



(10) **DE 10 2009 031 219 A1** 2011.01.05

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 031 219.6**

(22) Anmeldetag: **01.07.2009**

(43) Offenlegungstag: **05.01.2011**

(51) Int Cl.⁸: **H02K 5/167** (2006.01)

H02K 7/08 (2006.01)

G11B 19/20 (2006.01)

F16C 17/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Minebea Co., Ltd., Nagano-ken, JP

(74) Vertreter:
**Riebling, P., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 88131
Lindau**

(72) Erfinder:
**Winterhalter, Olaf, 78736 Epfendorf, DE; Kull,
Andreas, 78166 Donaueschingen, DE; Gönner,
Ronald, 78187 Geisingen, DE; Messmer, Volker,
78259 Mühlhausen-Ehingen, DE**

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

DE 10 2008 052469 A1

DE 10 2007 051774 A1

DE 10 2007 039231 A1

DE 10 2006 032673 A1

US 73 65 940 B2

US 70 95 147 B2

US 2003/02 22 523 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

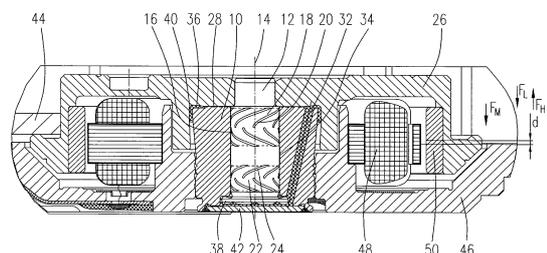
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Spindelmotor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Spindelmotor, der ein feststehendes Motorbauteil und mindestens ein drehbar gelagertes Motorbauteil umfasst, wobei die Drehlagerung mittels eines fluiddynamischen Lagersystems um eine Rotationsachse erfolgt. Das Lagersystem umfasst mindestens ein fluiddynamisches Radiallager und ein fluiddynamisches Axiallager. Das drehbar gelagerte Motorbauteil wird durch ein elektromagnetisches Antriebssystem angetrieben.

Erfindungsgemäß sind Mittel zur Erzeugung einer magnetischen Vorspannung für das Axiallager vorhanden, die ausschließlich aus Bauteilen des elektromagnetischen Antriebssystems bestehen.

Insbesondere für niedrige Drehzahlen, beispielsweise weniger als 4200 U/min und darunter und geringen Lasten bei Verwendung von höchstens zwei Speicherplatten kann die benötigte Axiallagerkraft und damit auch die benötigte Kraft für die magnetische Vorspannung verringert werden.



Beschreibung

Offenbarung der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Spindelmotor mit einem fluiddynamischen Lagersystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Derartige Spindelmotoren werden beispielsweise zum Antrieb von Festplattenlaufwerken oder Lüftern eingesetzt.

Stand der Technik

[0002] Die DE 10 2007 039 231 A1 offenbart einen Spindelmotor mit einem fluiddynamischen Lagersystem, der mindestens ein feststehendes Motorbauteil und mindestens ein mittels des Lagersystems um eine Rotationsachse drehbar gelagertes Motorbauteil aufweist. Das Lagersystem umfasst mindestens ein fluiddynamisches Radiallager und ein fluiddynamisches Axiallager. Das drehbar gelagerte Motorbauteil wird durch ein elektromagnetisches Antriebssystem angetrieben. Da der Spindelmotor lediglich ein einziges fluiddynamisches Axiallager aufweist, das eine einseitig gerichtete Kraftkomponente erzeugt, sind in bekannter Weise Mittel zur Erzeugung einer Vorspannung für das Axiallager vorhanden, welche eine entgegengesetzt zum Axiallager gerichtete Kraftwirkung erzeugen. Vorzugsweise wird dabei eine magnetische Vorspannung verwendet. Hierzu liegt dem Rotormagneten axial ein ferromagnetischer Ring gegenüber, der an der Basisplatte des Motors befestigt ist. Der ferromagnetische Ring wird von dem Rotormagneten durch eine magnetische Kraft angezogen, die entgegengesetzt der Kraft des fluiddynamischen Axiallagers wirkt. Zusätzlich zu dieser Anordnung kann der Rotormagnet relativ zur Statoranordnung axial versetzt sein und zwar nach oben in Richtung des fluiddynamischen Axiallagers. Durch diesen axialen Versatz ergibt sich zwischen dem Stator und dem Rotormagneten nicht nur eine radial wirkende magnetische Kraftkomponente, sondern auch eine axial wirkende magnetische Kraftkomponente, die zusätzlich zur Vorspannung des Axiallagers verwendet wird.

[0003] Zum Antrieb von Festplattenlaufwerken mit einem Formfaktor von 2,5 Zoll werden oftmals Spindelmotoren mit einem fluiddynamischen Axiallager und einer Kombination aus magnetischer Vorspannung zwischen dem Stator und dem Rotormagneten und dem Rotormagneten und dem ferromagnetischen Ring verwendet. Dieser ferromagnetische Ring erfordert jedoch bei der Montage einen zusätzlichen Montageschritt, wobei er meist auf die Basisplatte geklebt wird. Diese Klebung kann sich lockern und der Ring kann den Motor blockieren. Zudem verursacht der Einbau eines ferromagnetischen Rings nicht unerhebliche zusätzliche Kosten.

