(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 064 815 B3** 2020.09.10

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 064 815.9**
(22) Anmeldetag: **21.10.2008**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **10.09.2020**

(51) Int Cl.: ***H02K 5/167*** (2006.01)
***F16C 17/10*** (2006.01)
***G11B 19/20*** (2006.01)

Innerhalb von neun 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).

(66) Innere Priorität:
**10 2007 058 150.7** **30.11.2007**
**10 2008 048 079.7** **19.09.2008**

(62) Teilung aus:
**10 2008 052 469.7**

(73) Patentinhaber:
**MINEBEA MITSUMI Inc., Nagano, JP**

(74) Vertreter:
**Riebling, Peter, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 88131 Lindau, DE**

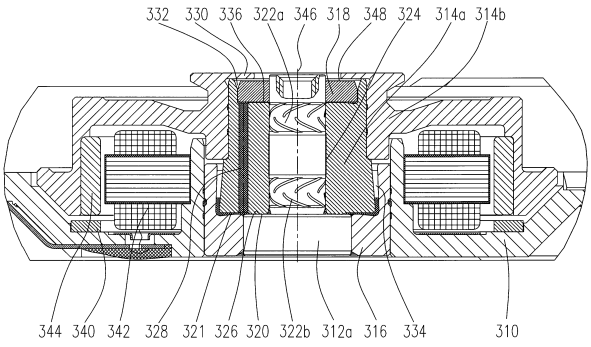
(72) Erfinder:
**Bauer, Martin, Dr., 78052 Villingen-Schwenningen, DE; Winterhalter, Olaf, 78736 Epfendorf, DE; Wildpreth, Matthias, 78050 Villingen-Schwenningen, DE; Engesser, Martin, 78166 Donaueschingen, DE; Fleig, Jürgen, 78112 St. Georgen, DE; Fuss, Thomas, Dr., 78628 Rottweil, DE; Schwamberger, Stefan, 02999 Lohsa, DE; Schmid, Guido, 78098 Triberg, DE; Popov, Vladimir V., Dr., 78052 Villingen-Schwenningen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|---|---|---|
| **US** | **6 900 567** | **B2** |
| **US** | **6 991 376** | **B2** |
| **US** | **7 234 868** | **B2** |
| **US** | **2005 / 0 207 060** | **A1** |
| **US** | **2007 / 0 133 911** | **A1** |

(54) Bezeichnung: **Spindelmotor mit fluiddynamischem Lagersystem und feststehender Welle**

(57) Hauptanspruch: Spindelmotor mit fluiddynamischem Lagersystem, welcher umfasst:
eine feststehende Welle (312), die direkt oder indirekt in einer Grundplatte (310) gehalten ist,
ein relativ zur Welle um eine Drehachse (346) drehbar gelagertes Rotorbauteil (314a, b),
einen beidseitig offenen Lagerspalt (320) gefüllt mit einem Lagerfluid, der aneinander angrenzende Flächen der Welle (312), des Rotorbauteils (314a, b) und mindestens eines ersten Lagerbauteils (316) voneinander trennt,
ein erstes fluiddynamisches Radiallager (322a) und ein zweites fluiddynamisches Radiallager (322b), ausgebildet zwischen einander gegenüber liegenden axial verlaufenden Lagerflächen der Welle (312) und des Rotorbauteils (314a, b),
ein fluiddynamisches Axiallager (326),
einen mit Lagerfluid gefüllten Rezirkulationskanal (328), der voneinander entfernte Bereiche des Lagerspalts (320) miteinander verbindet, und ein elektromagnetisches Antriebssystem (342, 344) zum Antrieb des Rotorbauteils (314a, b), wobei die Welle (312) ein verbreitertes unteres Wellenende (312a) mit großem Durchmesser aufweist, welches in das erste Lagerbauteil (316) eingesetzt ist, und das verbreiterte Wellenende (312a) mit seinem gesamten Außenumfang am Innenumfang des ersten Lagerbauteils (316) anliegt und das Lagersystem nach unten abschließt, wobei unterhalb des verbreiterten Wellenendes (312a) kein Lagerfluid angeordnet ist.



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Spindelmotor mit einem fluiddynamischen Lagersystem und feststehender Welle.

