



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2007 017 645 B3 2008.10.02**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 017 645.9**

(22) Anmeldetag: **13.04.2007**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **02.10.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F16C 32/04 (2006.01)**

**H02K 5/167 (2006.01)**

**H02K 7/09 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Minebea Co., Ltd., Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München**

(72) Erfinder:

**Popov, Vladimir, Dr., 78052**

**Villingen-Schwenningen, DE; Bauer, Martin, Dr.,  
 78052 Villingen-Schwenningen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**DE20 2004 001200 U1**

**DE 200 19 530 U1**

**US 67 03 736 B2**

**US 66 64 687 B2**

**US 58 04 899 A**

**US 57 83 886 A**

**US 56 19 083 A**

**US 55 78 882 A**

**US 55 41 460 A**

**US 54 95 221 A**

**US 69 33 643 B1**

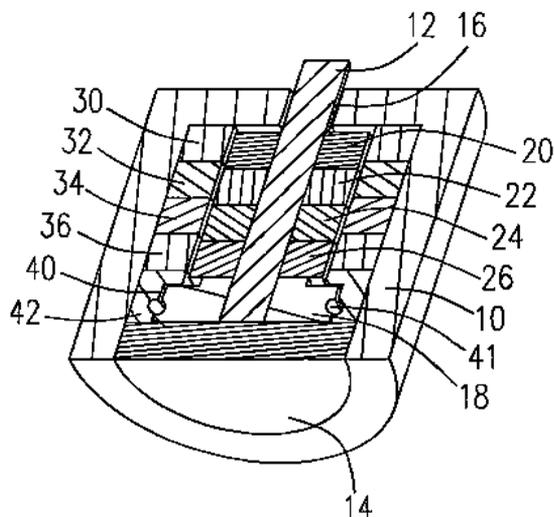
**US 63 02 293 B1**

**WO 03/0 98 622 A1**

**JP 63-11 701 A**

(54) Bezeichnung: **Hybridlager**

(57) Zusammenfassung: Hybridlager zur Lagerung eines drehbaren Teils relativ zu einem feststehenden Teil, insbesondere zur Lagerung eines Rotors relativ zu einem Stator in einer elektrischen Maschine, wobei das Hybridlager ein fluiddynamisches Axiallager und ein Radiallager aufweist, wobei das Radiallager wenigstens einen ersten und einen zweiten Permanentmagneten umfasst, die dem drehbaren Teil bzw. dem feststehenden Teil zugeordnet sind, wobei die Permanentmagnete ringförmig ausgebildet sind und einander in radialer Richtung konzentrisch gegenüberliegen, und wobei die Permanentmagnete in axialer Richtung gemäß einer Polwechsel-Anordnung magnetisiert sind.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Hybridlager zur Lagerung eines drehbaren Teils relativ zu einem feststehenden Teil, wobei das Lager ein fluiddynamisches Axiallager und ein magnetisches Radiallager umfaßt.

**[0002]** Die Erfindung ist insbesondere anwendbar in elektrischen Maschinen zur Lagerung eines Rotors relativ zu einem Stator. Sie ist hierauf jedoch nicht beschränkt.

**[0003]** Die US 5,783,886 A beschreibt einen Spindelmotor, dessen Lager mit mehreren Permanentmagneten aufgebaut ist, die auf den Außenumfang einer rotierenden Welle aufgebracht und in axialer Richtung gegenseitig magnetisiert sind, wobei diesen Permanentmagneten mehrere zweite Permanentmagnete gegenüberliegen, die auf den Innenumfang einer zylindrischen Nabe aufgebracht sind und in gleicher Weise in axialer Richtung gegenseitig magnetisiert sind. Die zweiten Permanentmagnete umgeben die ersten Permanentmagnete koaxial und sind zu diesen in axialer Richtung ausgerichtet.

**[0004]** Die beiden Permanentmagnetsätze halten die Welle relativ zu der Hülse in einem magnetischen Schwebezustand. Zur Stabilisierung des Lagers in axialer Richtung ist ein axiales Pivotlager vorgesehen. Eine ähnliche Anordnung ist in der US 6,703,736 B2 beschrieben.

**[0005]** Die Anwendung, Theorie und Berechnung von Magnetlagern wurde in der Literatur umfangreich abgehandelt. Es besteht kein Zweifel, daß Magnetlager insbesondere im Hinblick auf die Reduzierung der Lagerreibung nützlich sind. Das Hauptproblem passiver Magnetlager ist die Notwendigkeit von Stabilisierungssystemen für wenigstens einen Freiheitsgrad, weil Magnete nicht in der Lage sind, ein Lager in einem stabilen Gleichgewicht zu halten. Es ist somit nicht möglich, nur mit Dauermagneten stabile Lager zu erstellen. Für die sogenannte magnetische Levitation (Schwebezustand) benötigt man daher zusätzliche Stabilisierungssysteme. Im Stand der Technik wurden hierfür zahlreiche Lösungen vorgeschlagen.

**[0006]** Die US 5,495,221 A beschreibt ein magnetisches Lagersystem, in dem Magnetelemente einen Rotor in einem dynamischen Gleichgewicht halten. Es werden zusätzliche mechanische Stabilisatoren vorgesehen, die unterhalb einer kritischen Geschwindigkeit zum Einsatz kommen. Ein ähnliches System ist in der US 5,847,480 A beschrieben, gemäß der ein passives Magnetlager durch Verwendung von Magnetanordnungen und induktiven Schaltkreisen stabilisiert wird.

