



Europäisches Patentamt

(19)

European Patent Office

Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 568 028 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93106862.1**

(51) Int. Cl. 5: **H01F 7/16, H02K 41/02**

(22) Anmeldetag: **28.04.93**

(30) Priorität: **30.04.92 DE 4214284**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.11.93 Patentblatt 93/44

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

(71) Anmelder: **Jos. Schneider Optische Werke
Kreuznach GmbH & Co. KG
Ringstrasse 132
D-55543 Bad Kreuznach(DE)**

(72) Erfinder: **Auerbach, Klaus
Mannheimer Strasse 267
W-6550 Bad Kreuznach(DE)**

(74) Vertreter: **Beckensträter, Friedrich Wilhelm,
Dr.
Postfach 18 01 66,
Falkensteiner Strasse 23
D-60082 Frankfurt am Main 18 (DE)**

(54) Elektrromagnetischer Linearmotor.

(57) Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Linearmotor bestehend aus einem Anker (4), zwei inneren Polschuhen (5, 5'), zwei äußeren Polschuhen (6, 6') sowie zwei Permanentmagneten (7, 7') sowie einer Spule (12), wobei der Anker mit den inneren Polschuhen und den äußeren Polschuhen ein Luftspalt-System aus vier in axialer Richtung veränderbaren magnetisch aktiven Luftspalten (8, 9, 10, 11) bildet, die in Mittelstellung des Ankers gleich groß sind. Vorzugsweise befindet sich der Anker im Zentrum des Linearmotors; die inneren Polschuhe und die äußeren Polschuhe sind halbschalenförmig ausgebildet und bilden mittels halbschalenförmiger Permanentmagnete zwei festgepolte Magnetsysteme (35, 35'). Die Bauteile des Linearmotors sind wie beschrieben einfach ausgebildet und kostengünstig herstellbar. Der Linearmotor vereinigt die Vorteile der Drehmomentmotoren bezüglich Leistung und Linearität mit denen der Linearantriebe bezüglich Kraft- bzw. Hubübertragung auf ein Stellorgan insbesondere eines adaptierten Hydraulik- oder Pneumatikservoventils.

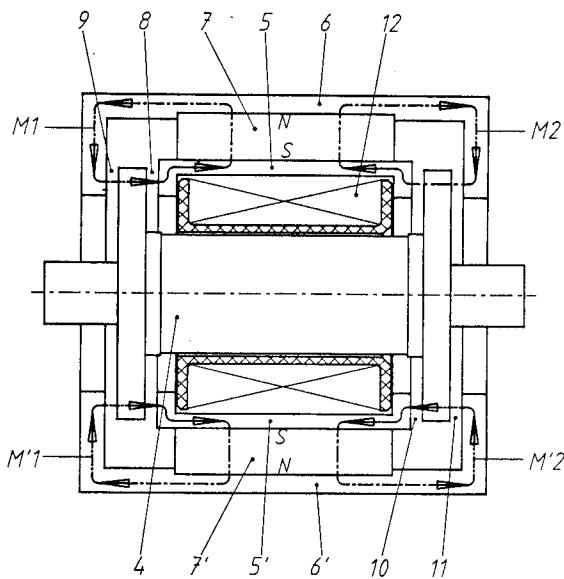


Fig. 1

EP 0 568 028 A1

Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Linearmotor bestehend aus einem Anker, zwei inneren Polschuhen, zwei äußeren Polschuhen, zwei Permanentmagneten sowie einer Spule.

Es sind elektromagnetische Antriebssysteme mit vier magnetisch aktiven Luftspalten als sogenannte Torque- oder Drehankermotoren (Drehmomentmotoren) bekannt, die als Ausgangsgröße eine Drehbewegung bzw. ein Drehmoment abgeben, welches durch geeignete Maßnahmen in eine Linearbewegung umgeformt werden kann. Diese Systeme haben den Nachteil, daß bei der Umformung der Dreh- in eine Linearbewegung Querkräfte entstehen, die abgefangen oder abgewandelt werden müssen. Ein weiterer Nachteil ist, daß die in den Luftspalten der Polflächen erzeugte Kraft über einen Hebelarm auf den anzusteuernden Ventilkolben übertragen werden muß, wodurch die Kraft entsprechend den Hebelarmverhältnissen herabgesetzt wird. Außerdem reduziert die an dem Hebelarm angreifende Masse des Ventilkolbens die Eigenfrequenz erheblich.

Des Weiteren sind Linearantriebe mit zwei magnetisch aktiven Luftspalten bekannt oder auch Linearmotoren mit vier Luftspalten, bei denen jedoch nur zwei Luftspalte magnetisch aktiv sind, während die beiden anderen Luftspalte passiv sind. Sie dienen zum Schließen des Magnetkreises und stellen einen zusätzlichen Widerstand dar.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein elektromagnetisches Antriebssystem als Alternative zum bekannten Drehmomentmotor (Torquemotor) zu schaffen, das als Betätigungsglied zur Verstellung elektrohydraulischer Servoventile auch für gasförmige Medien verwendet werden kann, wobei die Forderungen kleinstmöglicher Bauform sowie geringster elektrischer Leistung für ein Ventil mit hydraulischer Durchflußleistung von 15 Litern pro Minute in einstufiger Bauart erfüllt werden soll. Gleichzeitig soll der Aufbau des Antriebssystems so einfach wie möglich sein, damit eine kostengünstige Herstellung zu großen Stückzahlen in industrieller Serienfertigung erzielt wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 wiedergegebenen Merkmale. Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgedankens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Durch die Erfindung wird ein im Aufbau einfacher und kostengünstig herstellbarer Linearmotor geschaffen, der hervorragende Leistungsdaten besitzt. Denn durch Anordnung von vier magnetisch aktiven Luftspalten können bei minimalster Baugröße die vorteilhaften Eigenschaften der Drehmomentmotore wie Linearität, Ansprechempfindlichkeit, Dynamik und Kraftausbeute bezogen auf die elektrische Eingangsleistung auf ein lineares Antriebselement übertragen werden.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung anhand der anhängenden Zeichnung, in der Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind.

Es zeigen:

Fig. 1

schematisch den Aufbau eines elektromagnetischen Linearmotors gemäß der Erfindung in stromloser Mittelstellung mit prinzipiellem Magnetfeldverlauf der Permanentmagnete im Längsschnitt in Draufsicht.

Fig. 2a und 2b

schematisch den gleichen Linearmotor mit prinzipiellem Magnetfeldverlauf, jedoch überlagert durch in die Spule eingeprägten Gleichstrom für Auslenkung des Ankers sowohl in die eine Richtung (nach rechts gemäß Zeichnung) als auch in die andere Richtung (nach links gemäß Zeichnung) im Längsschnitt in Draufsicht, wie es für den Betrieb eines 4/3-Wegeventils erforderlich ist.

Fig. 3a

die Bauform einer vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors im Längsschnitt in Draufsicht, Fig. 3b einen Schnitt in der Ebene B-B nach Fig. 3a und Fig. 3c einen Schnitt in der Ebene A-A nach Fig. 3a.

Fig. 4

die Bauform einer solchen vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors mit integrierter Federzentrierung, die eine komplette, an ein elektrohydraulisches Servoventil adaptierbare Baugruppe bildet, im Längsschnitt in Draufsicht.

Fig. 5a

eine andere vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors, wobei hier die Polschuhe U-förmig ausgebildet sind, im Längsschnitt in Draufsicht, und Fig. 5b einen Schnitt in der Ebene C-C nach Fig. 5a.