[0004] Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Spindelmotor mit fluiddynamischem Lagersystem insbesondere zum Antrieb von Festplattenlaufwerken anzugeben, der für niedrigere Geschwindigkeiten und geringe Lasten ausgelegt ist und kostengünstig hergestellt werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Spindelmotor gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung und weitere vorteilhafte Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0007] Der Spindelmotor umfasst ein feststehendes Motorbauteil und mindestens ein drehbar gelagertes Motorbauteil, wobei die Drehlagerung mittels eines fluiddynamischen Lagersystems um eine Rotationsachse erfolgt. Das Lagersystem umfasst mindestens ein fluiddynamisches Radiallager und ein fluiddynamisches Axiallager. Das drehbar gelagerte Motorbauteil wird durch ein elektromagnetisches Antriebssystem angetrieben.

[0008] Erfindungsgemäß sind Mittel zur Erzeugung einer magnetischen Vorspannung für das Axiallager vorhanden, die ausschließlich aus Bauteilen des elektromagnetischen Antriebssystems bestehen.

[0009] Insbesondere für niedrige Drehzahlen, von beispielsweise weniger als 4200 U/min und geringen Lasten kann bei Verwendung von höchstens zwei Speicherplatten die benötigte Axiallagerkraft verringert werden, und damit auch die benötigte Kraft für die magnetische Vorspannung. Erfindungsgemäß ist daher kein ferromagnetischer Ring dem Rotormagneten axial gegenüberliegend mehr notwendig. Diese Einsparung des ferromagnetischen Rings spart entsprechend Kosten und Montageaufwand und erhöht die Zuverlässigkeit des Motors, da ein Lösen des ferromagnetischen Ringes nicht mehr vorkommen kann. Die benötigte axiale Vorspannung wird erfindungsgemäß ausschließlich durch Komponenten des elektromagnetischen Antriebssystems aufgebracht. Das elektromagnetische Antriebssystem umfasst eine Statoranordnung und einen Rotormagneten, wobei die magnetische Mitte des Rotormagneten einen axialen Versatz zur magnetischen Mitte der Statoranordnung aufweist. Durch diesen axialen Versatz wird eine axiale magnetische Kraftkomponente erzeugt, die dem Axiallager entgegenwirkt und eine magnetische Vorspannung des Axiallagers bildet.

[0010] Das feststehende Motorbauteil umfasst eine Basisplatte, eine in der Basisplatte befestigte Lagerbuchse und die Statoranordnung des elektromagnetischen Antriebssystems. Das drehbar gelagerte Mo-

torbauteil umfasst eine in der Lagerbohrung der Lagerbuchse aufgenommene Welle, ein mit der Welle verbundenes Rotorbauteil und einen am Rotorbauteil befestigten Rotormagneten. Gemäß eines anderen Ausführungsbeispiels der Erfindung kann die Welle auch als feststehende Welle ausgebildet sein, wobei die Lagerbuchse drehbar auf der Welle gelagert ist.

[0011] Sowohl die Radiallager als auch das Axiallager weisen Lagerflächen auf, die durch einen mit einem Lagerfluid gefüllten Lagerspalt voneinander getrennt sind.

[0012] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind insbesondere zwei in einem axialen Abstand voneinander angeordnete Radiallager vorhanden, die durch einander zugeordnete Lagerflächen der Lagerbuchse und der Welle gebildet und durch Lagerrillenstrukturen gekennzeichnet sind. Das Axiallager ist vorzugsweise durch einander zugeordnete Lagerflächen der Lagerbuchse und des Rotorbauteils beziehungsweise eines ersten Lagerbauteils gebildet und durch entsprechende Lagerrillenstrukturen gekennzeichnet.

[0013] Vorzugsweise ist in der Lagerbuchse ein mit Lagerfluid gefüllter Rezirkulationskanal angeordnet, der voneinander entfernte Abschnitte des Lagerspalttes miteinander verbindet. Insbesondere verbindet der Rezirkulationskanal einen angrenzend an einen Stopperring angeordneten Bereich des Lagerspalttes mit dem im Bereich des Axiallagers verlaufenden Lagerspalt.

[0014] Eine Öffnung des Rezirkulationskanals mündet in den Bereich des Axiallagers, wobei in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung die Öffnung des Rezirkulationskanals durch die Lagerrillenstrukturen des Axiallagers nicht überdeckt wird. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Axiallager in seiner Fläche wesentlich kleiner als die Stirnfläche der Lagerbuchse, wobei die Lagerrillenstrukturen des Axiallagers ausschließlich radial innen liegend der Öffnung des Rezirkulationskanals angeordnet sind. Radial außerhalb des Axiallagers ist der Lagerspalt durch Dichtungsmittel, beispielsweise eine Kapillardichtung, abgedichtet.

[0015] An einem innerhalb der Lagerbuchse angeordneten Ende der Welle ist ein Stopperring als Sicherung gegen ein Herausfallen der Welle angeordnet. Der Stopperring kann gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung zusätzlich Dichtungsfunktionen erfüllen.

