

18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 63 230 A 1**

51 Int. Cl.⁷:
H 02 K 31/00
H 02 K 15/04
H 02 K 1/06
H 02 K 16/02
H 02 J 15/00
B 63 H 21/17

21 Aktenzeichen: 100 63 230.0
22 Anmeldetag: 19. 12. 2000
43 Offenlegungstag: 19. 7. 2001

DE 100 63 230 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:
Schäfer, Friedbert, 97264 Helmstadt, DE

72 Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Flossenläufer-Homopolarmaschine mit Rückleitung des Läuferstroms über ruhende Reaktionsplatten

DE 100 63 230 A 1

Es soll eine Gleichstrom-Homopolarmaschine (Synonym: Unipolarmaschine) für niedrige bis mittlere Drehzahlbereiche in Form eines Ringmotors entwickelt werden. Dabei soll der Feldaufbau ähnlicher Art erfolgen wie bei der magnetisch gelagerten Version, deren Beschreibung ich seit Anfang Februar 2000 im Internet unter www.homopolar.de veröffentlicht habe. Die dort gezeigte bildliche Darstellung wird hier beigelegt (Fig. 2), da sie einen guten Überblick über die ganze Maschine bietet und den zirkularen Feldverlauf besonders gut illustriert.

Es sollen nun Möglichkeiten gezeigt werden, wie das "zirkulare Magnetfeld" technisch realisiert werden kann. Außerdem soll eine einfachere Gestaltung der Läuferflossen gefunden werden. Die neue Version soll den getriebelosen Direktantrieb von Schiffs-Schrauben und ähnlichen Rotoren mit hohem Lastdrehmoment ermöglichen. Darüberhinaus sollen Wege aufgezeigt werden, wie man auch ohne Supraleitung einsatzfähige Gleichstrom-Homopolarmaschinen bauen kann. Die Vorteile der Mantelfeld-Homopolarmaschine und der zugrundeliegenden Mantelfeldspulen sollen auch in alltäglichen Anwendungsbereichen nutzbar gemacht werden, um durch die Verwendung in Massenprodukten dieser Bauform zum Durchbruch zu verhelfen.

technische Realisation des zirkularen Magnetfeldes in Form eines Mantelfelds

Der Feldverlauf der Homopolarmaschine in Fig. 2 und Fig. 1 lässt sich am besten mit dem Begriff "Mantelfeld" charakterisieren. Damit soll die Eingrenzung des Magnetfelds auf eine Randschicht verdeutlicht werden.

Da mir ein derartiger Feldverlauf aus der Fachliteratur nicht bekannt ist, erscheint es mir sinnvoll, diesen Begriff einzuführen.

Zur Veranschaulichung soll das Grundexperiment angegeben werden, welches ich durchgeführt habe, um meine hypothetischen Gedankenexperimente wenigstens teilweise experimentell abzusichern:

Nimmt man zwei gleich lange Zylinderspulen mit unterschiedlichen Durchmessern und gleicher Windungszahl und positioniert die Spule mit dem kleineren Radius konzentrisch innerhalb der Spule mit dem größeren Radius, so kann man feststellen, wenn man die Spulen mit entgegengesetzten Wicklungssinn mit einer Gleichstromquelle in Serie schaltet, dass sich nur im Zwischenraum zwischen der größeren und der kleineren Spule ein erhöhtes Magnetfeld messen lässt. Im Zentrum der kleineren Spule und außerhalb der großen Spule misst man lediglich ein Magnetfeld, welches in gleicher Stärke auch bei geöffneten Stromkreis vorhanden ist, also im wesentlichen dem lokal vorhandenen Erdmagnetfeld entspricht. Bis hierher habe ich das Experiment durchgeführt. Der Rest erscheint mir folgerichtig und wurde aus Zeitgründen nicht experimentell überprüft.

Die bisher geschilderte Anordnung liefert ein Mantelfeld im weiteren Sinne. Das heißt: Die Feldkonzentration findet sich nur auf einem kurzen Abschnitt des magnetischen Kreises. Die Feldlinien schließen sich über ein weites Streufeld. Das eigentliche Mantelfeld im engeren Sinn entsteht, wenn sich alle oder zumindest der größte Teil der magnetischen Feldlinien sich in einem vorgegebenen "Kreis" und mit hoher Flussdichte schließt.

Wie kann das erreicht werden?

Baut man nun konzentrisch zur vorigen Anordnung in gleicher Weise (mit größeren Radien) eine dritte und vierte

Zylinderspule, deren eingeschlossenes Feld antiparallel zu dem des ersten Spulenpaares verläuft, füllt die Zwischenräume zwischen erster und zweiter Spule und dritter und vierter Spule mit einem hochpermeablen Magnetwerkstoff, und verbindet die derart eingeschalteten Felder mit zwei hochpermeablen Ringscheiben, deren innerer Durchmesser gleich dem Durchmesser der innersten Zylinderspule und deren äußerer Durchmesser dem Durchmesser der äußersten Zylinderspule entspricht, erhält man mit dieser Gesamtanordnung eine Mantelfeldringspule mit rechtwinklig geschlossenem magnetischen Kreis.

Mit weniger Aufwand kommt man zu einer ähnlichen Feldstruktur, wenn man zwei axial magnetisierte Ringmagnete mit entgegengesetzter Magnetisierung ineinander verschiebt und analog zum vorgenannten Beispiel mit Joch-Ringscheiben verbindet, sodass deren magnetische Flüsse durch diese Anordnung zu einem einzigen Fluss vereint in einem Mantelfeld zirkulieren; oder man schließt den magnetischen Kreis eines einzigen axial magnetisierten Ringmagneten über einen entsprechend gegossenen oder zusammengesetzten Formkörper aus ferromagnetischen Material.

Setzt man in die Joch-Ringscheiben radial magnetisierte Permanent-Ringmagnete mit passender Geometrie und Flussrichtung ein, kann man die Energie des Mantelfeldes zusätzlich verstärken.

Die radial magnetisierten Ringmagnete können durch eine paarige Spulenanordnung mit Kern ersetzt werden, die spiralförmig gewickelt entweder eben oder gewölbt das erste mit dem zweiten Zylinder-Spulenpaar verbindet.

Ein Mantelfeld wie in Fig. 1, welches den magnetischen Kreis in rein zirkularer Anordnung zeigt, erhält man, wenn man die Wicklung wie in Fig. 3 skizziert durchführt.