**[0007]** Die US 5,541,460 A beschreibt einen Spin-

delmotor mit passivem magnetischem Radiallager sowie einem Axiallager, das als ein Spurkuppenlager oder Kugellager realisiert sein kann. Das passive magnetische Radiallager erzeugt eine Anziehungskraft in axialer Richtung, und das Spurkuppenlager stabilisiert die Anordnung derart, daß ein auch in radialer Richtung stabiles Lagersystem gebildet wird. Ein ähnlicher Stand der Technik ist auch in der US 5,578,882 A und in der US 5,619,083 A beschrieben. In diesen Schriften wirkt das Magnetlager derart, daß eine rotierende Nabe gegen ein stationäres Teil angezogen wird. Auf ihrer abgewandten Seite ist die Welle durch ein axiales Drucklager stabilisiert. Die rotierenden Teile tragen daher nicht zum Schwebezustand des Lagers bei.

**[0008]** Die US 6,307,293 A beschreibt ein hydrodynamisches Lager, in dem Permanentmagnete eine Hilfskraft erzeugen, um einen Ausgleich des hydrodynamischen axialen Drucks zwischen der Rotornabe und dem Statorgehäuse vorzusehen.

**[0009]** JP-A-06 311 701 beschreibt ein Hybridlager mit einem fluiddynamischen Radiallager sowie einem magnetischen Axiallager, das durch einander gegenüberliegende, gleichsinnig axial magnetisierte Ringmagnete gebildet wird, die einen axialen Versatz aufweisen. Zusätzlich existiert ein axiales Pivotlager in Form einer Kugel, welches zwischen einer stehenden Welle und einer mit der Rotornabe verbundenen Platte angeordnet ist.

**[0010]** Die DE 200 19 530 U1 beschreibt ein reines Magnetlager, das durch zweimal drei magnetische Ringe gebildet ist. In einem oberen Teilstück sind ein erster und ein zweiter magnetischer Ring mit dem Stator verbunden und ein dritter magnetischer Ring mit der Welle verbunden. Der zweite und der dritte magnetische Ring liegen einander in radialer Richtung gegenüber und sind in gleicher Richtung polarisiert; der erste und der zweite magnetische Ring sind einander in axialer Richtung benachbart und haben entgegengesetzte Polarisierung, so dass sich eine Polwechsel-Anordnung ergibt. Die drei magnetischen Ringe in einem unteren magnetischen Teilstück sind auf gleiche Weise angeordnet.

**[0011]** Die US-A-5,804,899 beschreibt ein Magnetlager mit ferromagnetischen Polstücken sowie zugeordneten, in radialer Richtung magnetisierten Magneten und Spulen zur Magnetisierung der Polstücke, welche in axialer Richtung ungefähr in der Mitte der Welle angeordnet sind. Beidseits des Magnetlagers sind zusätzliche Zentriermagnete vorgesehen, die aus gegenüberliegenden Magnetringen mit Polwechselformung aufgebaut sind. Die Funktion dieser Zentriermagnete ist die Entkopplung der aktiven axialen Zentrierung des Magnetlagers von der passiven Zentrierung in Querrichtung und der Neigung.

**[0012]** R.F. Post beschreibt in "Stability Issues in Ambient-Temperature Passive Magnetic Bearing Systems", Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-ID-137632, 17. Februar 2000, magnetische Lagersysteme, die spezielle Kombinationen von Schweben(Levitati)on- und Stabilisierungselementen verwenden. Post nennt drei Hauptkomponenten, die kumulativ notwendig sind, um ein Lager zu schaffen, welches das Earnshaw-Theorem erfüllt. Die erste Komponente besteht aus einem Ringmagnetpaar, bei dem ein Magnetring stationär und der andere drehend ist, zur Erzeugung der Schwebekräfte (Levitati)on). Ein weiteres Element, das der Stabilisierung dient, wird von Post als "Halbach-Stabilisator" bezeichnet. Es verwendet einzelne Permanentmagnete, die gemäß einer Halbach-Magnetfeldverteilung angeordnet sind und zugeordneten Leitern gegenüberliegen. Das dritte Element ist ein mechanisches Lagersystem, das bei niedrigen Drehzahlen zum Einsatz kommt, bei hohen Drehzahlen jedoch möglichst ausgekoppelt werden sollte. Post erörtert ferner die Verwendung von Dämpfungssystemen auf der Basis von Wirbelströmen. Das von Post vorgestellte System erscheint relativ aufwendig und eignet sich nicht zur Anwendung in elektrischen Maschinen, welche in die Massenproduktion gehen, insbesondere nicht für Spindelmotoren zur Anwendung beispielsweise in Miniatur-Festplattenlaufwerken (Mini-Disk-Drives) mit einem Formfaktor von 2,5 Inch, 1,8 Inch oder kleiner.

