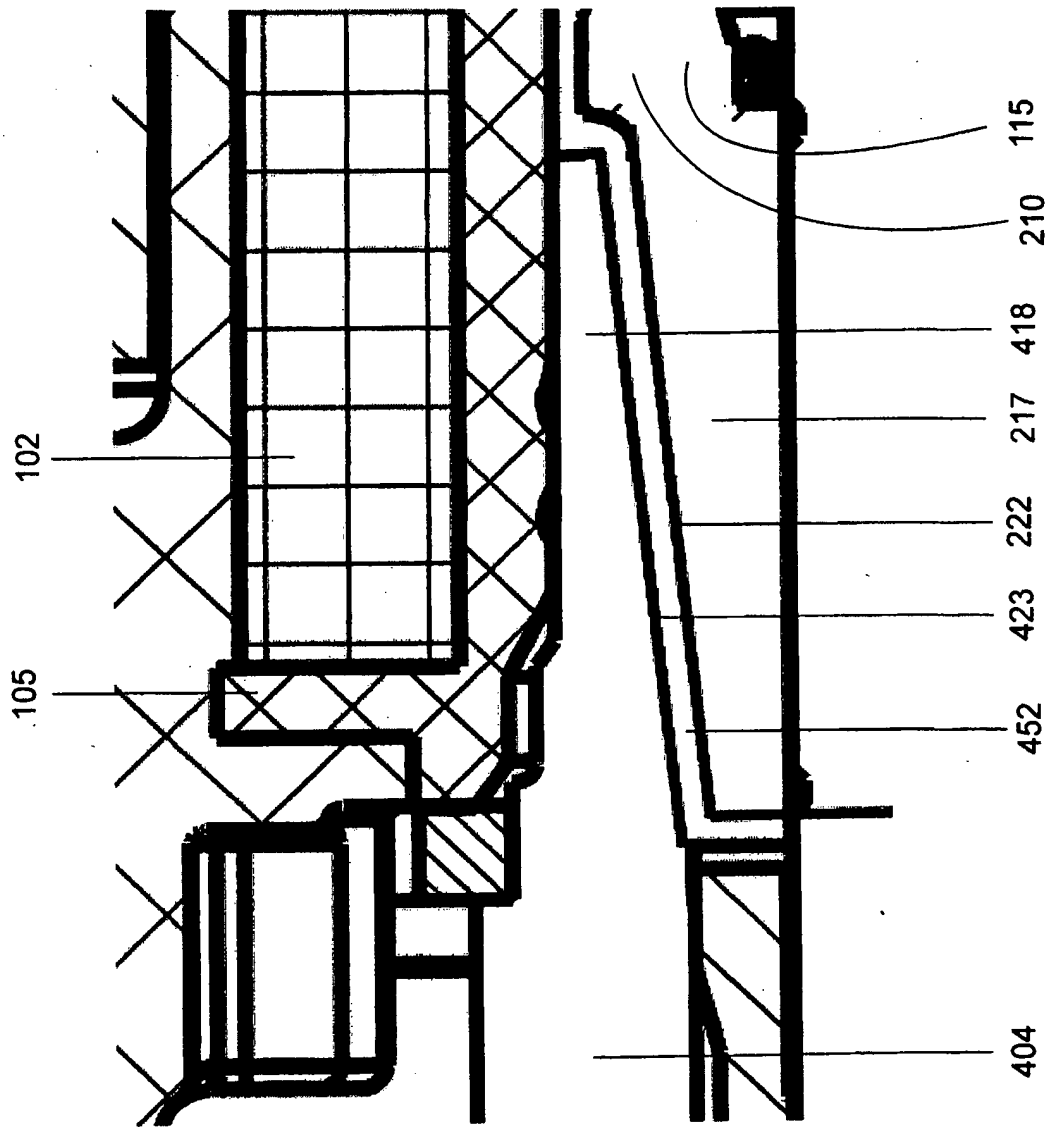


Fig. 5