Die in dieser Patentschrift geschilderten Wicklungsverfahren unterscheiden sich deutlich vom Wickelverfahren, welches man zur Herstellung von Solenoid- oder Toroidal-Feldspulen verwendet. Innere und äußere Wicklung wird nicht in einem Arbeitsgang, sondern in getrennten Arbeitsgängen vollzogen. Damit besteht die Möglichkeit, dass bei der Herstellung von gewölbten Mantelfeldspulensegmenten für die äußere Magnetfeldeingrenzung ein dünnerer Draht verwendet werden kann als für die innere. Der Drahtdurchmesser kann optimal auf die zur Verfügung stehende Wickelfläche angepasst werden. Diese Verfahren verlangt allerdings für innere und äußere Schalenwicklungen unterschiedliche Stromversorgungen, da ja, um die Magnetfeldeingrenzung mit bestmöglicher Kompensation im Außenbereich zu realisieren, die Bedingungen (B1) und (B2) erfüllt sein müssen:

(B1) Innenwicklung und Außenwicklung verlaufen parallel zueinander

(B2) Das Produkt aus innerer Windungszahl und zugehörigem Strom muß dem Betrag nach gleich sein dem Produkt aus äußerer Windungszahl und äußerem Strom. Oder anders formuliert: Der Strombelag der Innenwicklung muß entgegengesetzt gleich sein dem Strombelag der Außenwicklung

Will man die Möglichkeit der unterschiedlichen Drahtdurchmesser nicht nutzen, kann man natürlich innere und äußere Wicklung in Serie schalten und stattdessen die innere Wicklung mit höherem Wicklungsfüllfaktor durchführen, um die Bedingung (B2) zu erfüllen.

Grundidee für die neue Version der Mantelfeld-Homopolarmaschine

Abweichend von der älteren Version, welche speziell für

sehr hohe Umfangsgeschwindigkeiten konzipiert wurde, wird jetzt auf eine integrierte magnetische Lagerung für die Flossenläufer-Homopolarmaschine verzichtet, ebenso auf die mäanderförmige Stromführung mit partieller Abschirmung in den Wirkzonen der Läuferflossen. Stattdessen sollen nun Versionen vorgestellt werden, bei denen die Rückleitung nach dem Vorbild bereits existierender Homopolarmaschinen über im Stator fest verankerte Reaktionsplatten erfolgt.

(vgl. Komarek, Peter "Hochstromanwendung der Supraleitung"/Teubner-Verlag, 1995)

Durch den neuen Lösungsansatz werden zwar Schleifkontakte oder andere gegeneinander bewegliche Kontakte am Läuferumfang notwendig. Dafür wird der Aufbau der Wirkzonen wesentlich vereinfacht und es kann auf eine etablierte Technologie der Stromrückführung zurückgegriffen werden. Als willkommener Nebeneffekt der großen Radien kann durch die vergrößerte Ausdehnung die Strombelastung der Kontaktflächen pro Flächeneinheit herabgesetzt werden oder bei langsam laufenden Rotoren bis an ein oberes Limit ausgenutzt werden.

Funktionsbeschreibung der in **Fig. 1** gezeigten neuen Version der Flossengestaltung für eine Mantelfeld-Homopolarmaschine

Die Wirkzonen bestehen nun im Wesentlichen homogen aus einem Material mit größtmöglicher elektrischer Leitfähigkeit, eventuell eingebettet in ein mechanisch stabileres Trägermaterial. Zur leichteren Montage und zur Erleichterung von Reparaturen können die Flossen bei großen Maschinen aus einer Vielzahl von Segmenten bestehen, die einzeln oder miteinander verbunden an der Antriebs-Achse mit lösbaren Verbindungselementen befestigt sind. Die Antriebsachse wird mit zunehmender Baugröße der Maschine vorteilhaft als Hohlzylinder ausgeführt.

Über die Wirkzonen wird der Läuferstrom durch das homopolare Magnetfeld der Mantelfeld-Ringspule orthogonal durch das Mantelfeld hindurch in das Innere des magnetischen Kreises geführt. (vgl. **Bild 1**) Dabei wirkt auf diesen Strom die Lorentz-Kraft F unter Ausbildung eines Drehmoments M , dessen Stärke abhängt von der Entfernung R der Wirkzone zum Zentrum der Drehbewegung.

$$M = F \cdot R \quad 1$$

Die Lorentz-Kraft F auf einen stromdurchflossenen Leiterabschnitt, welcher ein Magnetfeld orthogonal durchquert, berechnet man nach Gleichung

$$F = B \cdot i \cdot l, \quad 2$$

wobei F die Lorentz-Kraft, B die Stärke des Erregerfeldes, i die Stärke des Läuferstroms und l die Länge des Leiterabschnitts bedeutet. Betrachtet man nur eine Läuferflosse dieser Maschine, dann entspricht l zunächst einmal nur der Breite einer Wirkzone. Diese entspricht wiederum ungefähr der Breite des Mantelfeldes. Zur Berechnung der Gesamtkraft, welche auf den Flossenläufer wirkt, wird l mit der Anzahl der Flossen multipliziert. Dies setzt natürlich voraus, dass die einzelnen Flossen gleichartig gestaltet und in Serie geschaltet sind. Mit zunehmender Baugröße der Maschine entsteht mehr Raum für dem Einbau zusätzlicher Flossen. Ebenso kann die "Dicke" des Mantelfeldes und damit einhergehend die Wirkzonenbreite vergrößert werden.

Der Läuferstrom wird an der Innenseite des magnetischen Kreises über Schleifkontakt **1** oder Rollkontakte an eine ru-

hende elektrische Verbindung übertragen, welche zunächst parallel zu den magnetischen Feldlinien des Mantelfeldes verläuft und dann das Mantelfeld in der geometrischen Mitte zwischen zwei Luftspalten durchquert, womit die Rückleitung an die Außenseite des magnetischen Kreises ohne Bremswirkung auf den Läufer erreicht wird. Nach dem Durchqueren des Mantelfeldes über die Reaktionsplatte verläuft die ruhende Leitung wieder parallel zum Mantelfeld bis zur nächsten Läuferflosse, wird dort über Schleif- oder Rollkontakt **2** an die Außenseite dieser Flosse übertragen und durchläuft diesen Zyklus in gleicher Weise wie zuvor. Dieser Vorgang wiederholt sich bis die letzte Reaktionsplatte des Moduls durchflossen wurde. Von der Außenseite der letzten Reaktionsplatte aus (vgl. Bez-Nr. 3) erfolgt dann die Rückleitung zur Stromquelle oder zum nächsten Modul. Die Anteile dieser ruhenden Verbindung, welche das Mantelfeld orthogonal durchqueren, nenne ich Reaktionsplatten in Anlehnung an die etablierte Technik.