**[0013]** Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet der Erfindung ist im Bereich von Spindelmotoren und anderen kleinbauenden Permanentmagnetmotoren, die zum Beispiel in Festplattenlaufwerken mit einem Plattendurchmesser von 2,5 Inch, 1,8 Inch oder darunter eingesetzt werden. Vorzugsweise kommen hier bürstenlose, elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren zum Einsatz. Bei Spindelmotoren der in Rede stehenden Bauart ist die Motorwelle mit einer Nabe gekoppelt, die zum Aufnehmen von einer oder mehreren Festplatten dient. Ein Rotormagnet ist mit der Nabe verbunden und koaxial zu einem Stator angeordnet. Die Erfindung ist aber auch auf andere Maschinen anwendbar und soll grundsätzlich eine Lagereinheit schaffen, die universell einsetzbar ist. Das Hybridlager der Erfindung soll auch außerhalb eines Motors zur Lagerung von beliebigen angetriebenen Wellen verwendbar sein, z. B. als Ersatz für ein Kugellager.

**[0014]** Ausgehend von dem oben erörterten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Hybridlager anzugeben, das sowohl beim Anlauf als auch im stabilen Betrieb mit minimaler Reibung arbeitet und einfach aufgebaut ist.

**[0015]** Diese Aufgabe wird durch ein Hybridlager mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst.

**[0016]** Die Erfindung schafft hierdurch eine Lagereinheit, die eine Kombination aus magnetischem Radiallager und fluiddynamischem Axiallager umfaßt. Diese Lagereinheit ist universell einsetzbar, auch außerhalb eines Motors, um beispielsweise eine Kugellagereinheit an beliebig angetriebenen Wellen zu ersetzen. Das Lager kann in sehr kleinen Bauformen realisiert werden und erzeugt nur sehr geringe Lagerverluste.

**[0017]** Durch die Anordnung von zwei aneinander angrenzenden Ringmagneten, welche in axialer Richtung gegensinnig magnetisiert sind wird eine Polwechsel-Anordnung realisiert. Dadurch wird ein magnetisches Radiallager gebildet, welches das drehbare Teil und das feststehende Teil relativ zueinander in einem Schwebezustand hält, wobei dieser Zustand in axialer Richtung nicht stabil ist. Die axiale Stabilisierung des Hybridlagers wird von dem fluiddynamischen Axiallager übernommen, das in axialer Richtung vorgespannt ist.

**[0018]** Die Erfindung ist nicht auf die beschriebene einfachste Variante einer Polwechsel-Magnetisierung beschränkt.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung umfaßt das Hybridlager eine Lagerhülse, in der eine Welle aufgenommen ist, wobei ein oder mehrere erste Permanentmagnete auf dem Umfang der Welle angeordnet sind und ein oder mehrere zweiten Permanentmagnete an der Innenseite der Lagerhülse angeordnet sind. Dies erlaubt es, das Hybridlager in der Lagerhülse zu kapseln, so daß es als eine abgeschlossene Lagereinheit unabhängig von seiner Anwendung hergestellt werden kann.

**[0020]** In einer weiteren Ausführung der Erfindung ist das Axiallager an einem Stirnende der Welle ausgebildet, und der oder die Permanentmagnete auf dem Umfang der Welle sowie der oder die Permanentmagnete an der Innenseite der Lagerhülse sind jeweils mit wenigstens zwei Polwechseln ausgebildet. Diese doppelte Polwechsel-Anordnung kann durch Vorsehen von jeweils zwei Permanentmagnetpaaren, wobei die Permanentmagnete jeweils eines Paares gemäß der Polwechsel-Anordnung in axialer Richtung gegensinnig magnetisiert sind, realisiert werden.

**[0021]** In einer alternativen Ausführung der Erfindung ist das Axiallager in axialer Richtung etwa in der Mitte der Welle ausgebildet, und beidseits des Axiallagers sind wenigstens ein Permanentmagnet oder ein Paar erster Permanentmagnete auf dem Umfang der Welle und wenigstens ein Permanentmagnet oder ein Paar zweiter Permanentmagnete an der Innenseite der Lagerhülse angeordnet. Wiederum sind die ersten und zweiten Permanentmagnete jeweils eines Paares in axialer Richtung gegensinnig mag-

netisiert.

**[0022]** Das Vorsehen des Axiallagers an dem Stirnende der Welle hat den Vorteil, daß die Herstellung des Hybridlagers sehr einfach ist. Das mittige Axiallager hat den Vorteil, daß die Radiallager beidseits des Axiallagers in axialer Richtung weiter auseinander liegen und somit eine größere Steifigkeit des Hybridlagers erzielt wird. Dadurch ergibt sich ein beidseitig offenes Fluidlager.

**[0023]** Das Axiallager wird durch eine Druckplatte mit einer Rillenstruktur realisiert, die so ausgebildet ist, daß sie bei Rotation des drehbaren Lagerteils eine Pumpwirkung erzeugt. Hierbei muß die Pumpstruktur so ausgelegt sein, daß das Lagerfluid nicht aus dem Lagerspalt zwischen der Druckplatte und der Lagerhülse hinaus gepumpt sondern in diesen zurückgeführt wird. Hierzu wird zweckmäßig eine symmetrische Pump-Rillenstruktur vorgesehen, die beispielsweise als Herringbone- oder Spiralarillen ausgebildet sind.