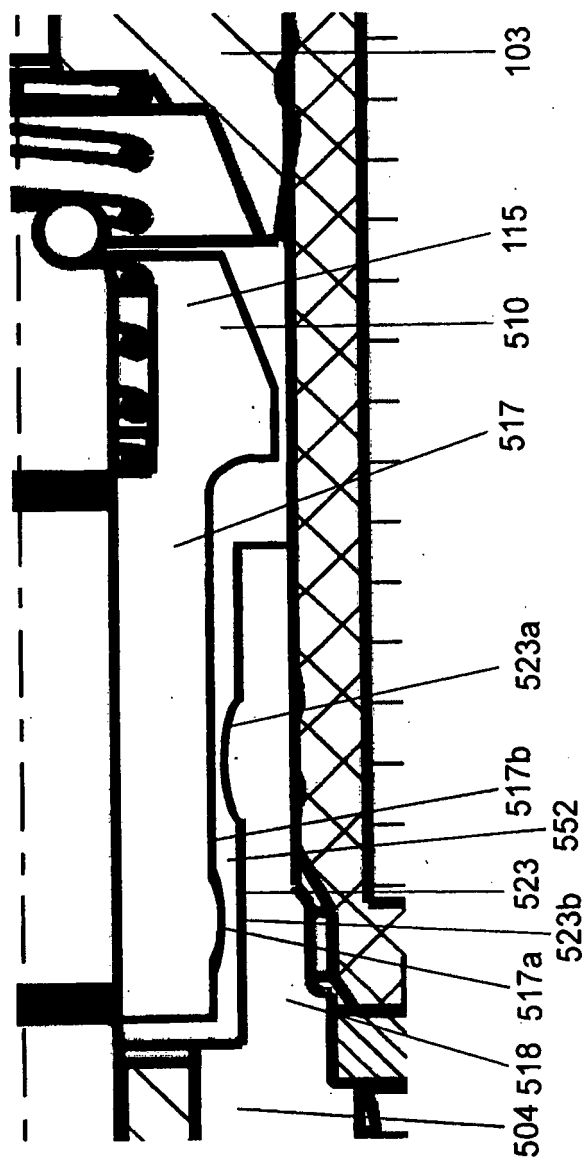


Fig. 6

Fig. 7A