Auf den Läuferflossen durchfließt der Läuferstrom das Erregerfeld immer nur von der Außenseite des magnetischen Kreises zur Innenseite des magnetischen Kreises und ist so einer eindeutigen Kraftwirkung (Lorentz-Kraft) unterworfen. (Achtung! In **Fig. 1** wird der Stromverlauf mit entgegengesetztem Vorzeichen illustriert!) Die Rückleitung über die Reaktionsplatten ist ebenfalls der Lorentz-Kraft unterworfen mit entgegengesetzter Krafrichtung. Die Rückwirkung des Stroms durch die Reaktionsplatten auf die Feldwicklung (actio = reactio) erfolgt mit entgegengesetzten Vorzeichen im Vergleich zu der Rückwirkung, die aus der Wechselwirkung mit dem Strom durch die Läuferflossen resultiert, sodass an der Wicklung selbst keine Kräfte aus der Wechselwirkung mit dem Läuferstrom wirksam werden.

Bei mehrflossiger Ausführung sind die Reaktionsplatten zwischen zwei im Feldverlauf aufeinanderfolgenden Läuferflossen so anzuordnen, dass sich die elektrodynamischen Kräfte zwischen den beweglichen Leiterabschnitten auf den Flossen und ruhenden Leiterabschnitten des Läuferstroms durch die Reaktionsplatten im Gleichgewicht halten. Diese Gleichgewichtslage wird in der Regel mit der geometrischen Mitte zwischen zwei Läuferflossen zusammenfallen. Die genaue Bestimmung der optimalen Lage und Form kann mit Hilfe der Computersimulation unter Berücksichtigung der Zuleitungen und anderer Randbedingungen ermittelt werden. (Um Missverständnissen vorzubeugen: Der Begriff "Läuferstrom" wird hier für alle Stromabschnitte verwendet, welche zum Stromkreis des Läufers gehören; also auch die Abschnitte, deren Leiterabschnitte im Stator fest verankert liegen.)

Diese Symmetriebedingung ist besonders dann einzuhalten, wenn trotz des angestrebten Hochvolt-Betriebs für die Bereitstellung der angestrebten Leistung immer noch sehr hohe Ströme benötigt werden. Bei Nichteinhaltung sind die Flossen einer Kraft ausgesetzt, welche sie aus der Mittelebene der Luftspalten zu verdrängen sucht, womit eine unnötige Lager- und Material-Belastung verbunden wäre. Für relativ kleine Motoren, wie etwa Demonstrationsmodelle kann bei Einhaltung dieser Symmetriebedingung ganz auf eine Lagerung im Bereich der Luftspalten verzichtet werden, vorausgesetzt die Läuferflossen selbst sind aus unmagnetischen Material und ausreichend formstabil.

Aus dem gleichen Grund erfolgt bei der einflossigen Version (mit nur einem einzigen Luftspalt im magnetischen Kreis) die Rückleitung des Läuferstroms über zwei symmetrisch zur Läuferflosse angeordnete Reaktionsplatten, die die Erregerspule bzw. Permanentmagnete zum Luftspalt hin abgrenzen und mit dem Stator fest verbunden sind. vgl. **Fig. 3**

Denkbar ist auch eine Rückleitung über in den Spulenkör-

per eingebettete großvolumige elektrisch gut leitfähige Strukturen, die den Vorteil einer bestmöglichen Verteilung und Ableitung der anfallenden Wärme bieten. Besteht der Spulenkörper aus Eisen oder einem anderen hochpermeablen Magnetwerkstoff ist die Möglichkeit zu prüfen, ob für diesen Fall nicht sogar auf gesonderte Strukturen verzichtet werden und die Rückleitung über das gesamte Kernmaterial erfolgen kann.

Durch die gezielte Feldführung in Form des Mantelfeldes werden auch Anwendungen der Homopolarmaschine mit normalleitenden Feldspulen oder permanenterregte Ausführungen möglich, da das Magnetfeld-Volumen wesentlich verkleinert ist gegenüber den bisher üblichen Bauformen. Der Energiebedarf zur Bereitstellung ausreichend hoher Feldstärken am Ort der Wechselwirkung mit dem Läufer ist durch diese Volumeneingrenzung deutlich reduziert. Eine Ummagnetisierung findet auch nicht statt, womit bei der Auswahl des Magnetwerkstoffs darauf keine Rücksicht genommen werden muß. Nebenbei bemerkt können bei dieser Bauart die Spulenkern ohne Lamellenstruktur – also massiv – gebaut werden, da keine Wirbelströme entstehen. Das Gleiche gilt für die Läuferflossen. (Die Läuferflosse wird entlang ihres Umlaufs stets in gleicher Weise vom Erreger – Feld durchsetzt. Das elektrische Feld zwingt den Strom in eine definierte Richtung. Wirbelströme treten also nicht auf.)

Zur Verringerung des magnetischen Widerstandes im magnetischen Kreis kann die Wirkzone der Läuferflosse selbst aus hochpermeablen Werkstoff bestehen und ebenso wie die Segmente des Stators zum Feldaufbau beitragen. Die mittige Lagerung im jeweiligen Luftspalt muß dann durch Kugellager oder dergleichen erzwungen werden. In der Mittelebene des Luftspalts positioniert, steht auch eine hochpermeable Flosse im Kräftegleichgewicht mit den zwei benachbarten Polflächen des Erregerfeldes (in Feldrichtung betrachtet).