Fig. 6a

eine weitere vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors, bei dem eine andere Anordnung der Permanentmagnete gewählt wurde, im Längsschnitt in Draufsicht und Fig. 6b einen Schnitt in der Ebene D-D nach Fig. 6a sowie

Fig. 7

eine Ausführungsform eines Linearmotors entsprechend dem nach Fig. 4 mit adaptiertem elektrohydraulischen Servoventil im Längsschnitt in Draufsicht.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors in stromloser Mittelstellung. Ein solcher fin-

det hauptsächlich Verwendung zur Betätigung von Hydraulik- bzw. Pneumatikservoventilen oder anderen Ventilen, z.B. für gasförmige Medien. Der Linearmotor baut sich auf aus einem zentrisch angeordneten Anker 4 bestehend aus der Ankerwelle 1 und den beiden Ankerscheiben 2 und 3, die fest mit der Ankerwelle 1 verbunden sind. Über die Ankerwelle 1 ist eine Spule 12 angeordnet. Der Anker 4 bildet mit den inneren Polschuhen 5 und 5' sowie den äußeren Polschuhen 6 und 6', welche mit den Permanentmagneten 7 und 7' verbunden und magnetisch polarisiert sind, ein Luftspaltsystem aus vier magnetisch aktiven Luftspalten 8, 9, 10 und 11 mit in jedem Luftspalt gleichem magnetischen Fluß. In der Mittelstellung des Ankers 4 sind die vier Luftspalte 8, 9, 10 und 11 gleich groß. Die durch die magnetische Induktion der Permanentmagnete 7 und 7' in den Luftspalten erzeugten Kräfte heben sich gegenseitig auf: der Anker ist kraftausgeglichen. Durch Einprägen eines Gleichstromes in die Spule 12 entsteht im Anker 4 ein Magnetfeld, welches eine auf den Anker wirkende resultierende Kraft erzeugt. Die Größe und Wirkrichtung dieser Kraft ist proportional abhängig von der Größe und Polarität des eingeprägten Gleichstromes. Mittels Anbringung einer Feder an den Anker 4 kann diese Kraft in eine Hubbewegung umgewandelt werden. Die mit Pfeilen versehenen strichpunktuierten Linien kennzeichnen den jeweiligen zwangsläufigen Magnetfeldverlauf M1 und M2 sowie M'1 und M'2 der Permanentmagnete 7 sowie 7'. N steht jeweils für den magnetischen Nordpol und S für den magnetischen Südpol.

Fig. 2a und Fig. 2b zeigen den gleichen Linearmotor wie in Fig. 1 mit überlagertem Magnetfeldverlauf durch eingeprägten Gleichstrom in die Spule für Auslenkung in die eine (Fig. 2a) als auch in die andere Richtung (Fig. 2b). Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Teile wie in Fig. 1 und die Magnetfeldverläufe.

In den Fig. 3a, 3b und 3c ist die Bauform einer in Fig. 1 sowie in Fig. 2a und 2b schematisch dargestellten vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäß elektromagnetischen Linearmotors näher veranschaulicht. Der elektromagnetische Linearmotor baut sich wieder auf aus dem zentrisch angeordneten Anker 4 bestehend aus der Ankerwelle 1 und den beiden Ankerscheiben 2 und 3, die fest mit der Ankerwelle 1 verbunden sind. Über die Ankerwelle 1 ist eine Spule 12 angeordnet, deren Innendurchmesser zum Außendurchmesser der Ankerwelle 1 ein Radialspiel R aufweist. Je ein halbschalenförmiger innerer Polschuh 5 und 5' ist mittels je eines Permanentmagneten 7 bzw. 7' mit je einem halbschalenförmigen äußeren Polschuh 6 bzw. 6' verbunden. Die inneren Polschuhe 5 und 5' sind zu den äußeren Polschuhen 6 und 6' so fixiert, daß der axiale Abstand der Halb-

kreisringflächen 14 und 14' der inneren Polschuhe 5 und 5' zu den Halbkreisringflächen 15 und 15' der äußeren Polschuhe 6 und 6' genau so groß ist wie der axiale Abstand der Halbkreisringflächen 16 und 16' der inneren Polschuhe 5 und 5' zu den Halbkreisringflächen 17 und 17' der äußeren Polschuhe 6 und 6'. Die Permanentmagnete sind so polarisiert, daß die inneren Polschuhe 5 und 5' z.B. den magnetischen Südpol S und die äußeren Polschuhe 6 und 6' z.B. den magnetischen Nordpol N bilden. Wird nun in die Spule 12 ein Gleichstrom eingeprägt, so bildet sich im Anker 4 ein Magnetfeld aus, welches einen Magnetfluß erzeugt, dessen Größe und Richtung von der Größe des eingeprägten Gleichstromes und seiner Polarität abhängt. Der durch die Spule 12 und die Permanentmagnete 7 und 7' erzeugte magnetische Fluß fließt jeweils parallel, und die magnetische Induktion, die in den Luftspalten 8, 9, 10, 11 wirkt, addiert sich. Die durch die Induktion in den Luftspalten 8, 9, 10, 11 erzeugte Kraft wirkt auf den Anker 4 und kann von diesem durch geeignete Maßnahmen abgegriffen oder durch eine Federzentrierung in eine Hubbewegung umgewandelt werden. Die inneren Polschuhe 5, 5' und die äußeren Polschuhe 7, 7' können vorteilhaft durch Tiefziehen hergestellt sein. Die halbschalenförmige Ausgestaltung der inneren Polschuhe 5, 5' und der äußeren Polschuhe 6, 6' erlaubt auch die Verwendung halbschalenförmiger Permanentmagnete 7, 7' als Segmentmagnete aus Oxit, wie sie in permanentmagnetisch erregten Gleichstrommotoren Verwendung finden und die sehr preiswert sind.

Fig. 4 zeigt die Bauform eines elektromagnetischen Linearmotors gemäß Fig. 1 bis 3c, bei der die durch Verbindung der inneren Polschuhe 5 und 5' mit den äußeren Polschuhen 6 und 6' durch die Permanentmagnete 7 und 7' entstandenen Magnetsysteme 35 und 35' an der rechten Seite (gemäß Zeichnung) an einem Ventiladapter 18 und an der linken Seite (gemäß Zeichnung) an einem Justageflansch 19 befestigt sind. Die Übertragung der Kraft und/oder Bewegung erfolgt am Anschluß a. Der Ventiladapter 18 und der Justageflansch 19 übernehmen die Zentrierung der Magnetsysteme 35 und 35' zu dem Anker 4. Sie bestehen aus antimagnetischem Material und sind maßlich so ausgebildet, daß sie die Hubbegrenzung des Ankers 4 übernehmen und ein magnetisches Festkleben des Ankers 4 an den Polflächen der inneren Polschuhe 5 und 5' oder der äußeren Polschuhe 6 und 6' verhindern. Die Magnetsysteme 35, 35', der Anker 4 und die Spule 12 sind rotationssymmetrisch ausgebildet. Der Ventiladapter 18 kann mittels Schrauben 18', 18'' an den äußeren Polschuhen 6, 6' der Magnetsysteme 35 und 35' befestigt sein; jedoch kann auch eine kostengünstigere Verbindung von Magnetsystemen und Ventiladapter durch Verkle-

ben oder Verschweißen, durch Umbördeln oder durch eine Schnappverbindung hergestellt werden.