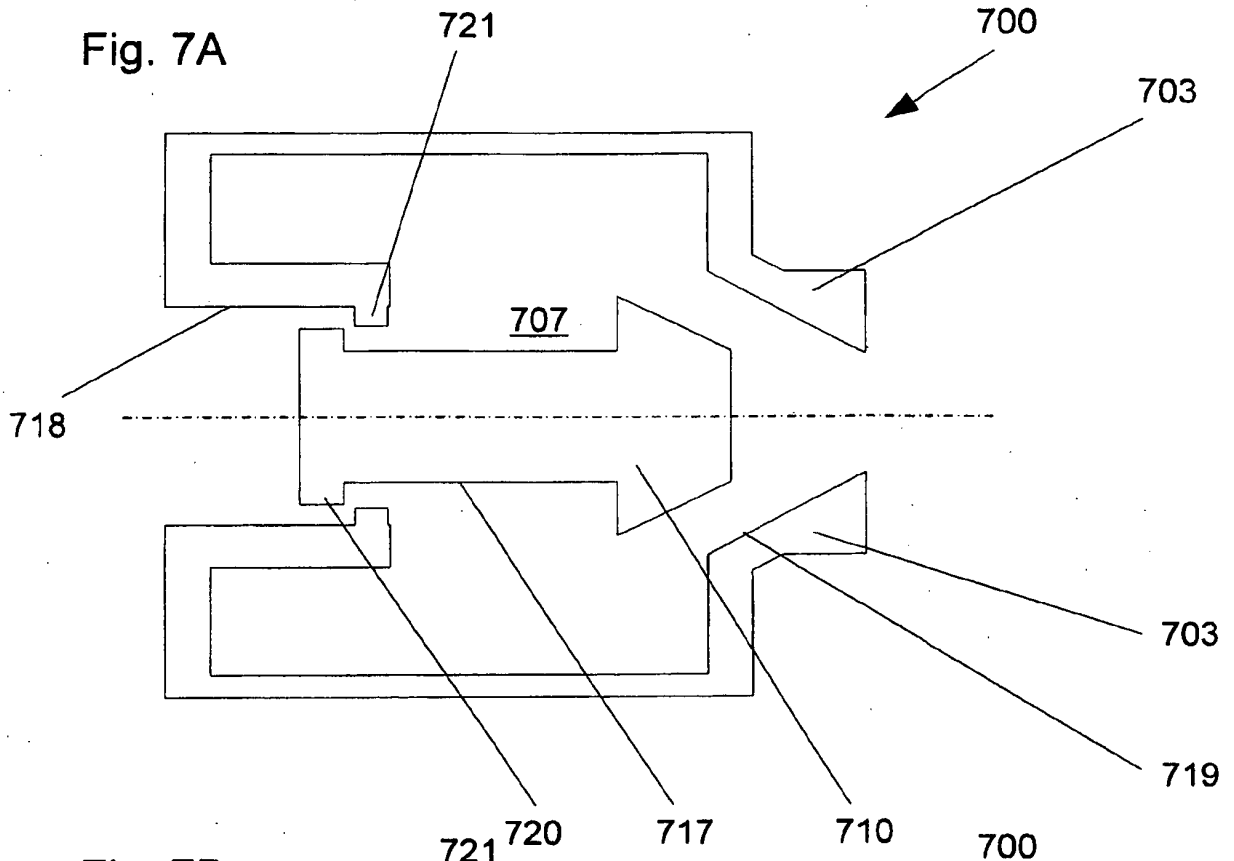


Fig. 7B