Dabei kann den Rollkörpern des Lagers noch die Funktion der Stromübertragung zwischen ruhenden und bewegten Teilen des Läuferstromkreises zugeordnet werden. Eine mögliche Ausgestaltung dieser Version sieht etwa folgendermaßen aus: In die Wirkzonenränder der Flossen sind jeweils oberhalb und unterhalb Rillen eingearbeitet, deren Geometrie auf die Geometrie der Rollkörper abgestimmt ist, um eine möglichst große Kontaktfläche zu schaffen. Die gleichen Rillen befinden sich in den benachbarten Stirnflächen des Mantelfeld-Spulenkörpers. Die so beschriebene Anordnung nenne ich Sandwich-Kugellager. Die inneren Rillen im Spulenkörper (statorseitig) sind elektrisch untereinander und mit der nachfolgenden Reaktionsplatte verbunden und vom übrigen Spulenkern isoliert. Bei mehrflossiger Ausführung besteht statorseitig eine elektrische Verbindung zwischen innerem und äußerem Rillenlager nur über die Reaktionsplatten. Die Begriffe "innen" und "außen" beziehen sich auf innere und äußere Mantelfeldbegrenzung bei Sicht auf den Querschnitt des magnetischen Kreises.

Bei der einflussigen Ausführung mit paarig angeordneten Reaktionsplatten sind die äußeren Rillen (am äußeren Rand des magnetischen Kreises), sofern man nicht ganz auf sie verzichten kann, elektrisch isoliert in die Reaktionsplatten eingebettet, da ja von hier aus gleich die Rückleitung zur Stromquelle oder die Weiterleitung zum nächsten Modul erfolgt.

Eine Serienschaltung von mehreren Läuferflossen erhöht die zulässige Betriebsspannung der Maschine und ermöglicht bei vorgegebener Leistungsanforderung eine Reduzierung der Stromstärke. Diese Serienschaltung kann innerhalb eines einzigen magnetischen Kreises realisiert werden und/oder durch Serienschaltung der Flossen-Läufer mehrerer

derartiger Maschinen auf einer gemeinsamen Welle. Die letztgenannte Möglichkeit des modularen Aufbaus wird dann besonders sinnvoll sein, wenn für den Antrieb eine hohe Ausfallsicherheit gefordert wird oder wenn der Maschinenradius dem Einsatzzweck angepasst relativ klein bleiben muß. Wird der Motor etwa zum Antrieb einer LKW-Achse benötigt, können mehrere Module auf der Achse zwischen zwei Rädern in Serie geschaltet werden.

Gegenüber den mir bekannten und bereits realisierten Homopolarmaschinen, die als Scheibentyp oder Trommeltyp in "Hochstromanwendung der Supraleitung" v. P. Komarek (1995) beschrieben werden, sehe ich bei den hier vorgeschlagenen Bauformen folgende Vorteile:

- Die zirkulare Feldführung in Form des beschriebenen Mantelfeldes, die im wesentlichen nur auf die Wirkzonen des Flossenankers zielt, kann in beliebig großer Entfernung zum Achsenzentrum erfolgen. (Je größer der Radius des Ringmotors desto größer das Drehmoment.)
- Bei einer Ausgestaltung der Antriebswelle als Hohlzylinder kann der Innenraum dieses Zylinders sogar noch anderweitig genutzt werden, da das Zentrum weitgehend feldfrei bleibt. Beispielsweise können sensible Messinstrumente für Kontrollzwecke hier positioniert werden.
- Die magnetische Feldstärke ist im gesamten Bereich der Wirkzonen nahezu konstant.
- Der Streufeldbereich ist auf ein Minimum eingeschränkt. Die Mantelfeld-Ringspule wurde von mir nach dem Vorbild der Toroidalfeldspule erfunden. Das bedeutet: Sie besitzt von Natur aus feldfreie Räume. Das Streufeld beschränkt sich auf die Umgebung der Luftspalten. Elektromagnetische Verträglichkeit ist also gegeben. Zusätzliche Maßnahmen zur Abschirmung können entfallen.

Die in Fig. 1 und Fig. 3 dargestellte Idealform, bei der der magnetische Kreis auch tatsächlich kreisförmig gestaltet ist, kann zugunsten einer einfacheren Produktion in mannigfaltigen Ausführungen variiert werden. Dabei ist immer darauf zu achten, dass sich Streufeldanteile möglichst im Nahbereich der Maschine kompensieren. Es müssen sich im magnetischen Kreis immer gleich starke Flüsse mit ähnlicher Geometrie jedoch entgegengesetzter Flussrichtung gegenüberstehen. Der magnetische "Kreis" kann also unter anderem auch rechteckig sein. Stehen sich im magnetischen Kreis gegensinnig durchflutete Luftspalten gegenüber, kompensieren sich auch deren zugehörige Streufelder im Nahbereich.

Damit die Durchflutung der Wirkzonen entlang des Umlaufs stets in gleicher Weise, also homopolar erfolgt, muß der magnetische Kreis rotationssymmetrisch zur Drehachse des Flossenläufers aufgebaut sein. (= Grundbedingung aller Gleichstrom-Homopolarmaschinen)

Die Hauptanwendung der hier vorgeschlagenen Bauarten sehe ich dort, wo maximale Drehmomente bei niedrigen bis mittleren Drehzahlen gefordert werden. Der oberwellenfreie, verlustarme Antrieb ist kontinuierlich steuerbar. Getriebe werden überflüssig. Im Interesse einer besseren Umweltverträglichkeit und Manövrierfähigkeit sollte der Antrieb von großen Schiffen und Unterseebooten generell über Gleichstrom Homopolarmaschinen erfolgen. Die elektrische Energie, wie sie beispielsweise von Brennstoffzellen geliefert wird, kann ohne weitere Umformung genutzt werden. Die Hochtemperatur-Supraleitung (HTS) ermöglicht die Bereitstellung hoher Magnetfeldstärken in den Luftspalten bei minimalem Energieaufwand. Kombiniert mit den

Vorteilen, die sich aus der hier vorgestellten neuen Bauform ergeben, kann die elektrische Antriebstechnik auf Anwendungsgebiete vordringen, welche bisher schweren Verbrennungsmaschinen vorbehalten waren. Eine Verdoppelung des Gesamtwirkungsgrades im Vergleich zum Dieselmotor-Antrieb halte ich für möglich. Wird die Erregereinheit selbst drehbar in einem Gehäuse gelagert und eine zweite Schiffs-Schraube an diese Drehung gekoppelt, kann so das Rückdrehmoment vom Schiffsrumpf fern gehalten und in zusätzlichen Schub umgewandelt werden.