### Stand der Technik

**[0002]** Spindelmotoren mit fluiddynamischem Lagersystem werden beispielsweise zum Antrieb von Festplattenlaufwerken eingesetzt und können generell in zwei unterschiedliche Gruppen, sprich Bauformen, eingeteilt werden: Motoren mit drehender Welle und üblicherweise nur einseitig geöffnetem Lagersystem (z. B. single plate design) und Motoren mit stehender Welle. Ein entscheidender Vorteil von Spindelmotoren mit stehender Welle ist die Möglichkeit, die Welle an beiden Enden mit der Grundplatte bzw. dem Motorgehäuse zu befestigen. Dadurch erhalten solche Motor eine wesentlich größere strukturelle Steifigkeit, wodurch sie besonders geeignet sind z. B. für Festplattenlaufwerke mit erhöhten oder besonderen Anforderungen, wie sie heute unter anderem bei vielen mobilen Anwendungen mit stetig wachsender Datendichte und gleichzeitig während des normalen Betriebs bestehenden Vibrationen auftreten. Ein weiterer wichtiger Anwendungsbereich sind Festplattenlaufwerke mit besonders niedrig gefordertem Betriebsgeräusch, wobei insbesondere die Übertragung und Abstrahlung von durch elektromagnetische Kräfte des Motors erzeugten Schwingungen durch eine höhere Struktursteifigkeit verringert werden können.

**[0003]** Der Aufbau und insbesondere die Abdichtung eines Spindelmotors mit stehender Welle und einem beidseitig geöffneten fluiddynamischen Lagersystem zur Vermeidung des Austritts von Lagerfluid aus dem Lager sind meist aufwändiger als bei einem Spindelmotor mit drehender Welle. Bei einem beidseitig offenen Lagerspalt ist ferner die Gefahr größer, dass Luft in den Lagerspalt eindringt und die Funktion des Lagersystems stört. Daher müssen Maßnahmen getroffen werden, um ein Eindringen von Luft in den Lagerspalt zu verhindern und/oder die Luft aus dem Lagerspalt bzw. aus dem Lagerfluid herauszubefördern.

**[0004]** Die US 6 991 376 B2 beschreibt den nächstliegenden Stand der Technik und offenbart einen Spindelmotor mit fluiddynamischem Lagersystem mit einer feststehenden Welle, einem relativ zur Welle um eine Drehachse drehbar gelagerten Rotorbauteil und einem beidseitig offenen Lagerspalt gefüllt mit einem Lagerfluid, der aneinander angrenzende Flächen der Welle, des Rotorbauteils und mindestens eines ersten Lagerbauteils voneinander trennt. Ein erstes fluiddynamisches Radiallager und ein zweites fluiddynamisches Radiallager sind zwischen einander gegenüber liegenden axial verlaufenden Lagerflächen der Welle und des Rotorbauteils ausgebildet, und es ist ein fluiddynamisches Axiallager vorhanden. Durch einen mit Lagerfluid gefüllten Rezirkulationskanal sind voneinander entfernte Bereiche des Lagerspalts miteinander verbunden. Zum Antrieb des Rotorbauteils dient ein elektromagnetisches Antriebssystem. Die Welle weist ein verbreitertes unteres Wellenende mit großem Durchmesser auf, welches in das erste Lagerbauteil eingesetzt ist und mit seinem Außenumfang am Innenumfang des ersten Lagerbauteils anliegt.

**[0005]** Die US 7 234 868 B2 und die US 2007 / 0133 911 A1 offenbaren Spindelmotoren mit fluiddynamischem Lagersystem, bei denen das Rotorbauteil aus mindestens zwei Teilen besteht und die einen Rezirkulationskanal aufweisen.

**[0006]** Die US 6 900 567 B2 und US 2005 / 0 207 060 A1 offenbaren Spindelmotoren mit verschiedenen Ausgestaltungen von Rezirkulationskanälen, die in einen Spalt mit einer Spaltbreite größer oder gleich der Spaltbreite des Lagerspalts münden.

### Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Spindelmotor mit hoher Steifigkeit anzugeben, der ein fluiddynamisches Lagersystem mit einer stehenden, an beiden Enden befestigten Welle enthält und nur aus wenigen, relativ einfach herzustellenden Bauteilen besteht. Ferner soll ein Entweichen von im Lagerspalt evtl. vorhandenen Luftbläschen unterstützt werden.