[0016] Der Spindelmotor ist vorzugsweise für Betriebsdrehzahlen von weniger als 4200 U/min vorgesehen. Insbesondere ist er zum Antrieb eines 2,5 Zoll Festplattenlaufwerkes vorgesehen. Das Festplattenlaufwerk umfasst vorzugsweise höchstens zwei Spei-

cherplatten und eine Schreib- und Leseeinrichtung zum Schreiben und Lesen von Daten auf und von der Speicherplatte. Die Speicherplatte wird von dem Spindelmotor angetrieben.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die Zeichnungsfiguren näher erläutert. Dabei ergeben sich aus den Zeichnungen und deren Beschreibung weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] **Fig. 1**: zeigt einen Schnitt durch eine erste Ausgestaltung eines Spindelmotors gemäß der Erfindung

[0019] **Fig. 2**: zeigt eine Draufsicht auf die Stirnseite der Lagerbuchse und eine Lagerfläche des fluiddynamischen Axiallagers

[0020] **Fig. 3**: zeigt eine Draufsicht auf die Stirnseite der Lagerbuchse und eine Lagerfläche des fluiddynamischen Axiallagers gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung.

[0021] **Fig. 4**: zeigt einen Schnitt durch eine zweite Ausgestaltung eines Spindelmotors gemäß der Erfindung

Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung

[0022] **Fig. 1** zeigt einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Spindelmotor mit einem fluiddynamischen Lagersystem. Das Lagersystem umfasst eine feststehende Lagerbuchse **10**, die eine zentrale Bohrung aufweist. In die Bohrung der Lagerbuchse **10** ist eine Welle **12** eingesetzt, deren Durchmesser geringfügig kleiner ist, als der Durchmesser der Bohrung. Zwischen den Oberflächen der Lagerbuchse **10** und der Welle **12** verbleibt ein Lagerspalt **16**, der mit einem Lagerfluid, beispielsweise Lageröl, gefüllt ist. Es sind zwei fluiddynamische Radiallager **18**, **22** ausgebildet, mittels denen die Welle **12** um eine Rotationsachse **14** drehbar in der Bohrung der Lagerbuchse **10** gelagert ist. Die Radiallager sind durch Lagerrillenstrukturen **20**, **24** gekennzeichnet, die bei Drehung der Lagerbauteile eine Pumpwirkung auf das Lagerfluid erzeugen und die Radiallager tragfähig machen. Die Radiallager **18**, **22** sind durch einen Separator **34** voneinander getrennt. Im Bereich des Separators ist die Spaltbreite des Lagerspalttes vergrößert.

[0023] Ein freies Ende der Welle ist mit einem Rotorbauteil **26** verbunden. **Fig. 1** zeigt ein Lagersystem im sogenannten Top-Thrust Design, d. h. es ist ein einziges fluiddynamisches Axiallager **28** vorhanden, welches zwischen der oberen Stirnseite der Lagerbuchse **10** und einer unteren Fläche des Rotorbau-

teils **26** ausgebildet ist. Eine der Lagerflächen des Axiallagers **28**, vorzugsweise die Oberfläche der Lagerbuchse **10**, ist mit Lagerrillenstrukturen **30** ([Fig. 2](#)) versehen, die bei Rotation der Welle **12** eine Pumpwirkung auf das zwischen dem Rotorbauteil **26** und Stirnseite der Lagerbuchse **10** befindliche Lagerfluid ausüben, so dass das Axiallager **28** tragfähig wird. Der Lagerspalt **16** erstreckt sich axial entlang der Welle **10** und den Radiallagern **18**, **22** und dann weiter radial entlang der Stirnseite der Lagerbuchse **10** und des Axiallagers **28**.

[0024] Das Lager ist am unteren Wellenende durch eine Abdeckplatte **42** verschlossen, die in der Aussparung in der Lagerbuchse **10** dem unteren Ende der Welle gegenüber liegend angeordnet ist. An der Unterseite der Welle **12** ist ein einteilig mit der Welle oder ein separat ausgebildeter Stopperring **38** angeordnet, der einen vergrößerten Außendurchmesser im Vergleich zum Durchmesser der Welle aufweist. Der Stopperring **38** verhindert ein Herausfallen der Welle **12** aus der Lagerbuchse **10**. Zwischen einem Spalt **36** am äußeren Rand des Axiallagers **28** und dem Spaltbereich angrenzend an den Außendurchmesser des Stopperrings **38** ist ein Rezirkulationskanal **32** vorgesehen. Der Rezirkulationskanal **32** verbindet voneinander entfernte Bereiche des Lagerspalts **16** miteinander. Der Rezirkulationskanal **32** verläuft von einem an den Stopperring **38** angrenzenden Bereich des Lagerspalts **16** bis zu einem im Bereich des Axiallagers **28** liegenden Abschnitt des Lagerspalts. Durch die Lagerrillenstrukturen der Axial- und Radiallager wird eine überwiegend in Richtung des Stopperrings **38** gerichtete Pumpwirkung auf das Lagerfluid ausgeübt. Das Lagerfluid zirkuliert im Lagerspalt **16** ausgehend vom Axiallager **28** über die Radiallager **18** und **22** nach unten und gelangt von dort über den Rezirkulationskanal **32** wieder an die Außenseite des Axiallagers **28**, wo es durch die radial nach innen gerichtete Pumpwirkung des Axiallagers **28** wieder in Richtung der Radiallager **18**, **22** gepumpt wird.