An der linken Seite (gemäß Zeichnung) des Ankers 4 befindet sich ein zylinderförmiger Ansatz 20, in dessen Zentrum ein Stift 21 eingebracht ist, der an seinem hinteren Ende ein Gewinde besitzt. In dem Justageflansch 19 befindet sich ein Federlager 22, das z.B. über ein Gewinde in dem Justageflansch 19 axial verschiebbar ist. Das Federlager 22 hält zwei Kronenfeder 23 und 23', die am Innendurchmesser in eine Nabe 24 und 24' und am Außendurchmesser in das Federlager 22 eingebördelt sind. Durch einen Ring oder ein Distanzrohr 25 sind die Kronenfedern 23 und 23' so weit vorgespannt, daß durch die Hubbewegung des Ankers 4 keine Wechselbeanspruchung der Kronenfedern 23 und 23' eintreten kann. Mittels einer Mutter 26 ist das Federlager 22 fest gegen den zylinderförmigen Ansatz 20 des Ankers 4 gespannt. Durch Drehen des Federlagers 22 im Gewinde des Justageflansches 19 wird der Anker 4 so lange axial verschoben, bis die vier magnetisch aktiven Luftpalte 8, 9, 10 und 11, gebildet durch die Luftspaltflächen aus der Überschneidung der Halbkreisringflächen 14 und 14' sowie 16 und 16' der inneren Polschuhe mit den Ankerscheiben 2 und 3 einerseits und der Überschneidung der Halbkreisringflächen 15 und 15' sowie 17 und 17' der äußeren Polschuhe 6 und 6' mit den Ankerscheiben 2 und 3, gleich groß sind. Diese Stellung des Ankers 4 wird über eine Kontermutter 27 fixiert und bestimmt die Mittelstellung des Ankers 4 in stromlosem Zustand. Das Federlager 22 übernimmt zum einen die Federzentrierung des Ankers, zum anderen auch seine radiale Zentrierung. Der Justageflansch 19 kann mittels Schrauben 19', 19'' an den äußeren Polschuhen 6, 6' befestigt sein; jedoch kann auch hier eine kostengünstigere Verbindung von Magnetsystemen und Justageflansch durch Verkleben oder Verschweißen, durch Umbördeln oder durch eine Schnappverbindung hergestellt werden.

Ein Aufbau des Federlagers 22 mit Kronenfedern 23, 23' und darauf applizierten Dehnungsmeßstreifen bieten den Vorteil, Kronenfedern von geringer Steifigkeit verwenden zu können und mittels einer elektrischen Dehnungs-Rückführung über die Dehnungsmeßstreifen und einen elektrischen Verstärker die Hysterese und die Ansprechempfindlichkeit zu verringern und eine höhere Stabilität und Leistungsausbeute zu erreichen unter dem Einfluß von Strömungskräften durch einen angebauten Steuerkolben (vgl. auch zu Fig. 7).

Auf der rechten Seite (gemäß Zeichnung) des Ankers 4 befindet sich ebenfalls ein zylinderförmiger Ansatz 28, der einen Zentriersitz 29 besitzt, an den sich ein Innengewinde 30 anschließt. In den Zentriersitz 29 setzt sich der Zentrierbund 31 einer an einer weiteren Kronenfeder 32 befestigten Nabe

33. Die Kronenfeder 32 ist am Außendurchmesser in einen Ring 34 eingebördelt, der in dem Ventiladapter 18 durch maßliche Festlegung derart fixiert ist, daß die Kronenfeder 32 in der Mittelstellung des Ankers 4 durch die Anlage des Zentrierbundes 31 der Nabe 33 im Zentriersitz 29 so weit vorgespannt ist, daß selbst bei Hubrichtung entgegen der Vorspannung der Kronenfeder 32 diese nicht bis auf Null entspannt werden kann. Die Kronenfeder 32 hat eine im Verhältnis zu dem Federlager 22 vernachlässigbar geringe Federrate, um etwaige Spiele auszugleichen, und hat im übrigen nur die Aufgabe der radialen Zentrierung des Ankers 4 auf der rechten Seite (gemäß Zeichnung). In dem Gewinde 30 des Ankers 4 kann eine Koppelstange befestigt sein, die dann den Hub oder die Kraft des elektromagnetischen Linearmotors auf einen Servoventilkolben überträgt (Anschluß a).

Im übrigen bezeichnen in Fig. 4 gleiche Bezugsziffern gleiche Teile wie in den Fig. 1 bis 3c.

Fig. 5a und 5b zeigen ein anderes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors. Gleiche Bezugsziffern bezeichnen gleiche Teile wie im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4. Bei dem elektromagnetischen Linearmotor nach Fig. 5a und 5b sind sowohl die inneren Polschuhe 36 und 36' als auch die äußeren Polschuhe 37 und 37' U-förmig ausgebildet. Die Permanentmagnete 38 und 38' haben eine rechteckige Form. Dadurch können die inneren Polschuhe 36 und 36' sowie auch die äußeren Polschuhe 37 und 37' als einfache Blechbiegeteile ausgeführt werden. Als Magnetwerkstoff für die Permanentmagnete können Seltene Erden verwendet werden. Hierdurch kann eine optimale Abstimmung der magnetischen Leistung in Bezug auf die Baugröße des elektromagnetischen Linearmotors vorgenommen werden.

Bei dem in Fig. 6a und 6b gezeigten weiteren Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors, bei dem wieder gleiche Bezugsziffern gleiche Teile wie in Fig. 4 bezeichnen, sind die inneren Polschuhe 41 und 41' und die äußeren Polschuhe 42 und 42' U-förmig ausgebildet und gegenüberliegend, jeweils paarweise um 90° zueinander versetzt angeordnet. Dadurch vergrößert sich der Einbauraum für die Spule 43, und der Linearmotor kann bei gleichem Wert des ohmschen Widerstandes der Spule 43, wie für die Spule 12 des Linearmotors nach Fig. 3a bis 3c festgelegt, kürzer gebaut werden. Die Permanentmagnete 39 und 40 sind als Ringmagnete ausgebildet, die über den Ankerscheiben 2 und 3 stirnseitig zwischen den inneren Polschuhen 41 und 41' und den äußeren Polschuhen 42 und 42' eingebaut und in axialer Richtung polarisiert (magnetisiert) sind. Durch den Einbau der Permanentmagnete 39 und 40 in unmittelbarer Nähe der Luftpalte 8, 9, 10, 11

wird der magnetische Streufluß erheblich reduziert.

Wenn die Baulänge des Linearmotors nach Fig. 6a der Baulänge des Linearmotors nach Fig. 4 entsprechen darf, kann bei der Ausführungsform gemäß Fig. 6a der ohmsche Widerstand der Spule 43 durch Verwendung eines dickeren Spulenwickeldrahtes verringert und somit die elektrische Leistung des Linearmotors herabgesetzt werden. Man hat also mehrere Parameter zur Verfügung, um eine optimale Auslegung des Linearmotors nach den jeweiligen Prioritäten wie elektrische Leistung, Baugröße und Herstellkosten vornehmen zu können.