**[0024]** Zur Abdichtung des fluiddynamischen Axiallagers kann zwischen dem Außenumfang der Druckplatte und der Lagerhülse ein konischer Freiraum ausgebildet werden, der eine Kapillardichtung und ein Reservoir für das Lagerfluid bildet. Die Kapillardichtung sollte ein ausreichend großes Volumen aufweisen, um bei Stoßbelastung das Lagerfluid vollständig aufnehmen zu können, so daß kein Fluid aus dem Axiallager austritt und es dadurch nicht zu einem Ausfall des Lagers kommt. Die Kapillardichtung sollte vorzugsweise nahezu das gesamte Volumen des Lagerfluids, beispielsweise Lageröl, aus dem eigentlichen Lagerspalt aufnehmen können. Daher wird in einer bevorzugten Ausführung im Bereich der Kapillardichtung zusätzlich ein ringförmiges Ölreservoir vorgesehen, dessen Querschnitt beispielsweise kreis- oder herzförmig sein kann.

**[0025]** Die Erfindung ist im folgenden anhand bevorzugter Ausführungen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren zeigen:

**[0026]** **Fig. 1a** und **Fig. 1b** eine geschnittene isometrische Darstellung des erfindungsgemäßen Hybridlagers gemäß einer ersten Ausführung sowie eine entsprechende geschnittene Seitenansicht;

**[0027]** **Fig. 2a** und **Fig. 2b** eine geschnittene isometrische Darstellung eines Hybridlagers gemäß einer zweiten Ausführung der Erfindung sowie eine entsprechende geschnittene Seitenansicht;

**[0028]** **Fig. 3a** und **Fig. 3b** eine geschnittene isometrische Darstellung eines Hybridlagers gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung sowie eine entsprechende geschnittene Seitenansicht;

**[0029]** **Fig. 4** eine geschnittene Seitenansicht eines Hybridlagers gemäß noch einer weiteren Ausführung der Erfindung

**[0030]** **Fig. 5a** und **Fig. 5b** schematische Darstellungen für alternative Konfigurationen der Rillenstruktur auf der Stirnfläche eines Druckrings des erfindungsgemäßen Lagers.

**[0031]** In den **Fig. 1a** und **Fig. 1b** ist in schematischen Schnittdarstellungen ein Hybridlager gemäß einer ersten Ausführung der Erfindung dargestellt. In dieser Ausführung ist das Lager eine gekapselte Lagereinheit, die unabhängig von ihrer späteren Verwendung, beispielsweise in einer elektrischen Maschine, hergestellt werden kann. Das Lager umfaßt in der gezeigten Ausführung eine Lagerhülse **10** und eine Welle **12**, die in der Lagerhülse aufgenommen ist. Die Lagerhülse **10** ist an ihrem einen Stirnende durch eine Grundplatte **14** verschlossen und weist an ihrem gegenüberliegenden Stirnende eine Öffnung **16** auf, durch welche die Welle hinausgeführt ist.

**[0032]** Das Stirnende der Welle **12**, das der Grundplatte **14** zugewandt ist, ist mit einem Druckring **18** verbunden, um das fluiddynamische Axiallager zu bilden, das unten mit weiteren Einzelheiten beschrieben ist. Anstelle eines separaten Druckrings könnte die Welle an ihrem Stirnende auch eine entsprechende einstückige Durchmessererweiterung aufweisen.

**[0033]** Auf den Umfang der Welle **12** sind in der gezeigten Ausführung vier ringförmige erste Permanentmagnete **20**, **22**, **24**, **26** aufgebracht. Die Permanentmagnete **20**, **22**, **24**, **26** liegen in axialer Richtung nebeneinander. Die benachbarten Permanentmagnete sind in axialer Richtung gegensinnig magnetisiert, wie in **Fig. 1b** gezeigt ist.

**[0034]** An den Innenumfang der Lagerhülse **10** sind den ersten Permanentmagneten gegenüber liegend vier zweite Permanentmagnete **30**, **32**, **34**, **36**, angebracht, wobei die benachbarten Permanentmagnete ebenfalls in axialer Richtung gegensinnig magnetisiert sind, wie in **Fig. 1b** gezeigt.

**[0035]** Durch die Magnetisierung der ersten und zweiten Permanentmagnete wird eine Polwechsel-Anordnung gebildet, die eine Stabilisierung des Hybridlagers in radialer Richtung bewirkt. Anstatt mit den gezeigten vier einzelnen Magnetringen kann eine solche Polwechsel-Anordnung auch mit einem oder zwei entsprechend magnetisierten Magnetringen aufgebracht werden.

**[0036]** In der gezeigten Ausführung sind die ersten und zweiten Permanentmagnete **20–36** in axialer Richtung gegeneinander versetzt, um eine magnetische Vorspannung des fluiddynamischen Axiallagers zu erzeugen. Diese magnetische Vorspannung wirkt

den Kräften des fluiddynamischen Axiallagers entgegen und drückt die Welle 12 tendenziell zu der Grundplatte 14.