Im Anwendungsbereich von Kleinmotoren ist mit Hilfe von starken Permanentmagneten ein einfacher Aufbau möglich. Mit Hilfe der getrennt herstellbaren inneren und äußeren Wicklungsschalen können speziell für Mantelschicht gegossene Magnetwerkstoffe formmagnetisiert werden. Darunter verstehe ich die Ausrichtung der Elementarmagnete in die gewünschte Richtung, welche sie im magnetischen Kreis einnehmen sollen. Um komplizierte Formkörper besser nachbilden zu können, können die Wicklungsschalen segmentiert zusammengebaut und nach der Formmagnetisierung wieder leicht demontiert werden. Wird etwa ein permanentmagnetisierter Mantelfeld-Ringmagnet mit nur einem Arbeitsluftspalt benötigt, kann man den Guss des Magnetwerkstoffs in zwei hälftigen Segmenten vornehmen. Die Halbierung erfolgt in der Mittelebene des Luftspalts. Innere und äußere Wicklungsschalen sind in einer der Gussform nachgebildeten Matrix eingelegt und fixiert, so dass sie leicht wieder vom zu magnetisierenden Magnetformteil demontiert werden können.

Eine Mantelfeldanordnung bietet übrigens nicht nur die Möglichkeit, Tangentialkräfte auf stromdurchflossene Leiter auszuüben, sondern auch Radialkräfte.

"Radial" bedeutet hier zunächst zum Zentrum oder vom Zentrum des magnetischen Kreises weg gerichtet. Das Prinzip ist das gleiche wie bei handelsüblichen Lautsprechern mit Tauchspule. Diese Möglichkeit eröffnet der Mantelfeld-Ringspule über die Anwendung in Rotationsmaschinen hinaus ein weites Anwendungsspektrum im Bereich der translatorischen und oszillierenden Bewegung.

Sie kann alle bisher üblichen Lautsprechermagnete mit zylindrischer Tauchspule ersetzen. Durch ihr geringeres Streufeld ermöglicht sie den Bau größerer Lautsprecher mit stark verbesserter elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV).

Prinzipiell ist sie für alle Anwendungen geeignet, welche mit Tauchspulen arbeiten. Aktuatoren, Mikrophone, Druckmessinstrumente, Pumpen und dergleichen mehr. Die Vorteile der Mantelfeld-Anordnung gegenüber anderen Magnetanordnungen werden umso deutlicher, je größer die Abmessungen der Anwendung werden.

Neben der Verwendung der Mantelfeldringspule für Lautsprecher mit zylindrischer Tauchspule, die sich nur durch die Magnetfeldstruktur von herkömmlichen Konfigurationen unterscheidet, werden nun auch Rundumlautsprecher mit Ringmembran möglich. vgl. Fig. 4 und Fig. 5

Eine flache, kreisförmig gewickelte Tauchspule (Fig. 5) taucht in den radial nach außen zeigenden Luftspalt einer Mantelfeldringspule ein und versetzt im Rhythmus ihres wechselnden Stromdurchflusses eine ringförmige Membran in Schwingungen, mit der sie über eine flächige Verbindung fest verbunden ist. Die Membran selbst ist elastisch in einer radfelgenähnlichen, luftdurchlässigen Haltevorrichtung am Umfang der Mantelfeldringspule befestigt.

Am inneren Rand des magnetischen Kreises ist die Flachspule durch eine flexible Aufhängung in der Mittelebene zwischen den benachbarten Mantelfeldpolen elastisch fixiert. Diese Aufhängung dient nur dazu, den Kontakt mit den Polflächen zu vermeiden. Den Expansions- und Kom-

pressionskräften muss sie dem Zweck entsprechend nachgeben. Diese innere Aufhängung besteht nur entlang des Randes der starren Sektoren der Flachspule und kann als Membran ausgeführt werden. Im Bereich der radialen Dehnungsfugen ist sie unterbrochen, damit ein Zusammenrücken der Sektorenplatten bei der Kontraktion nicht behindert wird.

Der Spulenstrom dieser Tauchspule unterliegt einer radial gerichteten Lorentz-Kraft, die eine Schrumpfung oder Ausweitung der Spule verursacht unter der Voraussetzung, dass die Spule mit Ausnahme der Dehnungsfugen in radialer Richtung starr, im tangentialen Verlauf jedoch ausreichend verformbar konstruiert ist.

Diese Verformbarkeit könnte etwa durch radiale Knautschzonen erreicht werden, in denen die Wicklung vom kreisförmigen Verlauf wellenförmig abweicht und in eine elastische Matrix eingelegt ist. Oder indem innerhalb dieser Zonen der Wicklungsdraht in Luft verläuft und ihm durch flexible Gestaltung und innerhalb dieser Expansions/Kompressions-Zonen ausreichend Raum gegeben wird, sich zu falten und zu entfalten.

Alle übrigen Details können in Anlehnung an gewohnte Technologien im Lautsprecherbau analog umgesetzt werden.

Mit prinzipiell gleicher Anordnung der Spulensegmente im radialen Arbeitsspalt einer Mantelfeldringspule können Aktuatoren für radiale Dilatations- oder auch Kompressionsmaschinen, Biegemaschinen und Stanzpressen mit radialer Krafrichtung und dergleichen gebaut werden. Dabei ist die Lagerung der Funktion anzupassen. Die mittige Lagerung der Sektorenplatten im Arbeitsluftspalt erfolgt etwa durch Gleitlager oder Sandwich-Kugellager ähnlich wie bei der Flossenlagerung der beschriebenen Rotationsmaschine mit dem Unterschied, dass die Führungsgrillen hier radial verlaufen statt tangential und mindestens eine der jeweils zusammenwirkenden Rillen genügend breit angelegt sein muß, um die Kontraktion/Dilatation nicht zu behindern.

Patentansprüche

1. Flossenläufer-Homopolarmaschinen, bei denen die Rückleitung des Läuferstroms über ruhende Leiteranteile = Reaktionskörper erfolgt.

1.1. Positionierung der Reaktionskörper in der elektrodynamischen Gleichgewichtslage.

1.1.2. bei der einflussigen Version: Verwendung von zwei Reaktionskörpern, die symmetrisch zur Läuferflosse angeordnet sind.

1.1.3 Ausführung der Reaktionskörper als großvolumige Strukturen, welche die Symmetriebedingung 1.1 erfüllen.

1.1.3.1 Verwendung des gesamten Spulenkerns der Mantelfeldspule für die Rückleitung.

2. Rollkörper der Flossenlagerung übernehmen an Stelle von Schleifkontakten die Funktion der Stromübertragung zwischen bewegten und ruhenden Teilen des Läuferstromkreises.