Figur 7 zeigt die Ausführungsform eines Linearmotors gemäß Fig. 4 mit einem adaptierten elektrohydraulischen Servoventil. Gleiche Bezugsziffern bezeichnen gleiche Teile wie in Fig. 4, so daß zur Beschreibung des Linearmotors auf die Beschreibung der Fig. 4 verwiesen werden kann. Der Ventiladapter 18 besitzt im vorderen Bereich ein Innen gewinde 44, in das der Steuerzylinder 45 eines als Einbauventil ausgebildeten Hydraulikservoventils 46 eingeschraubt ist. In die Bohrung 47 des Steuerkolbens 48 sind eine Koppelstange 49 und ein Gewindestift 50 eingelassen, die in einer Gewindegewinde 51 stirnseitig aneinanderliegen. Eine Mutter 52 befestigt den Gewindestift 50 in einem am äußeren Ende des Steuerkolbens 48 befindlichen Innengewinde 53. Die Koppelstange 49 weist an ihrem dem Anker 4 zugewandten Ende ein Außengewinde 54 auf, über das sie im Innengewinde 30 des Ankers 4 in dessen zylinderförmigem Ansatz 28 eingeschraubt und so am Anker 4 befestigt ist. Mittels der Koppelstange 49 wird die Kraft des elektromagnetischen Linearmotors auf den Steuerkolben 48 des Hydraulikservoventils 46 übertragen, der dabei eine Hubbewegung ausführt und die - den jeweiligen hydraulischen Anschlüssen zugeordneten - Durchflußbohrungen 55 bis 58 im Steuerzylinder 45 öffnet oder schließt.

Auf der linken Seite (gemäß Zeichnung) des Linearmotors gemäß Fig. 7 sind auf der Kronenseite 23' des Federlagers 22 darauf aufgeklebte Dehnungsmeßstreifen 59 ersichtlich, welche die oben bereits zu Fig. 4 geschilderten Vorteile bieten.

Die wesentlichen Daten einer praxisnahen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors sind:

Spulenwiderstand (20° Celsius) = $4,5 \Omega$,

maximaler Spulenstrom = 650 mA ,

maximale Ansteuerleistung = 2 W ,

Ankerkraft im mechanischen Nullpunkt = 21 N .

Die Baugröße einer praxisnahen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Linearmotors gemäß Fig. 3a, 3b, 3c, die für Kräfte von ca. 20 N ausgelegt ist, kann vorteilhaft so gewählt sein, daß bei im wesentlichen kreisrun-

dem Querschnitt (vgl. Fig. 3b, 3c) der Außendurchmesser 34 mm und die Baulänge (der äußeren Polschuhe 6, 6', Fig. 3a) 35 mm betragen, so daß der Linearmotor ein Volumen von etwa 32 cm^3 hat.

5

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Linearmotor bestehend aus einem Anker (4), zwei inneren Polschuhen (5, 5'), zwei äußeren Polschuhen (6, 6'), zwei Permanentmagneten (7, 7') sowie einer Spule (12),

dadurch gekennzeichnet,

daß der Anker (4) mit den inneren Polschuhen (5, 5') und den äußeren Polschuhen (6, 6') ein Luftspaltsystem aus vier in axialer Richtung veränderbaren magnetisch aktiven Luftspalten (8, 9, 10, 11) bildet, die in der Mittelstellung des Ankers (4) gleich groß sind.

10

2. Elektromagnetischer Linearmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Anker (4) im Zentrum des Linearmotors befindet.

15

3. Elektromagnetischer Linearmotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Polschuhe (5, 5') und die äußeren Polschuhe (6, 6') halbschalenhörnig ausgebildet sind und mittels halbschalenhörniger Permanentmagnete (7, 7') zwei festgepolte Magnet systeme (35, 35') bilden.

20

4. Elektromagnetischer Linearmotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Polschuhe (5, 5') und die äußeren Polschuhe (6, 6') durch Tiefziehen herstellbar sind.

25

5. Elektromagnetischer Linearmotor nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (7, 7') Segmentmagnete aus Oxit sind.

30

6. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetsysteme (35, 35'), der Anker (4) und die Spule (12) rotationssymmetrisch ausgebildet sind.

35

7. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Polschuhe (36, 36') sowie die äußeren Polschuhe (37, 37') jeweils U-förmig ausgebildete einfache Blechbiegeteile sind.

8. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch Permanentmagnete (38, 38'), die die Form eines Rechtecks aufweisen.
9. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Polschuhe (41, 41') und die äußeren Polschuhe (42, 42') gegenüberliegend jeweils um 90° versetzt angeordnet und sturmseitig mit als Ringmagnete ausgebildeten, axial polarisierten Permanentmagneten (39, 40) verbunden sind.
10. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (7, 7'; 38, 38', 39, 40) aus Seltenen Erden bestehen.
11. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der durch die Spule (12) und die Permanentmagnete (7, 7'; 38, 38'; 39, 40) erzeugte magnetische Fluß parallel fließt und daß die magnetische Induktion, die in den Luftspalten (8, 9, 10, 11) wirkt, sich addiert.
12. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Außendurchmesser der Ankerwelle (1) zum Innendurchmesser des Spulenkörpers der Spule (12 bzw. 43) ein Radialspiel (R) aufweist.
13. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (4) mit einem Federlager (22) fest verbunden ist, daß das Federlager (22) in einem Justageflansch (19) axial verschiebbar gelagert und in seiner der Mittelstellung des Ankers (4) entsprechenden Endlage fixierbar ist und daß das Federlager (22) auf seiner Seite des Linearmotors den Anker (4) radial zentriert.
14. Elektromagnetischer Linearmotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß am oder im Federlager (22) zwei gleiche Kronenfedern (23, 23') gelagert sind, die über einen Ring oder ein Distanzrohr (25) so weit vorgespannt sind, daß durch eine Hubbewegung des Ankers (4) gegen das Federlager (22) keine wechselnde Last in den Kronenfedern (23, 23') auftritt.
15. Elektromagnetischer Linearmotor nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine weitere Kronenfeder (32) mit einer im Vergleich zum Federlager (22) vernachlässigbar geringen Federsteifigkeit über eine Nabe (33) und einen Ring (34) den Anker (4) auf der gegenüberliegenden Seite des Linearmotors radial zentriert und daß die weitere Kronenfeder (32) ebenfalls, aber gegenüber den Kronenfedern (23, 23') nur leicht vorgespannt eingebaut ist.
16. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Linearmotor einen Ventiladapter (18) aufweist und daß dieser (18) und der Justageflansch (19) aus antimagnetischem Material bestehen und maßlich so ausgebildet sind, daß sie als Hubbegrenzung des Ankers (4) dienen und somit ein magnetisches Festkleben der Ankerscheiben (2, 3) an den Polflächen (15, 15'; 16, 16' bzw. 17, 17'; 18, 18') der inneren Polschuhe (5, 5') und der äußeren Polschuhe (6, 6') verhindern.
17. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (4) auf wenigstens einer Seite eine Koppelstelle besitzt, an der der Hub bzw. die Kraft des Motors abgreifbar ist.
18. Elektromagnetischer Linearmotor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Koppelstelle ein Gewinde (30) an oder in einem zylinderförmigen Ansatz (28) am Anker (4) ist.
19. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventiladapter (18) des Linearmotors in seinem sturmseitigen Bereich ein Gewinde (44) aufweist, auf bzw. in das der Steuerzylinder (45) eines Hydraulikservoventils (46) auf- bzw. einschraubar ist.
20. Elektromagnetischer Linearmotor nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Kronenfedern (23, 23') des Federlagers (22) Dehnungsmeßstreifen (59) aufgebracht sind.