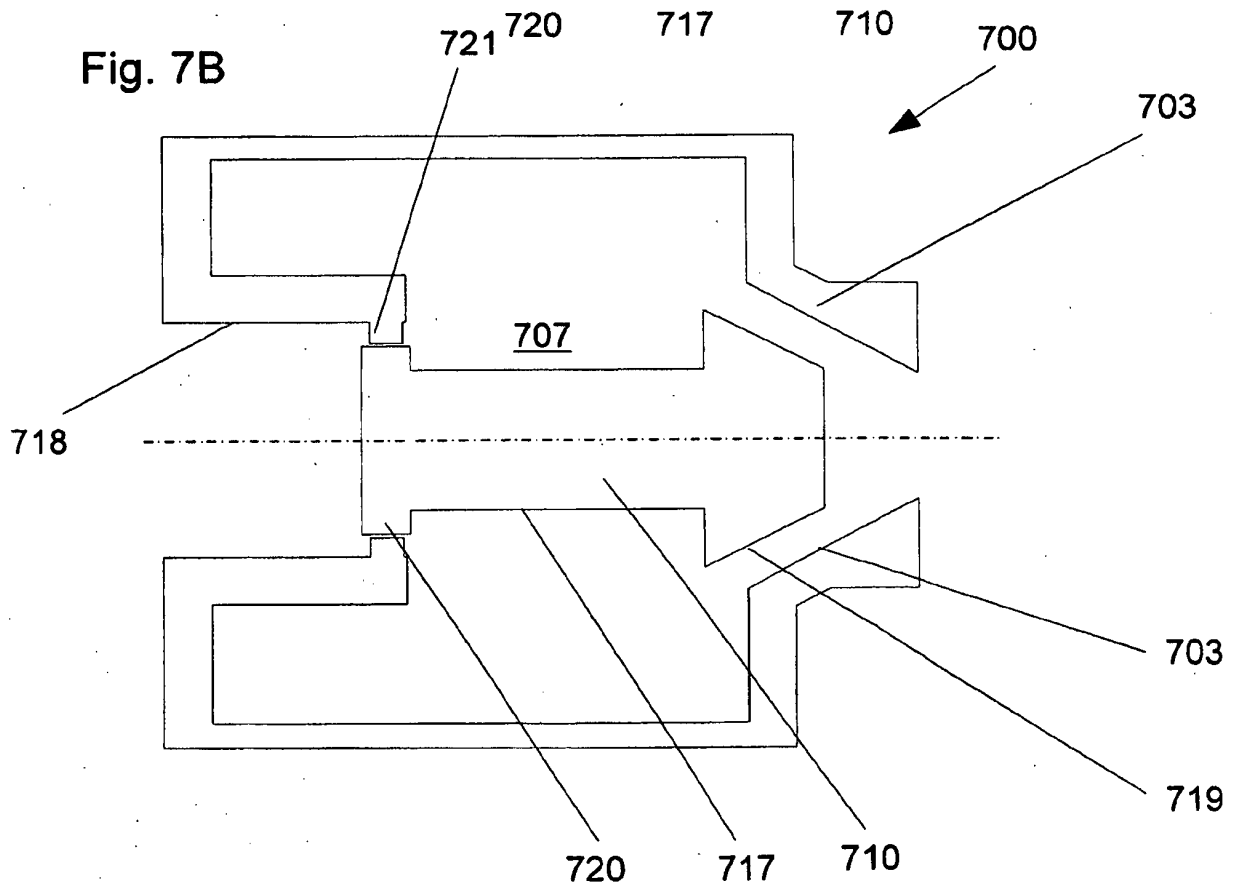


Fig. 7C

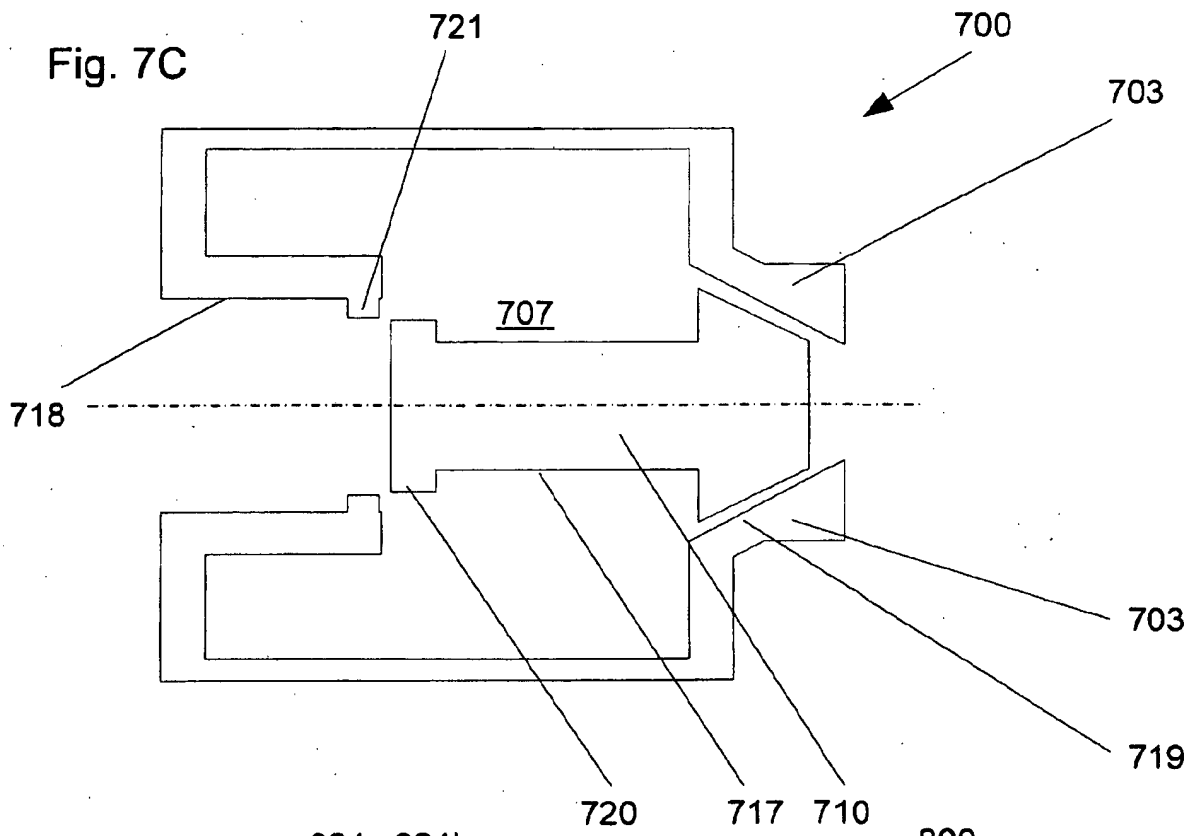