3. Flossenanker-Homopolarmaschinen, bei denen sowohl die Erregereinheit als auch die Flosseneinheit in einem beiden gemeinsamen Gehäuse rotiert.

3.1 Verwendung der in Anspruch 3, genannten Ausführung zum Antrieb zweier konzentrischer, gegenläufiger Schiffs-Schrauben.

4. Verfahren zur Bereitstellung von Mantelfeldern

Prämisse zu den Ansprüchen 4.x.x:

die nachfolgenden Mantelfelder können einen oder mehrere Luftspalten aufweisen. Innere und äußere Wicklung werden in getrennten Arbeitsgängen durch-

geführt. Die Kurzbezeichnung für dieses Verfahren ist Schalen- oder Schalungs-Wicklung.

4.1 Bereitstellung des Mantelfeldes unter Verwendung von 4 gleich langen konzentrisch ineinander verschachtelten Zylinderspulen, die derart in Serie geschaltet sind, dass das magnetische Feld im Zwischenraum des innersten Spulenpaars entgegengesetzt verläuft zum Feldverlauf im äußeren Spulenpaar.

4.1.1 deren derart konzentrierte Felder miteinander verbunden sind über

4.1.1.1 flache Mantelfeldspulensegmente mit schneckenförmiger Schalen-Wicklung

4.1.1.2 oder gewölbte Mantelfeldspulensegmente

4.2. Bereitstellung eines Mantelfeldes unter Verwendung von zirkularen Mantelfeldspulensegmenten.

4.2.1 deren innere Schalenwicklung mit einem größeren Drahtdurchmesser gewickelt ist als die äußere Schalenwicklung.

4.2.2 deren innere Schalenwicklung mit dem gleichen Draht wie die äußere gewickelt ist, jedoch einen höheren Füllfaktor aufweist.

4.3. Mantelfeldspulen mit ähnlicher Konfiguration wie in 4.1. oder 4.2. jedoch mit hochpermeablen Kernen.

4.4. Bereitstellung von Mantelfelder mit Hilfe permanentmagnetischer Nachbildungen der hier charakterisierten Spulenkonfigurationen.

5. Wickelverfahren für Mantelfeld-Spulen oder für Mantelfeldspulensegmente mit getrennten Arbeitsgängen für innere und äußere Wicklung. Kurzbezeichnung: Schalenwicklung oder Schalungswicklung.

6. Magnetisierungsrichtungen für Permanentmagnete, welche Mantelfeldspulen im engen oder weiteren Sinne verwenden.

7. Bauformen von Homopolarmaschinen, welche nicht wie in Fig. 1 gezeigt, den Stützkörper für das Mantelfeld außerhalb sondern innerhalb des magnetischen Kreises aufweisen, bei denen also die Läuferflossen von außen in das Mantelfeld eintauchen.

8. permanenterrechte Bauformen der vorgenannten Mantelfeld-HM

9. Mantelfeld-HM mit segmentiertem Stützkörper. Jedes Mantelfeld-Segment ist mit einem Stützkörpersegment fest verbunden. Die Grenzflächen der Einzelsegmente sind passgenau aufeinander und gegen seitliches Verschieben durch entsprechende Führungselemente abgesichert. Der Zusammenhalt der Segmente erfolgt selbsttätig auf Grund der Magnetkräfte und/oder durch lösbare Verbindungselemente.

10. Mantelfeldringspulen mit einem oder mehreren Luftspalt(en), welche mit einer oder mehreren Tauchspulen elektrodynamisch reagieren. Anwendungsbeispiele:

Lautsprecher, Mikrophone, Druckmessgeräte, Aktuatoren, Pumpen

10.1. Rundumlautsprecher, dadurch gekennzeichnet, dass eine Tauchspule in den radial nach außen zeigenden Luftspalt einer Mantelfeldringspule eintaucht und im Rhythmus des Stromdurchflusses eine ringförmige Membran in Schwingungen versetzt, welche elastisch in einer radfelgenähnlichen Haltevorrichtung am Umfang der Mantelfeldringspule befestigt ist. (vgl. Fig. 4 und Fig. 5).

10.2. Flachspulen mit radialen Knautschzonen. vgl. Fig. 5

10.3. Rundumlautsprecher, wie in 10.1. jedoch ohne Mantelfeldmagnete, welche auf Basis herkömmlicher auf diese Funktion angepasster Magnetanordnungen hergestellt sind.

10.4. Rundum-Mikrophone, deren prinzipieller Aufbau aus den hier vorgeschlagenen Lautsprecheranwendungen durch Funktionsumkehr abgeleitet werden können.

11. Mantelfeld-HM mit der Besonderheit, dass die Funktionen zwischen Läufer und Stator vertauscht sind, bei denen also die Erregereinheit rotiert und die Flosseneinheit festgehalten wird.

12. Mantelfeld-Homopolarmaschinen, deren Flossen einen Beitrag zur magnetischen Durchflutung leisten

12.1. durch hochpermeablen Magnetwerkstoff

12.2. oder in Form von Mantelfeldspulensegmenten

13. Mantelfeldspule ohne Arbeitsluftspalt, die dem Zweck der Energiespeicherung dient; in der also elektrische in magnetische Energie reversibel umgewandelt wird.

14. Radial-Aktuatoren auf der Basis von Ringmagneten mit radial verlaufendem Luftspalt.

15. Verformungsmaschinen mit radialer Krafrichtung nach dem Vorbild des Rundumlautsprechers.

16. Elektro-Motoren mit zwei rotierenden Hauptelementen wie in Anspruch 3, deren erster Rotor dem Antrieb eines Propellers (Schiff oder Flugzeug) dient, und dessen zweiter Rotor einen gleichartigen Propeller antreibt

– entweder direkt über eine konzentrisch zur ersten Welle gelagerten zweiten Welle (Hohlwelle)





– oder indirekt über ein Getriebe.