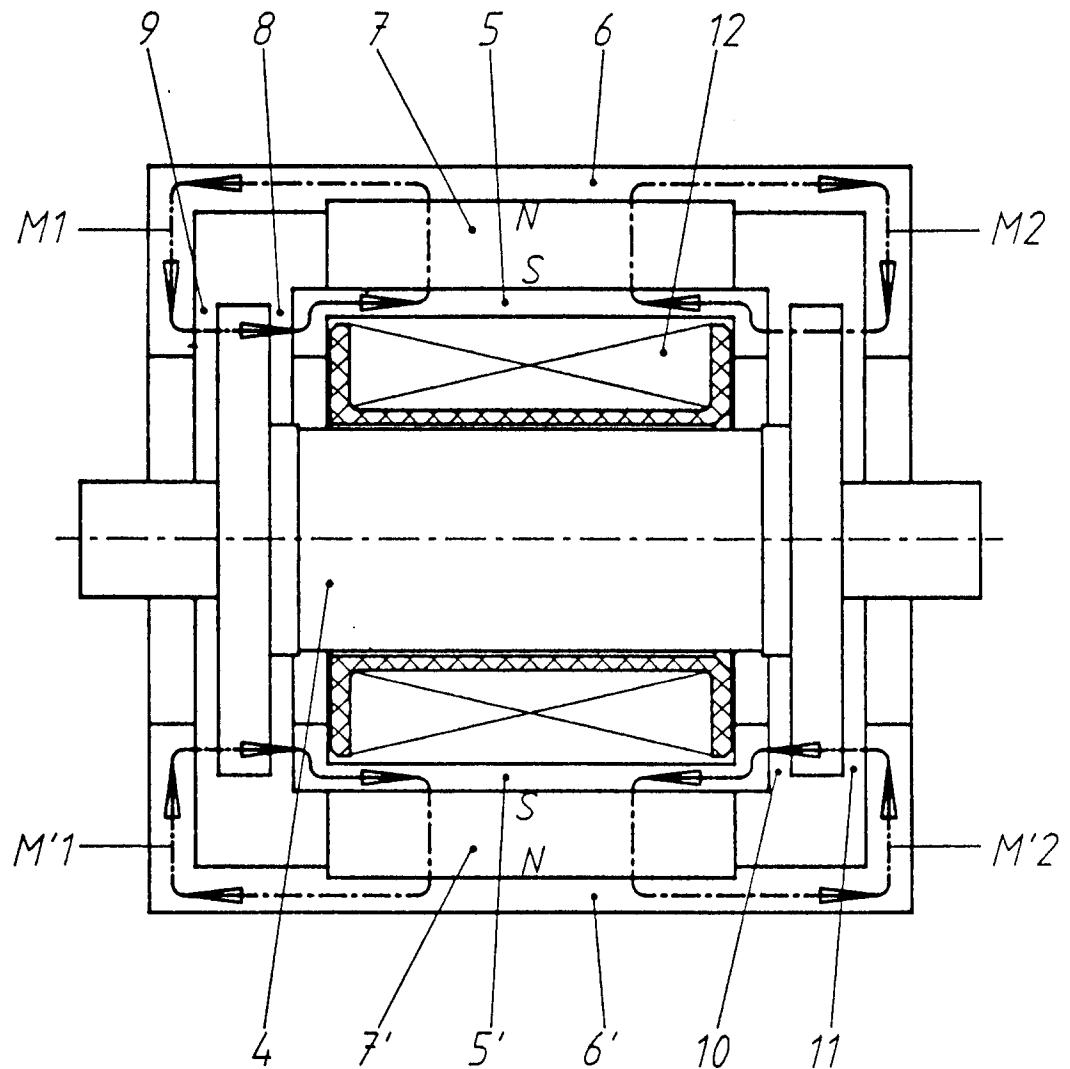


Fig. 1

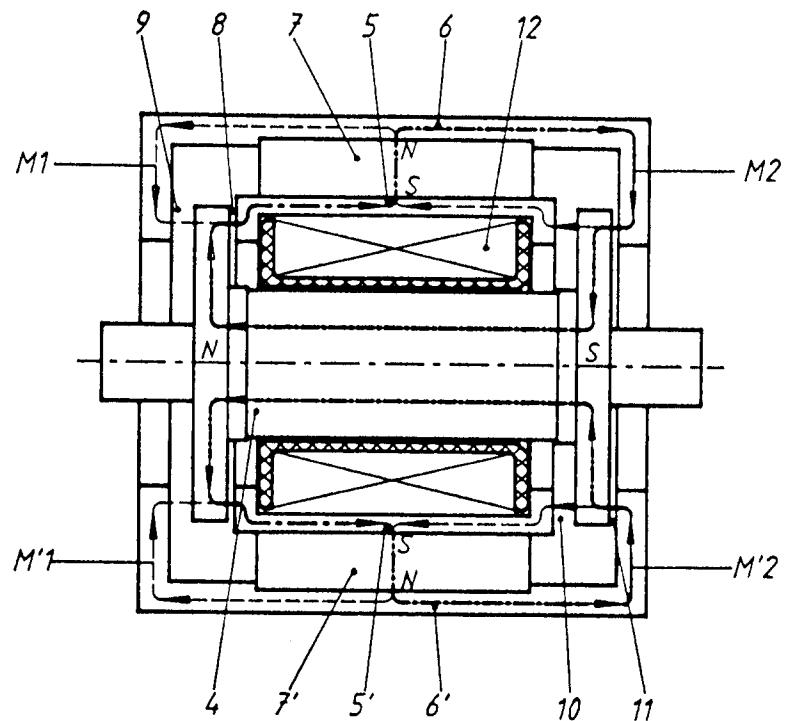


Fig. 2a

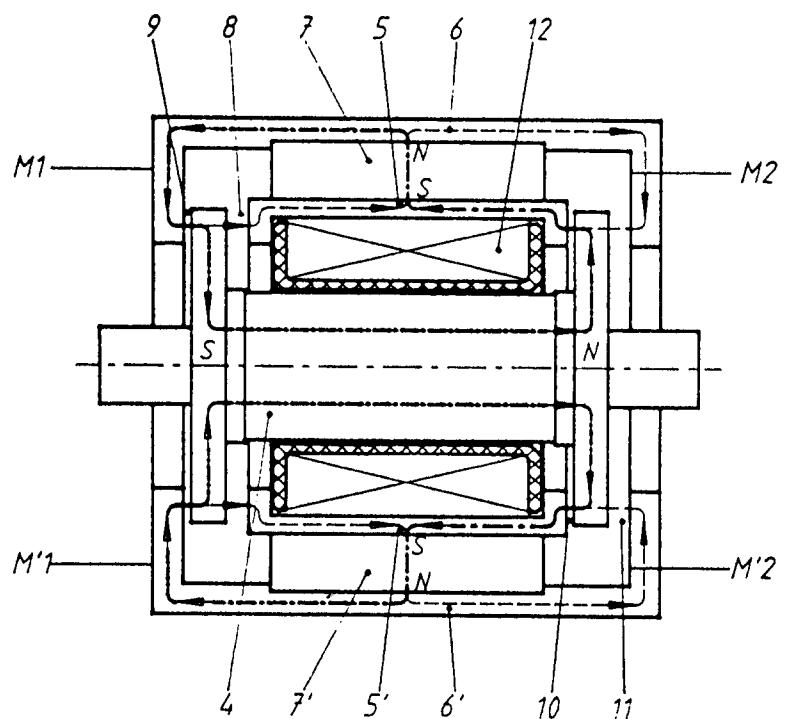


Fig. 2b

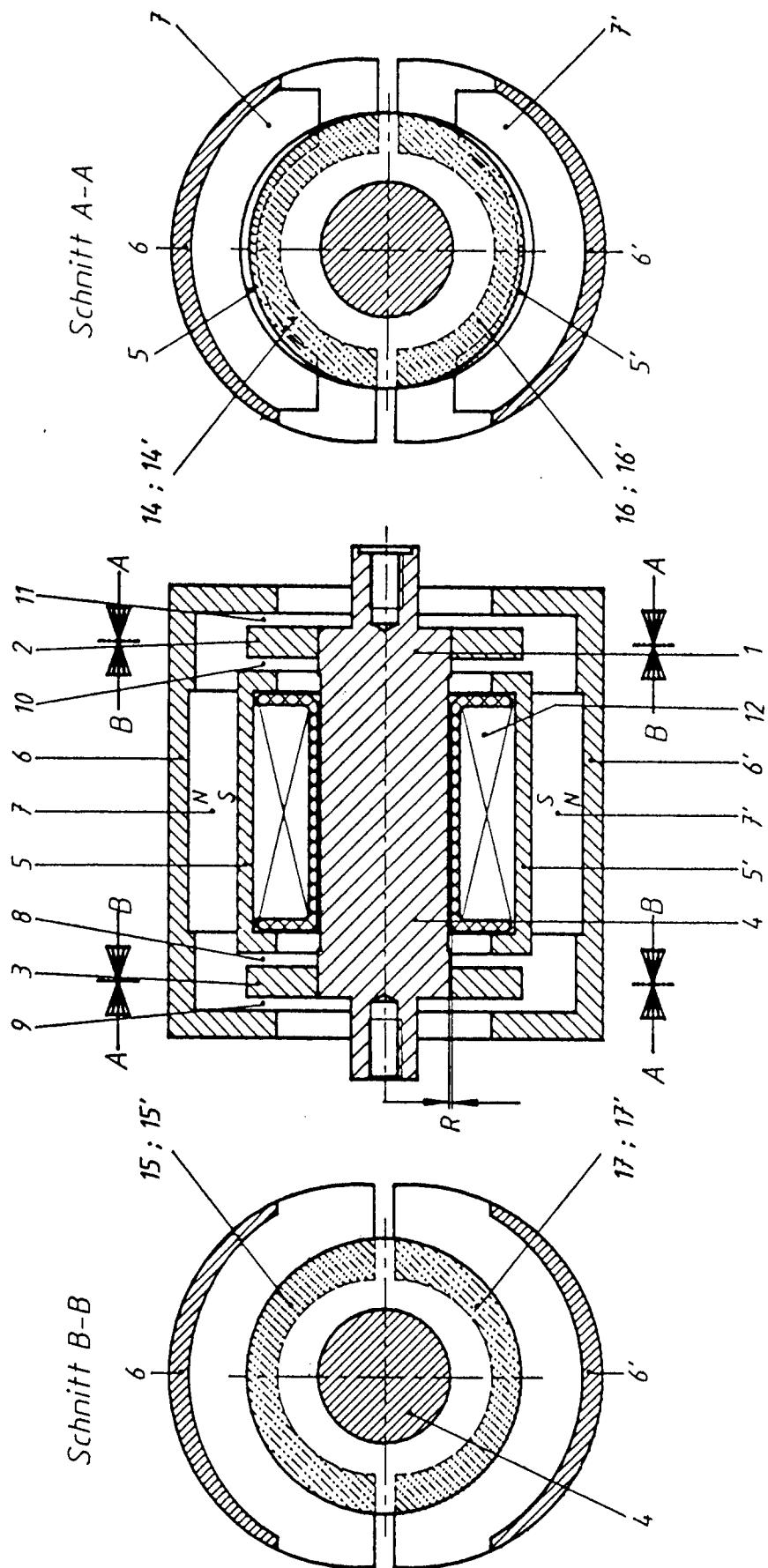


Fig. 3b

Fig. 3d

Fig. 3c

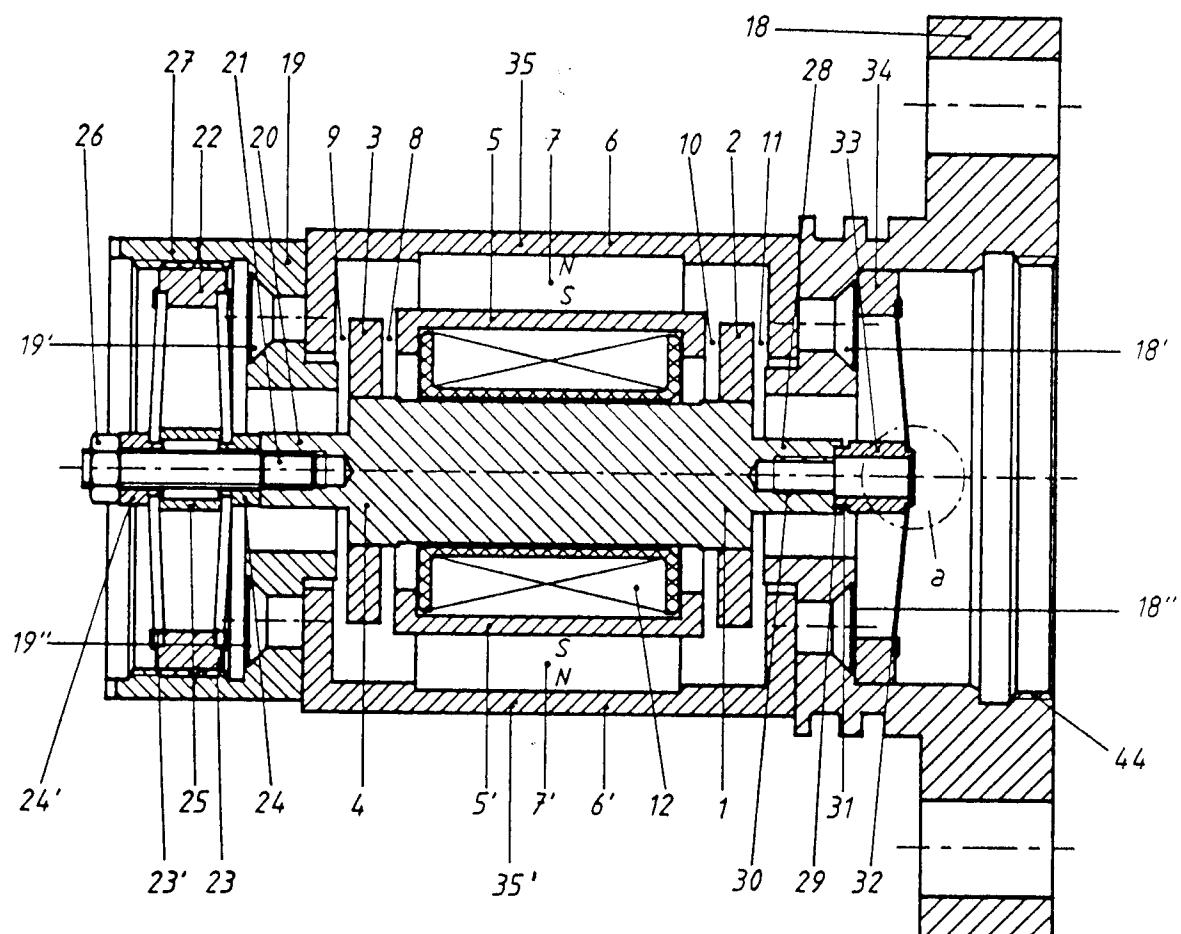


Fig. 4

Schnitt C-C

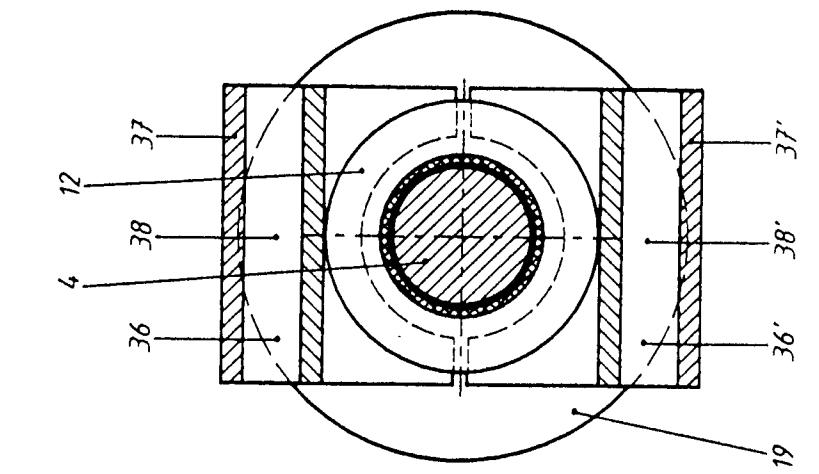


Fig. 5b

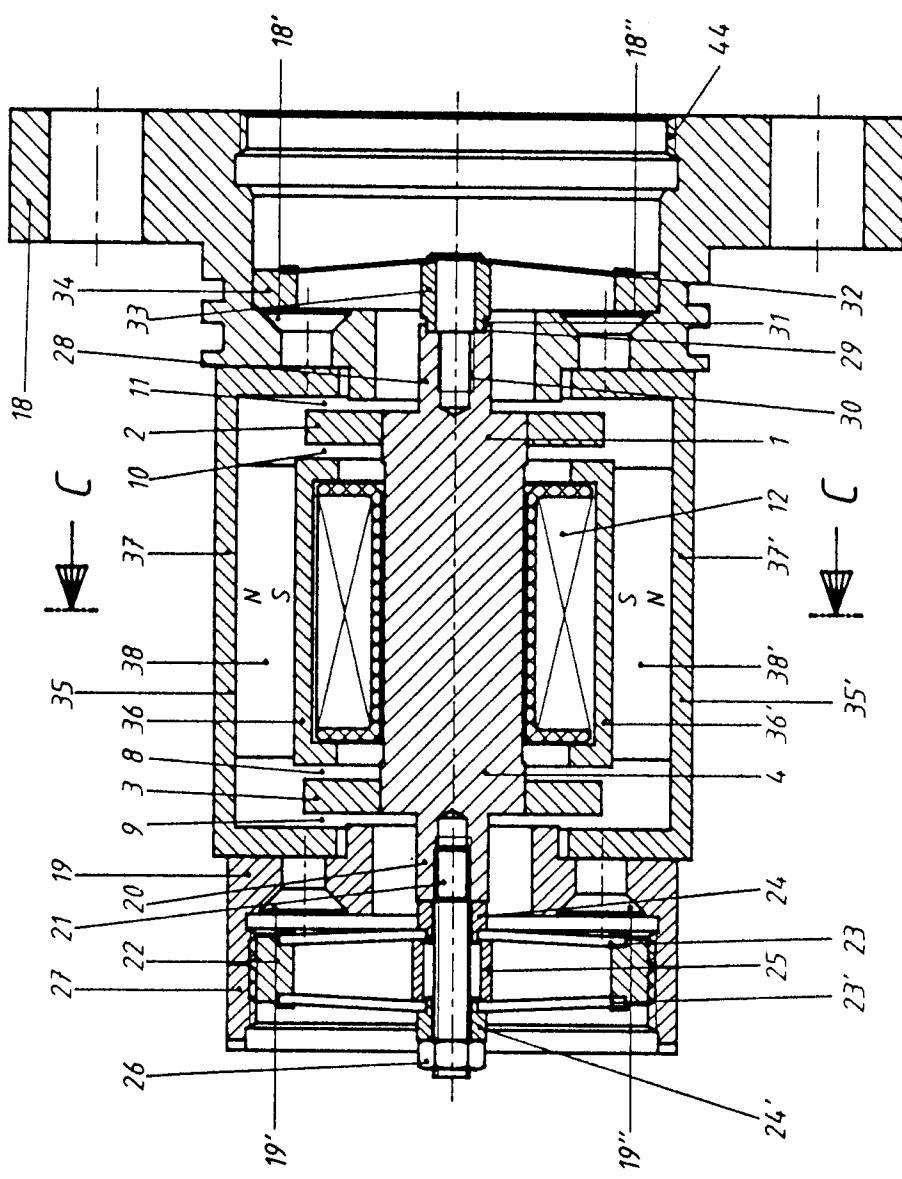


Fig. 5a

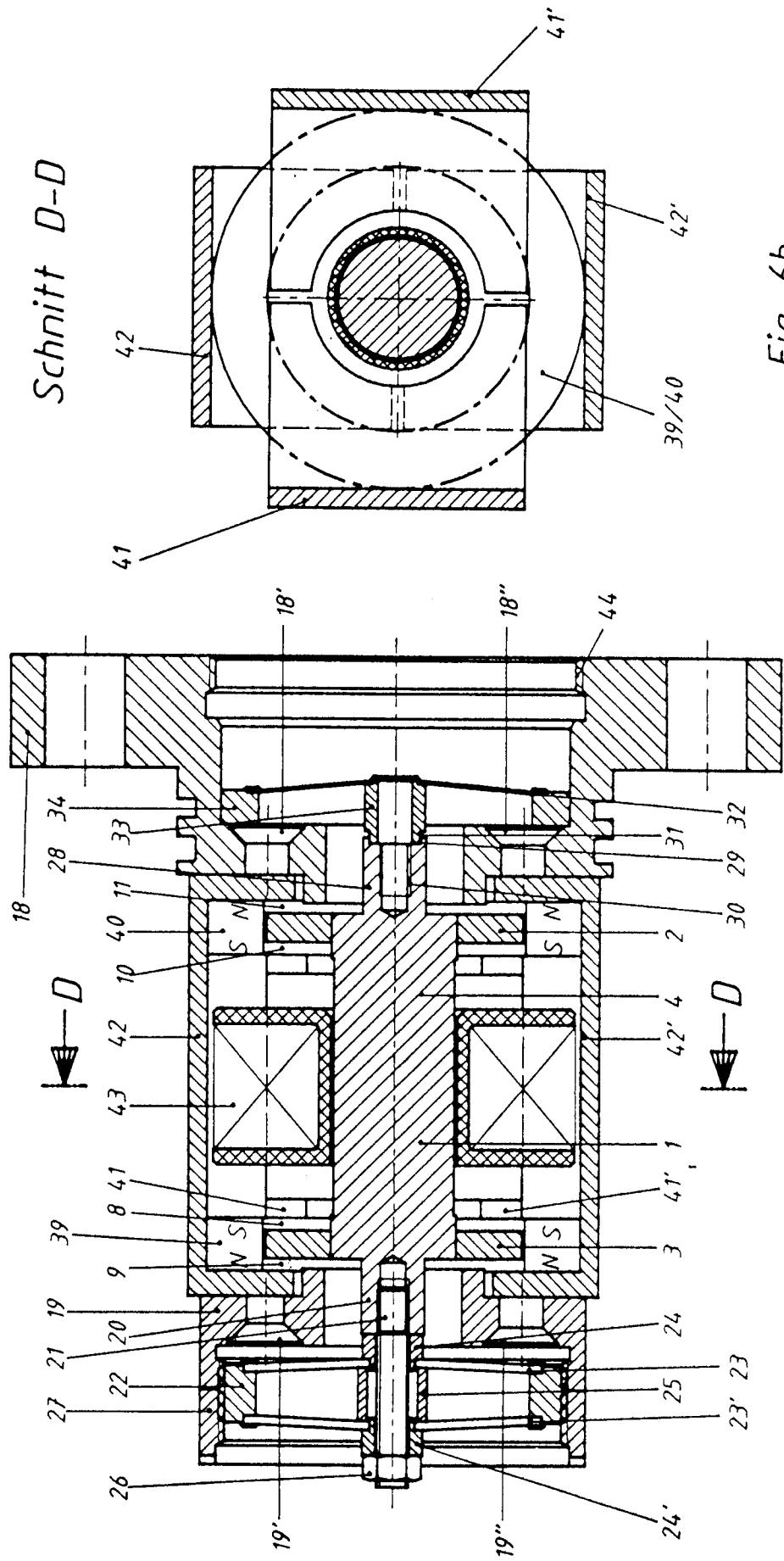


Fig. 6b

Fig. 6a

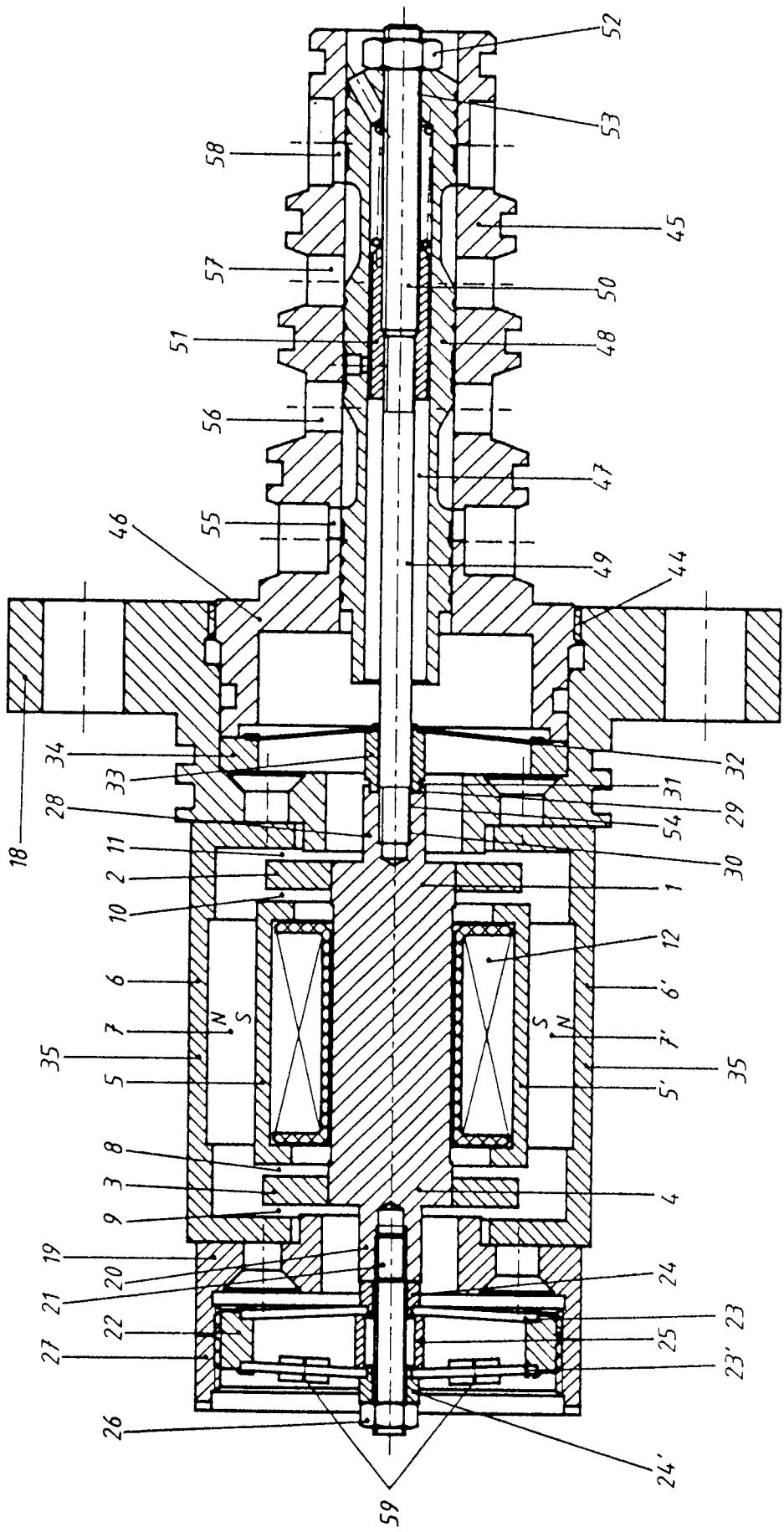


Fig. 7