[0037] Zur Bildung des fluiddynamischen Axiallagers ist auf der Unterseite des Druckrings 18, welche der Grundplatte 14 zugewandt ist, eine Rillenstruktur ausgebildet, die bei Rotation der Welle 12 eine Pumpwirkung erzeugt. Diese Rillenstruktur ist vorzugsweise so ausgebildet, daß sie das Lagerfluid in Richtung des Zentrums des Druckrings 18 pumpt. In den Fig. 5a und Fig. 5b sind Beispiele für geeignete Rillenstrukturen 38 gezeigt. An dem Außenumfang des Druckrings 18 ist zwischen dem Druckring 18 und der Lagerhülse 10 ein konischer Freiraum 40 ausgebildet, der eine Kapillardichtung und ein Reservoir für Lagerfluid des Axiallagers bildet. Genauer wird dieser konische Freiraum 40 zwischen dem Außenumfang des Druckrings 18 und einem Lagerring 42 gebildet, der in die Lagerhülse 10 eingefügt ist. Der konische Freiraum 40 sollte ein ausreichend großes Volumen aufweisen, um bei Stoßbelastung des Hybridlagers das Lagerfluid, das sich zwischen Druckring 18 und Grundplatte 14 befindet, vollständig aufnehmen zu können, so daß kein Fluid aus dem Axiallager austritt und in den Spalt zwischen die ersten und zweiten Permanentmagnete 20–36 gerät oder sogar aus dem Hybridlager austritt. Zur Vergrößerung des Volumens des Lagerfluidreservoirs ist bei der gezeigten Ausführung im Bereich der Außenwandung des Druckrings 18 ein ringförmiges Zusatzreservoir 41 vorgesehen, das beispielsweise einen kreis- oder herzförmigen Querschnitt haben kann.

[0038] Die Erfindung ist nicht auf die Verwendung von vier ersten und vier zweiten Permanentmagneten beschränkt, sondern sie kann mit jeweils einem Permanentmagneten oder einer Vielzahl von benachbarten Permanentmagneten realisiert werden, die nicht notwendig in unmittelbarem Kontakt stehen müssen. Es kann auch eine ungerade Anzahl von ersten und zweiten Permanentmagneten vorgesehen sein, solange diese so magnetisiert sind, daß wenigstens ein Polwechsel stattfindet. Das erfindungsgemäße Hybridlager basiert somit auf einer Kombination eines fluiddynamischen Axiallagers und eines magnetischen Radiallagers, das durch eine Polwechsel-Magnetisierung gebildet wird, wobei das Radiallager das Axiallager in axialer Richtung magnetisch vorspannt. Das Hybridlager gemäß der Erfindung ist sehr kompakt und kann mit minimalen Reibungsverlusten betrieben werden. Ferner hat es den Vorteil, daß es als eine in sich geschlossene, gekapselte Lagereinheit unabhängig von seiner Anwendung hergestellt werden kann.

[0039] Eine Abwandlung des Hybridlagers der Fig. 1a und Fig. 1b ist in den Fig. 2a und Fig. 2b gezeigt, wobei entsprechende Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und nicht noch-

mals beschrieben sind. Das Hybridlager der Fig. 2a und Fig. 2b unterscheidet sich von dem der Fig. 1a und Fig. 1b lediglich durch die Ausbildung des Axiallagers im Bereich der Grundplatte und des Lagerrings. Bei der Ausführung der Fig. 2a und Fig. 2b ist die Grundplatte 44 topfförmig ausgebildet und umgreift den Außenumfang des Druckrings 18, während der Lagerring 46 eine axiale Sicherung des Druckrings bildet. Der konische Freiraum 40 ist somit bei dieser Ausführung zwischen dem Außenumfang des Druckrings 18 und der Innenseite der „Topfwand“ der Grundplatte 44 gebildet. Die Funktion des Lagers ist jedoch im wesentlichen gleich der Funktion des Lagers der Fig. 1a und Fig. 1b.

[0040] Die Fig. 3a und Fig. 3b zeigen eine weitere Abwandlung des erfindungsgemäßen Hybridlagers, bei der das Axiallager in axialer Richtung ungefähr mittig angeordnet ist.

[0041] Auch in dieser Ausführung umfaßt das Hybridlager eine Lagerhülse 50, in der eine Welle 52 aufgenommen ist. Die Lagerhülse ist an einem Stirnende durch eine Grundplatte 54 verschlossen, wobei sowohl in der Grundplatte 54 als auch in dem gegenüberliegenden Stirnende der Lagerhülse 50 Öffnungen 56, 58 vorgesehen sind, an denen die Welle 56 aus der Lagerhülse 50 herausgeführt ist. Bei dieser Ausführung ist es ebenso möglich, daß die Welle nur an einem Stirnende der Lagerhülse herausgeführt wird.

[0042] Bei der in den Fig. 3a und Fig. 3b gezeigten Ausführung ist ein fluiddynamisches Axiallager 90 ungefähr auf Höhe der axialen Mitte der Welle 52 vorgesehen, wobei beidseits des fluiddynamischen Axiallagers 90 magnetische Radiallager 92, 94 vorgesehen sind.

[0043] In der gezeigten Ausführung ist jedes der magnetischen Radiallager 92, 94 durch eine Gruppe erster Permanentmagnete 60, 62, 64, 66 und eine Gruppe zweiter Permanentmagnete 70, 72, 74, 76 gebildet. Die ersten und zweiten Permanentmagnete sind wie in der ersten und der zweiten Ausführung der Erfindung jeweils in axialer Richtung gegensinnig magnetisiert, um Polwechsel-Anordnungen zu bilden. Ihre Wirkungsweise entspricht der oben mit Bezug auf die erste und zweite Ausführung beschriebenen Wirkung. Auch in dieser Ausführung sind die ersten Permanentmagnete relativ zu den zweiten Permanentmagneten in axialer Richtung versetzt, um eine axiale Vorspannung für das fluiddynamische Axiallager 90 vorzusehen.