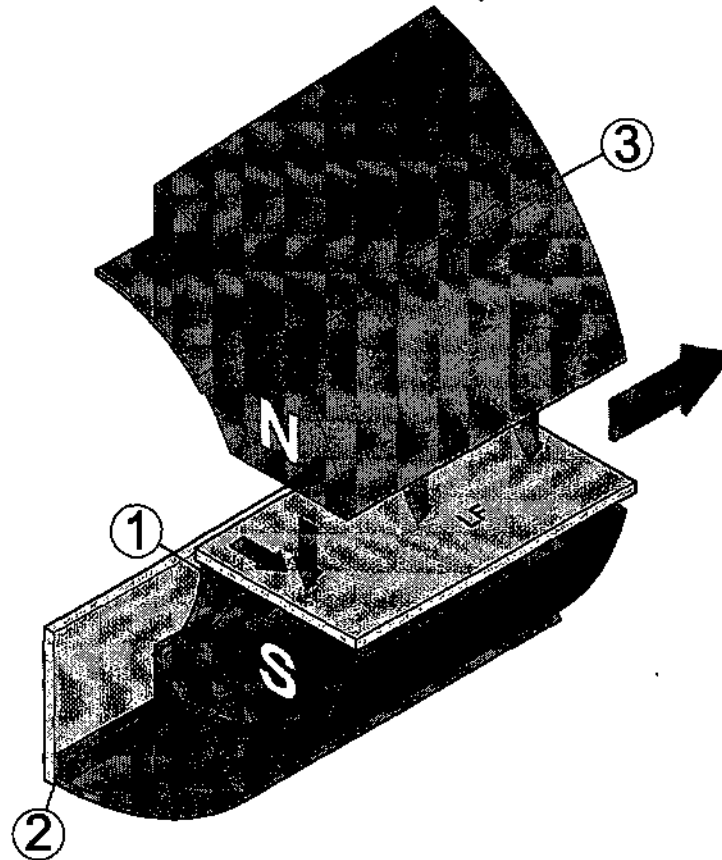
Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

Legende

-  Wirkzone
 -  Stromverlauf auf der Läuferflosse
 -  homopolares Magnetfeld
 -  Lorentzkraft
- LF = Läuferflosse
RP = Reaktionsplatte



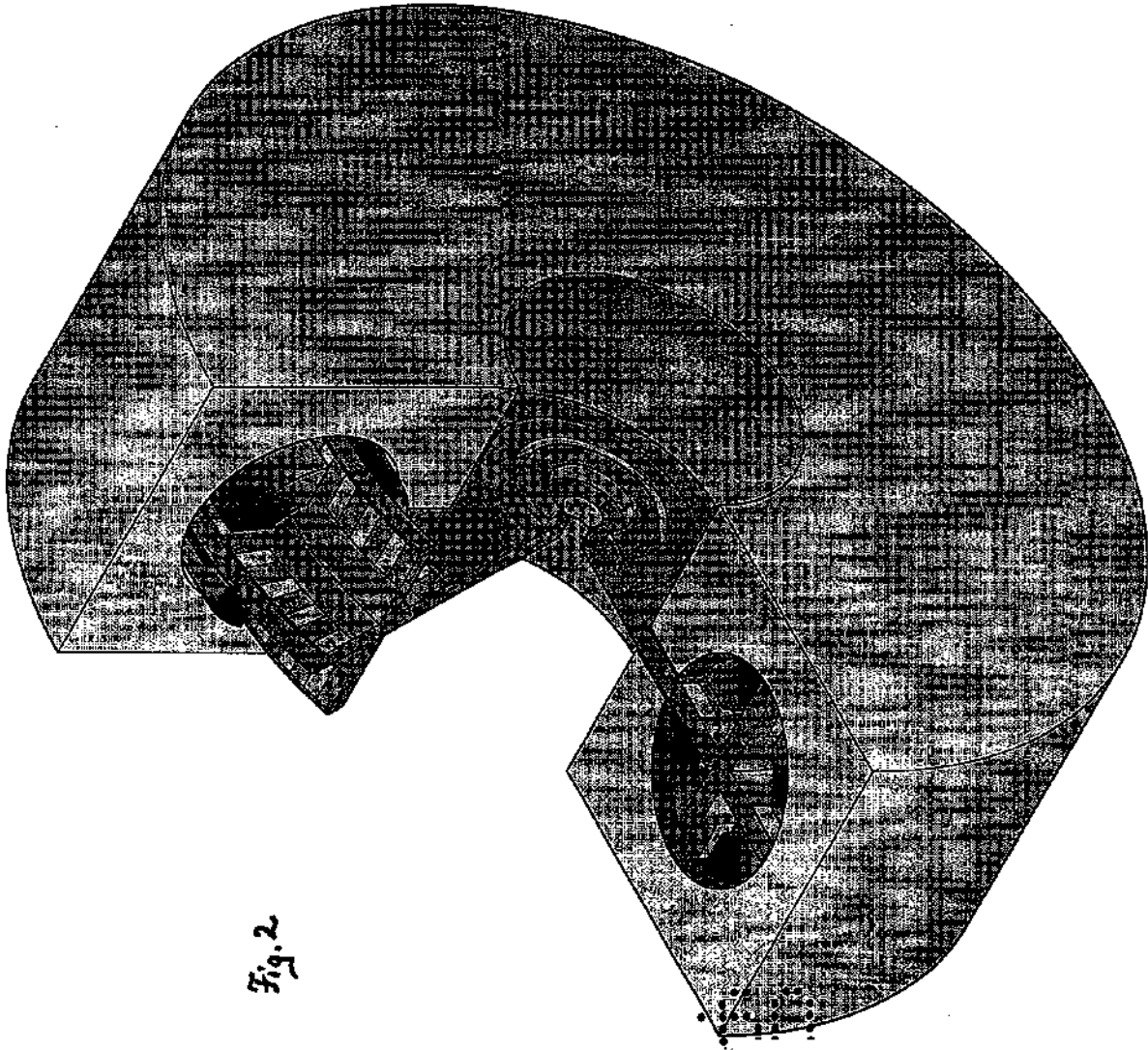
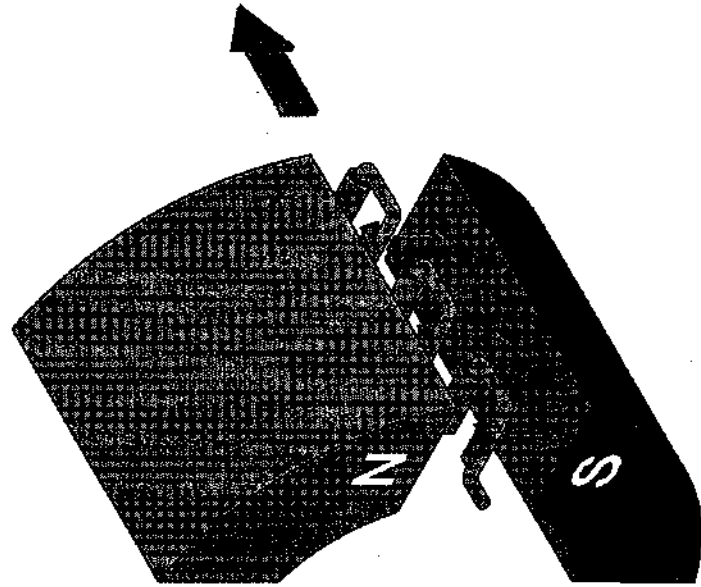
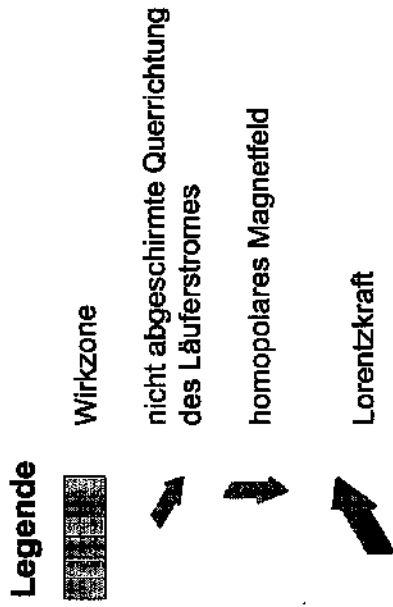