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 10 6862
PAGE1

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	EP-A-0 078 324 (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.,) * Seite 7, Zeile 36 - Seite 10, Zeile 4; Abbildungen 1,2,5 *	1,2,8, 11,12,17	H01F7/16 H02K41/02
Y	---	9,13-16, 19	
X	EP-A-0 146 421 (LA TELEMECANIQUE ELECTRIQUE) * Seite 10, Zeile 28 - Zeile 31; Abbildung 3 *	1-3,6	
X	EP-A-0 458 294 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) * Abbildung 5 *	1,7	
Y	DE-A-3 905 992 (G.MESENICH) * Spalte 9, Zeile 64 - Spalte 10, Zeile 14; Abbildung 3 *	13,15, 16,19	
Y	EP-A-0 157 630 (PARKER HANNIFIN CORP.) * Seite 8, Zeile 5 - Zeile 8; Anspruch 2; Abbildungen 1-3 *	14	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.5)
Y	US-A-4 127 835 (D.A.KNUTSON) * Abbildungen 1,2 *	9	H01F H02K
A	US-A-4 767 097 (W.F.EVERETT & AL.) * Spalte 3, Zeile 39 - Zeile 46; Abbildung 1 *	13-17	
A	US-A-4 635 683 (A.D.NIELSEN) * Abbildung 7 *	13-17	
A	US-A-5 012 144 (T.W. HUITEMA & AL.) * Spalte 3, Zeile 44 - Spalte 4, Zeile 34; Abbildung 1 *	13-17	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchesort	Abschlußdatum der Recherche		Prüfer
BERLIN	12 AUGUST 1993		LEOUFFRE M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 10 6862
PAGE2

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.5)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchemat	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
BERLIN	12 AUGUST 1993	LEOUFFRE M.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			