[0044] In der Ausführung der Fig. 3a und Fig. 3b wird das fluiddynamische Axiallager durch einen Druckring 78 gebildet, der mit einem Lagerring 82 zusammenwirkt. Auf der Oberfläche 84 des Druckrings 78 ist vorzugsweise eine Rillenstruktur ausgebildet,

die mit der gegenüberliegenden Oberfläche des Lagerrings **82** zusammenwirkt, um das fluiddynamische Axiallager zu bilden. Die Rillenstruktur bewirkt, daß Lagerfluid im Bereich der Oberfläche **84** gehalten wird. Vorzugsweise wird eine Herringbone-Rillenstruktur **38** gemäß **Fig. 5b** eingesetzt. Zusätzlich sind zwischen dem Druckring **78** und den beiden Lagerringen **80**, **82** konische Freiräume **86**, **88** ausgebildet, die Kapillardichtungen sowie Reservoirs für Lagerfluid bilden. Das Volumen der konischen Freiräume **86**, **88** sollte ausreichend groß sein, um bei einer Stoßbelastung des Hybridlagers das Lagerfluid vollständig aufnehmen zu können. Um das Volumen des Fluidlagerreservoirs zu vergrößern, sind im Bereich der Außenwandungen der Lagerringe **80**, **82** 18 ringförmige Zusatzreservoirs **96**, **98** vorgesehen, die beispielsweise einen kreis- oder herzförmigen Querschnitt haben können.

**[0045]** Die Ausführungen der **Fig. 3a** und **Fig. 3b** mit dem mittigen fluiddynamischen Axiallager **90** hat den Vorteil, daß die Radiallager **92**, **94** in axialer Richtung weiter auseinander liegen und somit eine größere Steifigkeit des beidseitig offenen Hybridlagers ermöglichen. Die Erfindung ist weder auf eine bestimmte Ausgestaltung des fluiddynamischen Axiallagers noch auf eine bestimmte Gestalt oder Anzahl der Permanentmagnete beschränkt. Die Permanentmagnete müssen beispielsweise in axialer Richtung nicht gleich hoch sein, sondern die einzelnen Permanentmagnetringe können unterschiedliche Höhen haben, wie beispielhaft in der Ausführung der **Fig. 4** dargestellt ist. Die Permanentmagnete sind auch nicht auf eine Konfiguration beschränkt, bei der axial nebeneinander liegende Permanentringe in axialer Richtung gegensinnig magnetisiert sind.

#### Patentansprüche

1. Hybridlager zur Lagerung eines drehbaren Teils (**12**, **52**) relativ zu einem feststehenden Teil (**10**, **50**) mit einem fluiddynamischen Axiallager und einem Magnetlager, wobei das Magnetlager wenigstens ein erstes Paar axial benachbarter Permanentmagnetringe (**20–26**; **60–66**) auf dem drehbaren Teil und wenigstens ein zweites Paar axial benachbarter Permanentmagnetringe (**30–36**; **70–76**) auf dem feststehenden Teil umfasst, wobei die Permanentmagnetringe jedes Paares in axialer Richtung gegensinnig magnetisiert sind und die Permanentmagnetringe des ersten Paares in die gleiche Richtung polarisiert sind wie ihre unmittelbar benachbarten Permanentmagnetringe des zweiten Paares und wobei das erste und das zweite Paar Permanentmagnetringe (**20–26**, **30–36**; **60–66**, **70–76**) in axialer Richtung versetzt sind, um ein magnetisches Radiallager und eine magnetische Vorspannung des fluiddynamischen Axiallagers zu realisieren, und wobei das Axiallager eine Rillenstruktur

an einer axialen Fläche aufweist, die bei Rotation des drehbaren Teils eine Pumpwirkung erzeugt.

2. Hybridlager nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Lagerhülse (**10**, **50**), in der eine Welle (**12**, **52**) aufgenommen ist, wobei wenigstens ein erstes Paar Permanentmagnetringe (**20–26**; **60–66**) auf dem Umfang der Welle (**12**, **52**) angeordnet ist und wenigstens ein zweites Paar Permanentmagnetringe (**30–36**; **70–76**) an der Innenseite der Lagerhülse (**10**, **50**) angeordnet ist.

3. Hybridlager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Axiallager an einem Stirnende der Welle (**12**) ausgebildet ist, wenigstens zwei Paare axial benachbarter erster Permanentmagnetringe (**20–26**) auf dem Umfang der Welle (**12**) angeordnet sind und wenigstens zwei Paare axial benachbarter zweiter Permanentmagnetringe (**30–36**) an der Innenseite der Lagerhülse (**10**) angeordnet sind.

4. Hybridlager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Axiallager (**90**) in axialer Richtung in der Mitte der Welle (**52**) ausgebildet ist, beidseits des Axiallagers jeweils ein erstes Paar axial benachbarter Permanentmagnetringe (**60–66**) auf dem Umfang der Welle (**52**) angeordnet ist und ein zweites Paar axial benachbarter Permanentmagnetringe (**70–76**) an der Innenseite der Lagerhülse (**50**) angeordnet sind.

5. Hybridlager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnetringe (**20–26**, **30–36**; **60–66**, **70–76**) in axialer Richtung die gleichen Abmessungen haben.

6. Hybridlager nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnetringe in axialer Richtung unterschiedliche Höhen haben.

7. Hybridlager nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Außenumfang einer Druckplatte (**18**; **78**) und einer die Druckplatte umgebenden Lagerhülse (**10**; **50**) ein konischer Freiraum (**40**; **86**, **88**) ausgebildet ist, der eine Kapillardichtung und ein Reservoir für Lagerfluid des Axiallagers bildet.