Fig. 2

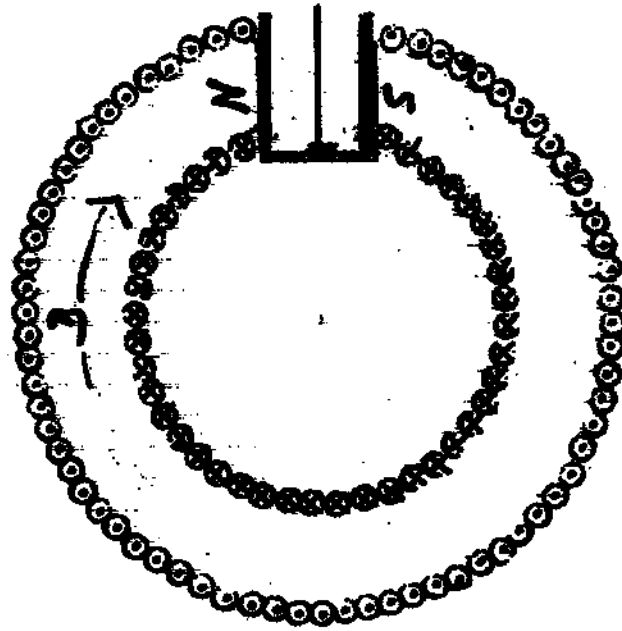
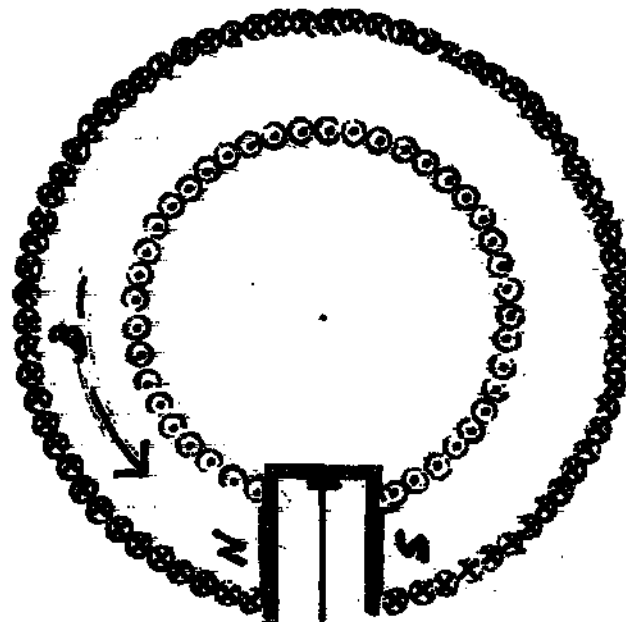


Fig. 3



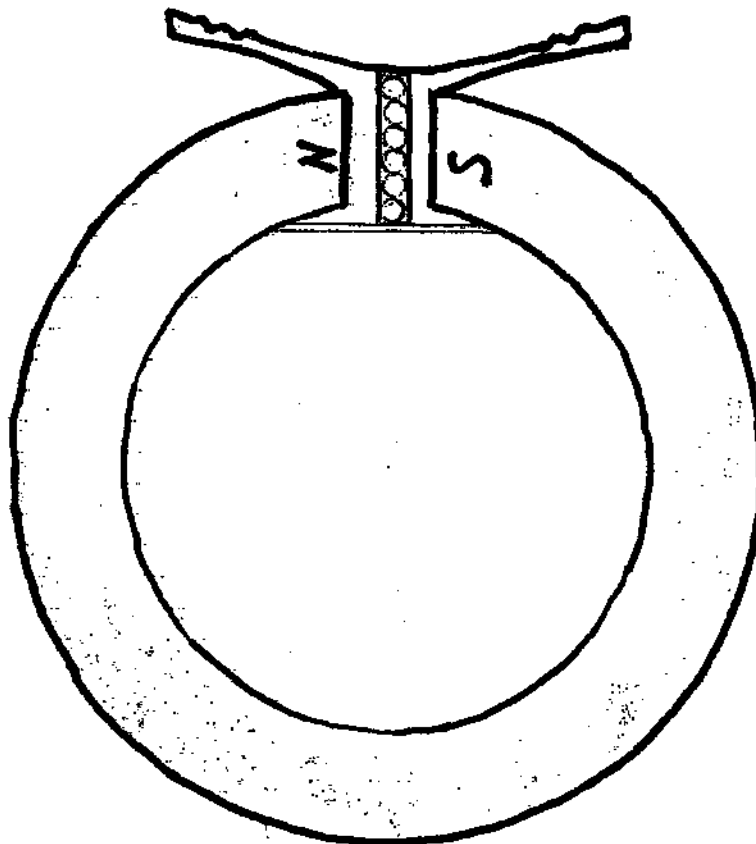


Fig. 4



Fig. 5