[0025] Am Außendurchmesser des Axiallagers **28** geht der Lagerspalt **16** in einen Dichtungsspalt über, der sich nun über den Außenumfang der Lagerbuchse **10** fort setzt und sich konisch nach außen in Form einer konischen Kapillardichtung **40** erweitert.

[0026] Die Lagerbuchse **10** ist in einer Basisplatte **46** gehalten, welche auch eine ringförmige Statoranordnung **48** trägt. Die Statoranordnung **48** ist umgeben von einem Rotormagneten **50**, welcher am Rotorbauteil **26** befestigt ist. Der Rotormagnet **50** ist um einen Betrag d axial versetzt zur Statoranordnung **48** am Rotorbauteil **26** befestigt. Dadurch ist die magnetische Mitte des Rotormagneten **50** etwas oberhalb der Mitte des Statorkerns angeordnet, wodurch sich eine nach unten zur Basisplatte **46** hin gerichtete magnetische Kraft F_M ergibt, welche der durch das Axial-

lager **28** erzeugten Kraft entgegenwirkt.

[0027] Neben der magnetischen Kraft F_M wirkt die Gewichtskraft F_L auf den Rotor. Abhängig von der Lage des Spindelmotors im Raum ändert diese entsprechend ihre Richtung. Eine durch das hydrodynamische Axiallager wird eine hydraulische Kraft F_H erzeugt, die bei Umdrehung des Rotors entgegengesetzt zur Richtung der magnetischen Kraft F_M auf den Rotor wirkt und somit für ein Schweben des Rotors um einige Mikrometer oberhalb der Lagerbuchse sorgt. Dabei muss die hydraulische Kraft F_H stets größer sein als die Summe der Kräfte F_M und F_L , so dass gilt: $F_H \geq F_M + F_L$. Bei im Vergleich zum Stand der Technik verringerten Drehzahlen des Motors nimmt die hydraulische Kraft F_H betragsmäßig entsprechend ab. Daher kann die entgegengesetzt wirkende Kraft F_M ebenfalls entsprechend betragsmäßig kleiner ausgebildet sein.

[0028] [Fig. 2](#) zeigt eine Draufsicht auf die Stirnseite der Lagerbuchse **10**, die eine Lagerfläche des Axiallagers **28** ausbildet. Das Axiallager **28** ist durch spiralförmige Lagerstrukturen **30** gekennzeichnet, die sich ausgehend von der Lagerbohrung der Lagerbuchse radial nach außen erstrecken. Da bei Spindelmotoren mit höchstens zwei Speicherplatten die axialen Lasten vergleichsweise gering sind, somit die Gewichtskraft F_L geringer ist und die benötigte hydraulische Axialkraft F_H nicht so groß ist, kann die Fläche des Axiallagers **28** im Vergleich zur gesamten Stirnfläche der Lagerbuchse **10** relativ klein gehalten werden. Außerhalb der Lagerrillenstrukturen **30** des Axiallagers **28** weist die Lagerbuchse **10** eine Stufe auf und geht über in eine Fläche **36a**, die zusammen mit dem gegenüber liegenden Rotorbauteil **26** einen Spalt **36** mit vergrößerter Spaltbreite bildet. Dieser Spalt **36** geht über in den Dichtungsspalt **40** ([Fig. 1](#)). Bei einem Spindelmotor zum Antrieb von 2,5 Zoll Festplattenlaufwerken beträgt der Durchmesser der Lagerbohrung bzw. der Durchmesser der Welle etwa 2,5 Millimeter. Der Außen-Durchmesser der auf der Lagerbuchse bzw. dem Rotorbauteil **26** angeordneten Lagerfläche des Axiallagers **28** beträgt weniger als 4,9 Millimeter. Der Gesamtdurchmesser der Lagerbuchse beträgt dagegen etwa 6,43 Millimeter.

[0029] Der Rezirkulationskanal **32** mündet vorzugsweise radial außerhalb des Axiallagers **28** in den Bereich der Fläche **36a**, also in den Spalt **36**.

[0030] [Fig. 3](#) zeigt eine Draufsicht auf die Lagerbuchse **10** gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung. Hierbei erstrecken sich die Lagerrillenstrukturen **28** des Axiallagers **30** ausgehend von der Lagerbohrung bis an den äußeren Rand der Lagerbuchse. Der Rezirkulationskanal mündet innerhalb der Lagerrillenstrukturen **28** des Axiallagers **30**.