8. Hybridlager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es in einer Lagerhülse (**10**; **50**) gekapselt und als eine abgeschlossene Lagereinheit herstellbar ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1a

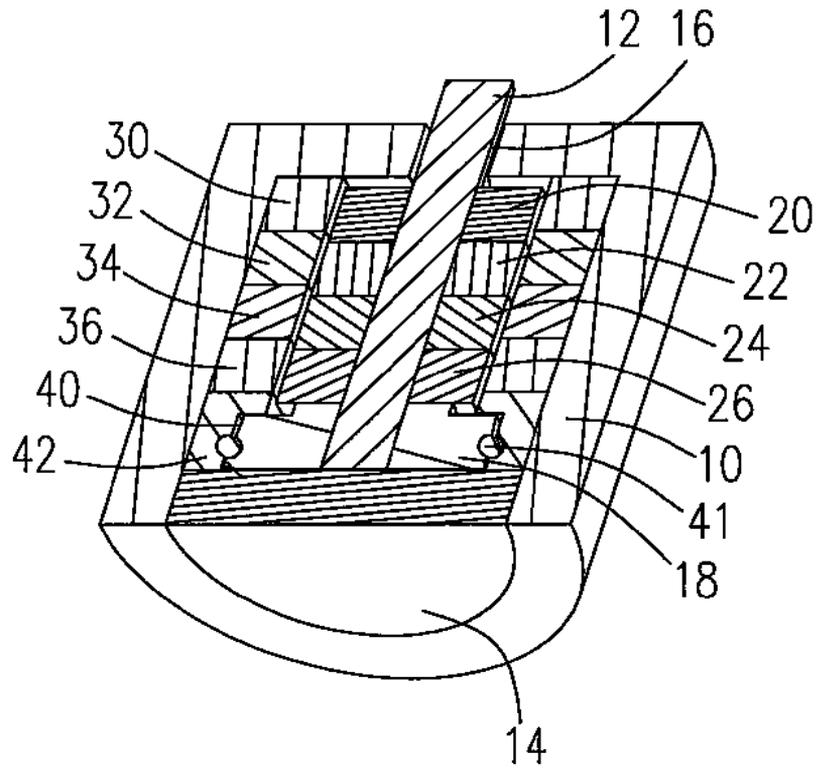