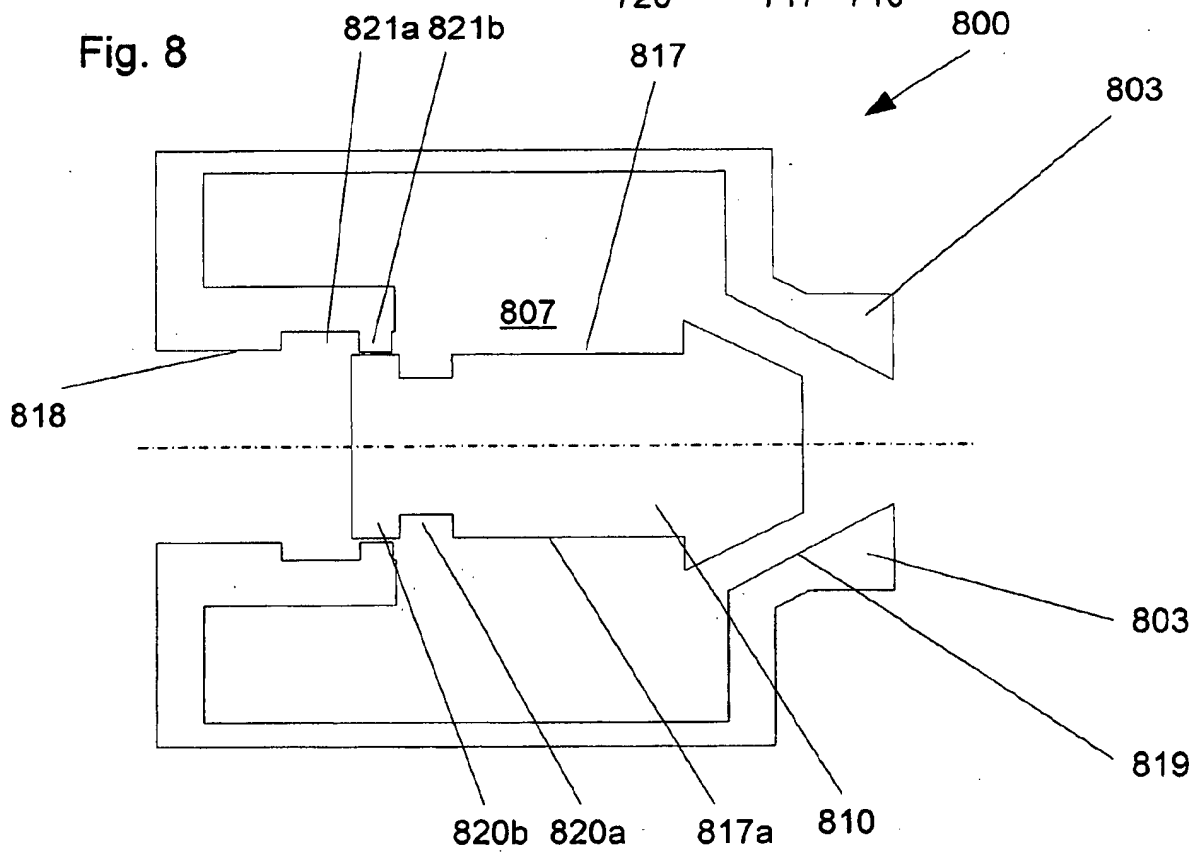