[0031] Die [Fig. 4](#) zeigt eine zweite Ausgestaltung ei-

nes Spindelmotors mit feststehender Welle gemäß der Erfindung. Der Spindelmotor umfasst eine Basisplatte **146**, die eine im Wesentlichen zentrale zylindrische Öffnung aufweist, in welcher ein erstes Lagerbauteil **113** aufgenommen ist. Das erste Lagerbauteil **113** ist etwa topfförmig ausgebildet und umfasst eine zentrale Öffnung, in welcher eine Welle **112** befestigt ist. An dem freien Ende der feststehenden Welle **112** ist ein zweites Lagerbauteil **138** angeordnet, das vorzugsweise ringförmig und einteilig mit der Welle **112** ausgebildet ist und unter anderem als Stopperring dient. Die genannten Bauteile **146**, **112**, **113** und **138** bilden die feststehende Komponente des Spindelmotors. Das Lager umfasst eine Lagerbuchse **110**, die in einem durch die Welle **112** und die beiden Lagerbauteile **113**, **138** gebildeten Zwischenraum relativ zu diesen Bauteilen drehbar angeordnet ist. Das obere Lagerbauteil **138** ist in einer ringförmigen Aussparung der Lagerbuchse **110** angeordnet. Aneinander angrenzende Flächen der Welle **112**, der Lagerbuchse **110** und der Lagerbauteile **113**, **138** sind durch einen beidseitig offenen Lagerspalt **116** voneinander getrennt, der mit einem Lagerfluid, beispielsweise einem Lageröl, gefüllt ist. Das elektromagnetische Antriebssystem des Spindelmotors wird in bekannter Weise gebildet durch eine an der Basisplatte **146** angeordnete Statoranordnung **148** und einem die Statoranordnung in einem Abstand umgebenden, ringförmigen Rotormagneten **150**, der an einer inneren Umfangsfläche eines Rotorbauteils **126** angeordnet ist. Das Rotorbauteil **126** ist an der Lagerbuchse **110** befestigt. Prinzipiell ist es auch möglich, das Rotorbauteil **126** und die Lagerbuchse **110** einteilig auszubilden.

[0032] Die Lagerbuchse **110** hat eine zylindrische Bohrung an deren Innenumfang zwei zylindrische Radial-Lagerflächen ausgebildet sind, welche durch eine dazwischen umlaufende Separator-Nut **134** getrennt sind. Diese Lagerflächen umschließen die stehende Welle **112** in einem Abstand von wenigen Mikrometern unter Bildung eines axial verlaufenden Abschnitts des Lagerspalts **116** und sind mit geeigneten Lagerrillenstrukturen **120**, **124** versehen, so dass sie mit den jeweils gegenüberliegenden Lagerflächen der Welle **112** zwei fluiddynamische Radiallager **118** und **122** ausbilden.

[0033] An das untere Radiallager **122** schließt sich ein radial verlaufender Abschnitt des Lagerspalts **116** an, der durch radial verlaufende Lagerflächen der Lagerbuchse **110** und entsprechend gegenüber liegende Lagerflächen des ersten Lagerbauteiles **113** gebildet wird. Diese Lagerflächen bilden ein fluiddynamisches Axiallager **128** in Form eines zur Rotationsachse **114** senkrechten Kreisringes (vgl. [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)). Das fluiddynamische Axiallager **128** ist in bekannter Weise durch beispielsweise spiralförmige Lagerrillenstrukturen **130** gekennzeichnet, die entweder auf der Stirnseite der Lagerbuchse **110**, dem ersten

Lagerbauteil **113** oder beiden Teilen angebracht werden können.

[0034] Der Rotormagnet **150** ist um einen Betrag d axial versetzt zur Statoranordnung **148** am Rotorbauteil **126** befestigt. Dadurch ist die magnetische Mitte des Rotormagneten **150** etwas oberhalb der Mitte des Statorkerns angeordnet, wodurch sich eine nach unten zur Basisplatte **146** hin gerichtete magnetische Kraft F_M ergibt, welche in der dargestellten Lage im Raum zusammen mit der Gewichtskraft F_L des Rotors der durch das Axiallager **128** erzeugten hydraulischen Kraft F_H entgegenwirkt.

[0035] An den radialen Abschnitt des Lagerspalts **116** im Bereich des Axiallagers **128** schließt sich eine anteilig mit Lagerfluid gefüllte Kapillardichtung **140** an, die durch einander gegenüberliegende Flächen der Lagerbuchse **110** und des ersten Lagerbauteils **113** gebildet wird und das Ende des Fluidlagersystems an dieser Seite abdichtet. Neben der Funktion als kapillare Dichtung dient der Dichtungsspalt **140** als Fluidreservoir und stellt die für die Lebensdauer des Lagersystems benötigte Fluidmenge bereit.

[0036] An der anderen Seite des Fluidlagersystems ist die Lagerbuchse **110** im Anschluss an das obere Radiallager **118** so gestaltet, dass es eine radiale verlaufende Fläche ausbildet, die mit einer entsprechend gegenüberliegenden Fläche des zweiten Lagerbauteils **138** einen radialen Spalt bildet. An den radialen Spalt schließt sich ein axial verlaufender Dichtungsspalt **141** an, der das Fluidlagersystem an diesem Ende abschließt. Der Dichtungsspalt **141** umfasst vorzugsweise eine Pumpdichtung und weitet sich am äußeren Ende mit vorzugsweise konischem Querschnitt auf. Der Dichtungsspalt **141** wird durch einander gegenüberliegende Oberflächen der Lagerbuchse **110** und des Lagerbauteils **138** begrenzt und kann von einer ringförmigen Abdeckung **142** abgedeckt sein. Die Abdeckung **142** ist an einer Stufe der Lagerbuchse **110** befestigt.