Fig. 1b

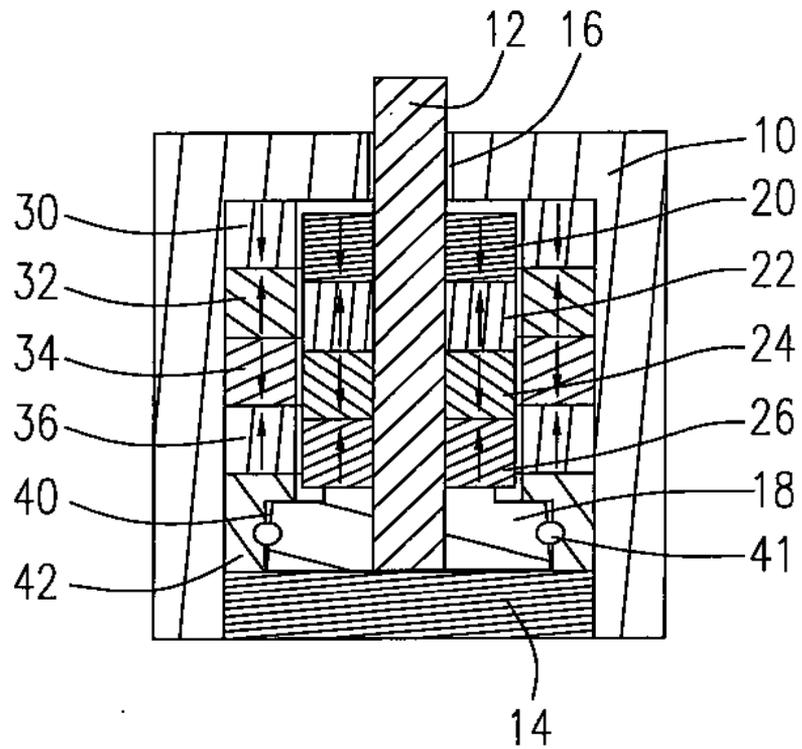


Fig. 2a

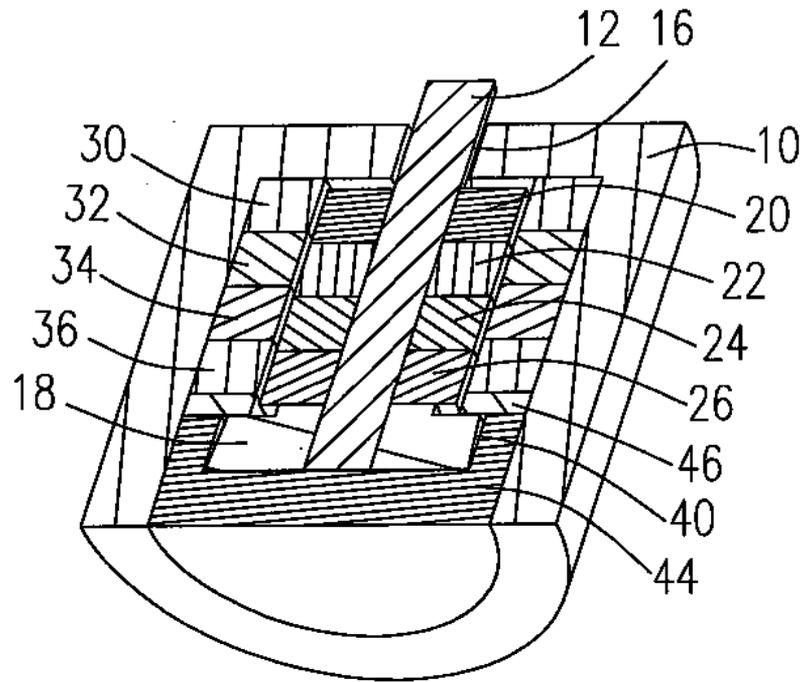


Fig. 2b

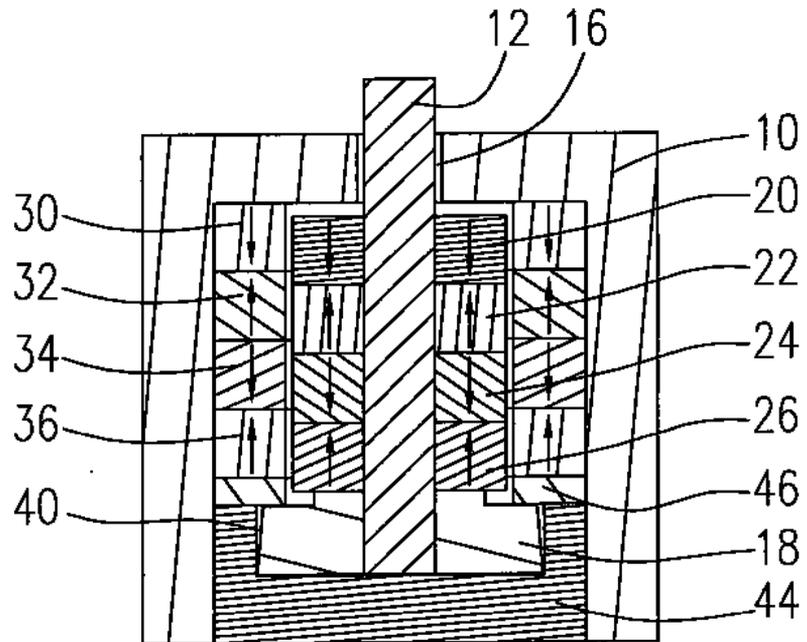




Fig. 4

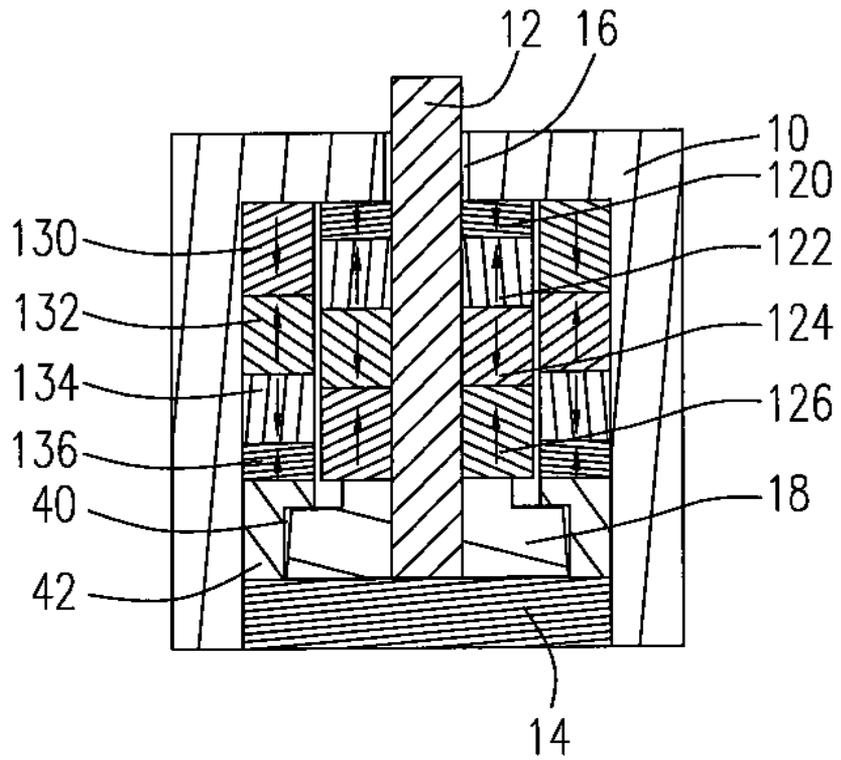


Fig. 5a

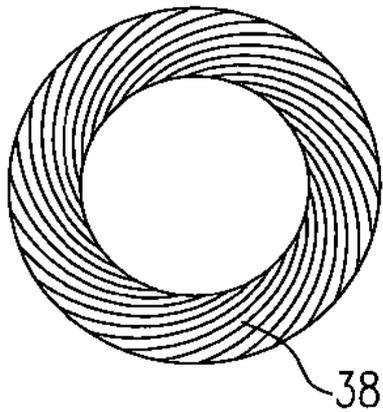


Fig. 5b