Fig. 8



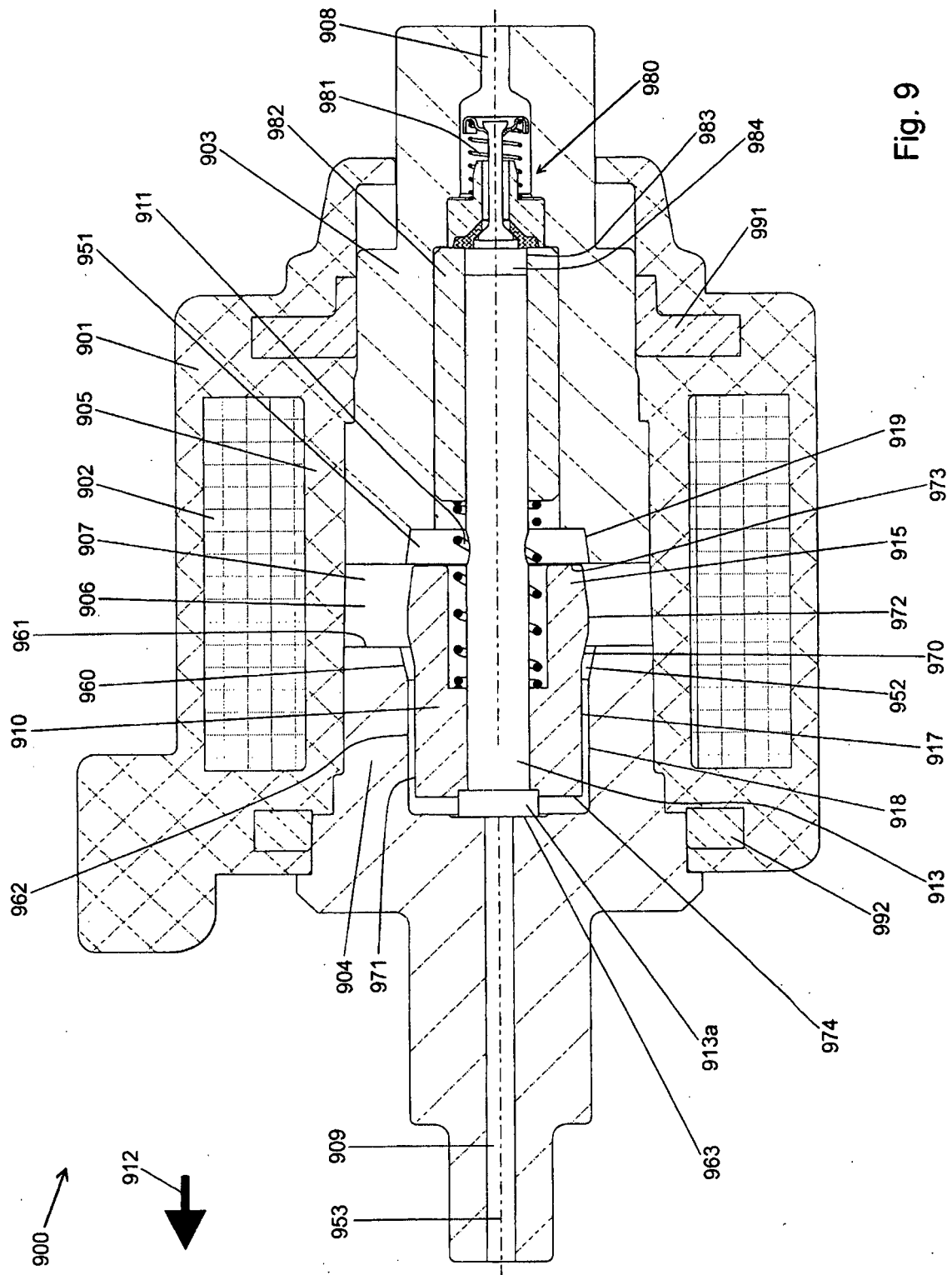


Fig. 9

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 102008058046 A1 **[0003]**
- US 20090200499 A1 **[0004]**
- DE 1101960 B **[0005]**
- DD 128346 A1 **[0006]**
- DE 69607230 T2 **[0007]**
- US 2006592 A **[0008]**
- FR 2428343 A1 **[0009]**