[0037] Um eine kontinuierliche Durchspülung des Lagersystems mit Lagerfluid sicherzustellen, ist in bekannter Weise ein Rezirkulationskanal **132** vorgesehen. Der Rezirkulationskanal **132** ist erfindungsgemäß als axial oder leicht schräg verlaufender Kanal in der Lagerbuchse **110** ausgebildet, der vorzugsweise in einem spitzen Winkel in Bezug auf die Rotationsachse **114** des Lagers angeordnet ist. Der Rezirkulationskanal **132** verbindet die beiden radialen Abschnitte des Lagerspalts **116** zwischen den Lagerbereichen und den Dichtungsbereichen direkt miteinander und endet vorzugsweise im radial äußeren Abschnitt des Axiallagers, in welchem der axiale Spalt **136** größer ist als der Teil des Radiallagerspaltes, der näher zur Welle benachbart angeordnet ist. Aufgrund der gerichteten Pumpwirkung der Lagerrillenstrukturen des Axiallagers **128** und der Radiallager **118**, **122**

ergibt sich im Lagerspalt **116** vorzugsweise eine Strömung des Lagerfluids in Richtung des oberen Dichtungsspalts **141**. Außerdem wird das Lagerfluid im Rezirkulationskanal **132** aufgrund der Wirkung der Fliehkraft im schrägen Kanal nach unten in Richtung des Axiallagers **128** gefördert, so dass sich ein stabiler Fluidkreislauf einstellt.

Bezugszeichenliste

| | |
|----------------------|---------------------------|
| 10, 110 | Lagerbuchse |
| 12, 112 | Welle |
| 113 | Lagerbauteil |
| 14, 114 | Rotationsachse |
| 16, 116 | Lagerspalt |
| 18, 118 | Radiallager |
| 20, 120 | Lagerrillenstrukturen |
| 22, 122 | Radiallager |
| 24, 124 | Lagerrillenstrukturen |
| 26, 126 | Rotorbauteil |
| 28, 128 | Axiallager |
| 30, 130 | Lagerrillenstrukturen |
| 32, 132 | Rezirkulationskanal |
| 34, 134 | Separator |
| 36, 136 | Spalt |
| 36a | Fläche |
| 38, 138 | Stopperring, Lagerbauteil |
| 40, 140 | Kapillardichtung |
| 141 | Dichtungsspalt |
| 42, 142 | Abdeckplatte, Abdeckung |
| 44 | Speicherplatte |
| 46, 146 | Basisplatte |
| 48, 148 | Statoranordnung |
| 50, 150 | Rotormagnet |
| d | axialer Versatz |
| F_M | magnetische Kraft |
| F_L | Gewichtskraft |
| F_H | hydraulische Kraft |

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007039231 A1 [\[0002\]](#)

Patentansprüche

1. Spindelmotor mit mindestens einem feststehenden Motorbauteil und mindestens einem mittels eines fluiddynamischen Lagersystems um eine Rotationsachse (**14**; **114**) drehbaren gelagerten Motorbauteil, wobei das Lagersystem mindestens ein fluiddynamisches Radiallager (**18**, **22**; **118**, **122**) und ein einziges fluiddynamisches Axiallager (**28**; **128**) aufweist, wodurch im Betrieb des Motors eine axiale hydraulische Kraft F_H generiert wird und wobei Mittel zur Erzeugung einer magnetischen Kraftkomponente F_M für das Axiallager (**28**; **128**) vorhanden sind, und das drehbar gelagerte Motorbauteil durch ein elektromagnetisches Antriebssystem angetrieben wird, wobei die Kräfte F_H und F_M entgegengesetzt gerichtet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel zur Erzeugung einer magnetischen Vorspannung für das Axiallager (**28**; **128**) ausschließlich aus Bauteilen des elektromagnetischen Antriebssystems bestehen.

2. Spindelmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das elektromagnetische Antriebssystem eine Statoranordnung (**48**; **148**) und einen Rotormagneten (**50**; **150**) umfasst, wobei die magnetische Mitte des Rotormagneten (**50**; **150**) um einen Betrag d in Bezug auf die magnetische Mitte der Statoranordnung versetzt ist, wodurch die axiale magnetische Kraft F_M erzeugt wird.

3. Spindelmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das feststehende Motorbauteil eine Basisplatte (**46**; **146**), eine in der Basisplatte befestigte Lagerbuchse (**10**) und die Statoranordnung (**48**) des elektromagnetischen Antriebssystems umfasst.

4. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das drehbar gelagerte Motorbauteil eine in einer Lagerbohrung der Lagerbuchse (**10**) aufgenommene Welle (**12**), ein mit der Welle verbundenes Rotorbauteil (**26**) und den am Rotorbauteil befestigten Rotormagneten (**50**) aufweist.

5. Spindelmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das feststehende Motorbauteil eine Basisplatte (**46**; **146**), ein in der Basisplatte befestigtes erstes Lagerbauteil (**113**), eine feststehende Welle (**112**), ein zweites Lagerbauteil (**138**) und die Statoranordnung (**148**) des elektromagnetischen Antriebssystems umfasst.

6. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das drehbar gelagerte Motorbauteil eine um die Welle (**112**) drehbar angeordnete Lagerbuchse (**110**), ein mit der Welle verbundenes Rotorbauteil (**126**) und den am Rotorbauteil befestigten Rotormagneten (**150**) aufweist.

7. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Radiallager (**18**, **22**; **118**, **122**) und das Axiallager (**28**; **128**) Lagerflächen aufweisen, die durch einen mit einem Lagerfluid gefüllten Lagerspalt (**16**; **116**) voneinander getrennt sind.

8. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass es zwei in einem axialen Abstand voneinander angeordnete Radiallager (**18**, **22**; **118**, **122**) aufweist, die durch einander zugeordnete Lagerflächen der Lagerbuchse (**10**; **110**) und der Welle (**12**; **112**) gebildet und durch Lagerrillenstrukturen (**20**, **24**; **120**, **124**) gekennzeichnet sind.

9. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Axiallager (**28**) durch einander zugeordnete Lagerflächen der Lagerbuchse (**10**) und des Rotorbauteils (**26**) gebildet und durch Lagerrillenstrukturen (**30**) gekennzeichnet ist.

10. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Axiallager (**128**) durch einander zugeordnete Lagerflächen der Lagerbuchse (**110**) und des ersten Lagerbauteils (**113**) gebildet und durch Lagerrillenstrukturen (**130**) gekennzeichnet ist.

11. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass in der Lagerbuchse (**10**; **110**) ein mit Lagerfluid gefüllter Rezirkulationskanal (**32**; **132**) angeordnet ist, der voneinander entfernte Abschnitte des Lagerspalts (**16**; **116**) miteinander verbindet.

12. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Öffnung des Rezirkulationskanals (**32**; **132**) im Bereich des Axiallagers (**28**; **128**) in den Lagerspalt (**16**; **116**) mündet, wobei diese Öffnung des Rezirkulationskanals (**32**; **132**) durch Lagerrillenstrukturen (**30**; **130**) des Axiallagers (**128**) nicht überdeckt wird.

13. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagerrillenstrukturen (**30**; **130**) des Axiallagers (**28**; **128**) ausschließlich radial innerhalb der Öffnung des Rezirkulationskanals (**32**; **132**) angeordnet sind.

14. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein offenes Ende des Lagerspalts (**16**; **116**) durch Dichtungsmittel (**40**; **140**; **141**) abgedichtet sind.

15. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass an einem innerhalb der Lagerbuchse (**10**; **110**) angeordneten Ende der Welle (**12**; **112**) ein

Stopperring (**38**; **138**) angeordnet ist.

16. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass dessen Betriebsdrehzahl kleiner als 4200 U/Min. ist.

17. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass er in ein 2,5 Zoll Festplattenlaufwerken eingebaut ist.

18. Spindelmotor nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass für hydraulische Kraft F_H und für die magnetische Kraft F_M die Ungleichung $F_H \geq F_M + F_L$ gilt, wobei F_L die Gewichtskraft des Rotors bezeichnet.

19. Festplattenlaufwerk mit einem Formfaktor von 2,5 Zoll und einem Spindelmotor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18 zum Antrieb von höchstens zwei Speicherplatten (**44**), und einer Schreib- und Leseeinrichtung zum Schreiben und Lesen von Daten auf und von der Speicherplatte.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

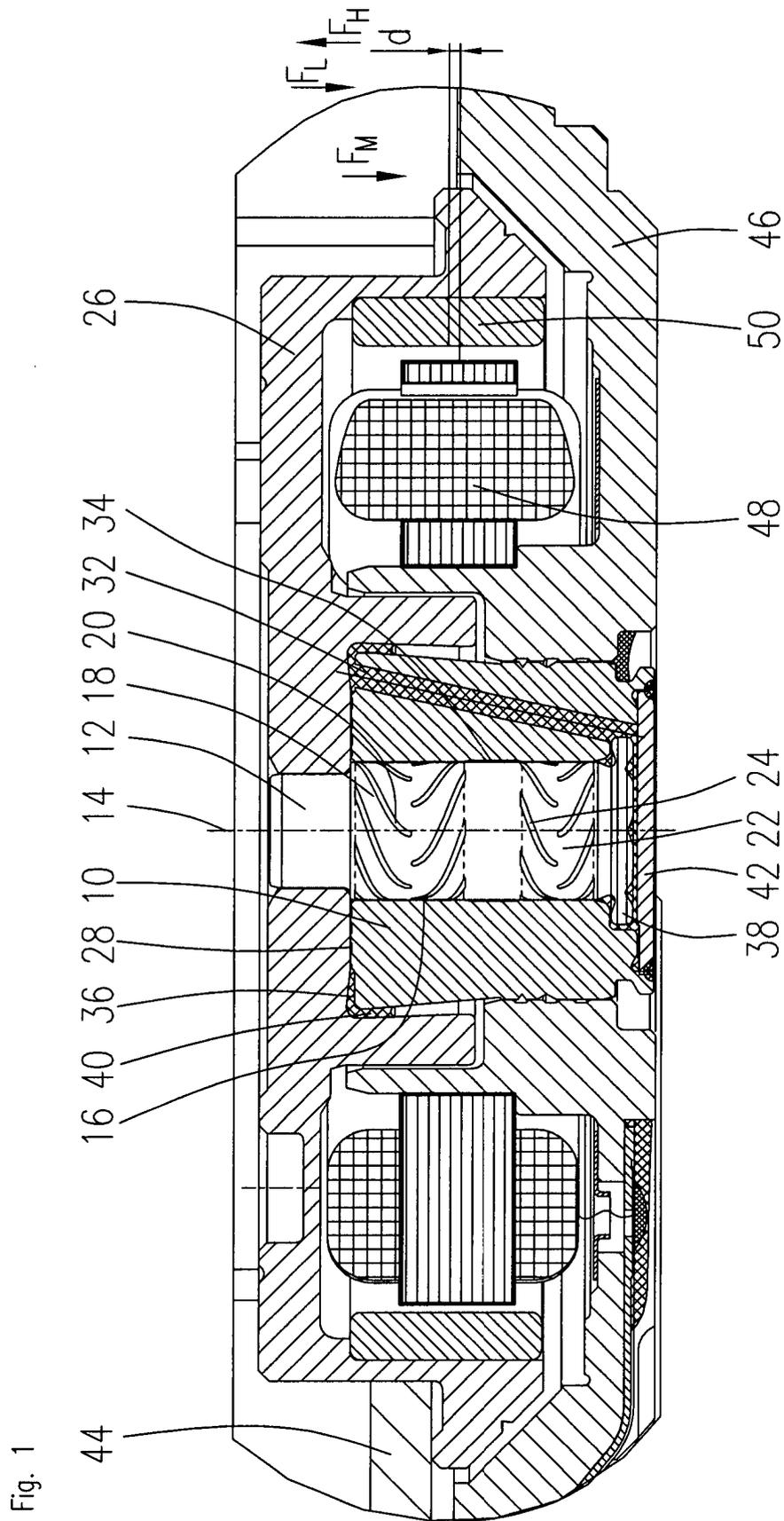


Fig. 2

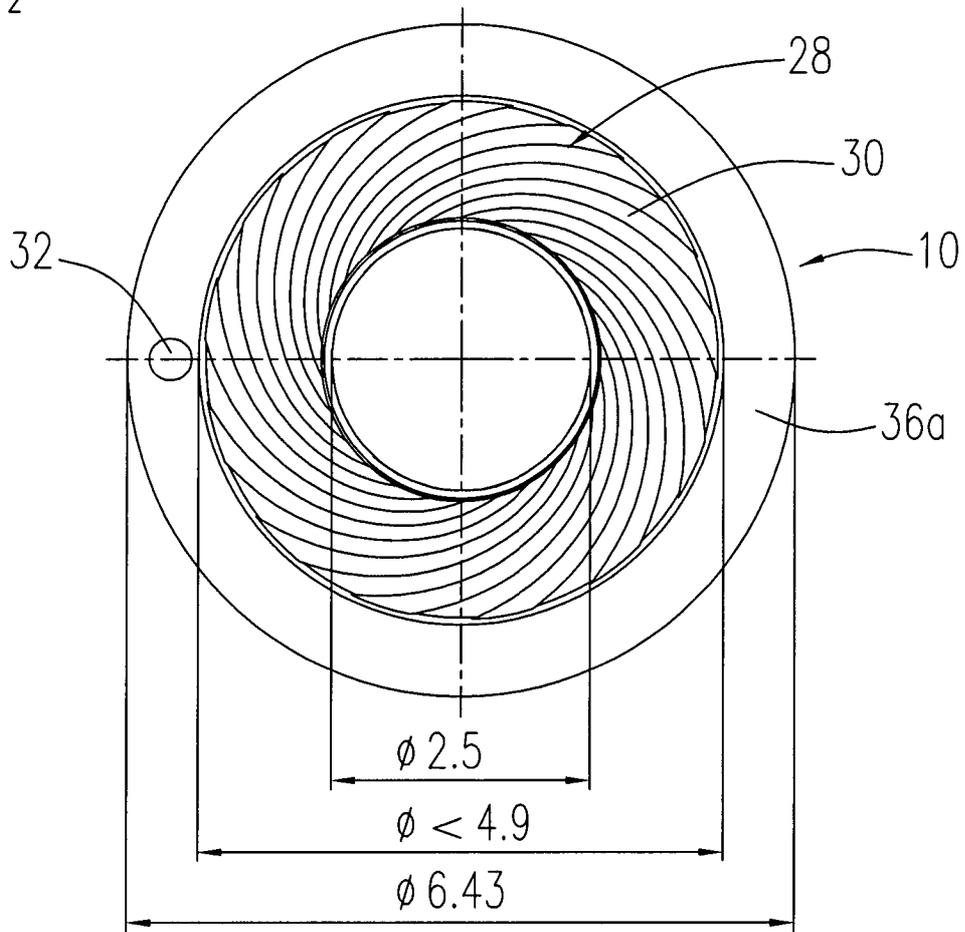


Fig. 3