**[0008]** Diese Aufgabenstellung wird durch einen Spindelmotor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0009]** Bevorzugte Ausgestaltungen und weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0010]** Der erfindungsgemäße Spindelmotor umfasst eine feststehende Welle, die direkt oder indirekt durch ein zusätzliches Flanschbauteil in einer Grundplatte gehalten ist, ein relativ zur Welle um eine Drehachse drehbar gelagertes Rotorbauteil, einen beidseitig offenen Lagerspalt, der gefüllt ist mit einem Lagerfluid und der aneinander angrenzende Flächen der Welle, des Rotorbauteils und mindestens eines ersten Lagerbauteils voneinander trennt. Ein zweites Lagerbauteil ist als ringförmiges Teil separat an dem Ende der Welle befestigt. Ferner ist ein erstes Radiallager und ein zweites Radiallager vorgesehen, die ausgebildet sind zwischen einander gegenüber liegenden axial verlaufenden Lagerflächen der Welle und des Rotorbauteils, und ein Axiallager. Es ist ein mit Lagerfluid gefüllter Rezirkulationskanal vorgese-

hen, der voneinander entfernte Bereiche des Lagers miteinander verbindet, und ein elektromagnetisches Antriebssystem zum Antrieb des Rotorbauteils.

**[0011]** Die Welle weist ein verbreitertes unteres Wellenende mit großem Durchmesser auf, welches in das erste Lagerbauteil eingesetzt ist. Das verbreiterte Wellenende liegt mit seinem gesamten Außenumfang am Innenumfang des ersten Lagerbauteils an und schließt das Lagersystem nach unten ab, wobei unterhalb des verbreiterten Wellenendes kein Lagerfluid angeordnet ist.

**[0012]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Lagersystem nur wenige mechanische Bauteile, wobei drei Bauteile feststehende Bauteile sind und ein rotierendes, mechanisches Rotorbauteil bestehend aus zwei Bauteilen vorgesehen ist. Das mechanische Rotorbauteil kann auch einteilig in Form einer Nabe-Lagerbuchse-Anordnung vorgesehen sein. Aufgrund dieser geringen Anzahl von Teilen lässt sich das Lagersystem sehr einfach aufbauen und insbesondere die Teile relativ einfach und kostengünstig herstellen und toleranzarm maschinieren. Eine weitere Reduzierung der Anzahl der Teile ist möglich, indem eines der beiden feststehenden Lagerbauteile einteilig mit der Welle ausgebildet wird.

**[0013]** Zur Abdichtung des beidseitig offenen Lagerspaltes sind erfindungsgemäß verschiedene Dichtungskonzepte vorgesehen. Zum einen kann das Rotorbauteil Oberflächen aufweisen, die derart geformt sind, dass sie zusammen mit Oberflächen eines Lagerbauteils einen kapillaren Dichtungsspalt bilden. Der Dichtungsspalt kann zwischen einer inneren Umfangsfläche des Rotorbauteils und einer äußeren Umfangsfläche des jeweiligen Lagerbauteils gebildet sein. Es ist in umgekehrter Weise auch möglich, dass der Dichtungsspalt zwischen einer äußeren Umfangsfläche des Rotorbauteils und einer inneren Umfangsfläche des Lagerbauteils gebildet wird. Je nach Bauform und Platzverhältnissen im Lager kann der Dichtungsspalt vertikal und/oder horizontal zur Drehachse ausgerichtet werden. Bei Spindelmotoren für hohe Drehzahlen wird es bevorzugt, die Kapillardichtung vertikal anzuordnen, da so die auf das Lagerfluid wirkenden Zentrifugalkräfte einen geringeren Einfluss auf das Lagerfluid in der Kapillardichtung haben.

**[0014]** Idealerweise sind die die Kapillardichtungen begrenzenden Wandungen mit einer Schrägung versehen, so dass die Kapillardichtung sich in Richtung des Lagerspaltes verjüngt sowie dass die Mittellinie des Dichtungsspaltes in Richtung des Lagerspaltes verlaufend in radialer Richtung einen zunehmend größeren Abstand zur Drehachse aufweist, so dass der Fluiddruck im Lagerfluid aufgrund der Zentrifugalkraft, die in Richtung des Lagerspaltes wirkt, ansteigt.

**[0015]** Der Dichtungsspalt kann optional ergänzt werden durch eine dynamische Pumpdichtung, die zwischen einander gegenüber liegenden radial verlaufenden Flächen des Rotorbauteils und einem zweiten mit der Welle verbundenen Lagerbauteil angeordnet ist. Die die Dichtung bildenden Oberflächen des Rotorbauteils und des Lagerbauteils weisen entsprechende Pumpstrukturen auf, die bei Drehung des Lagers eine in das Lagerinnere gerichtete Pumpwirkung auf das Lagerfluid erzeugen und evtl. Gegendruck sämtlicher Lagerstrukturen kompensieren und somit verhindern, dass das Lageröl aus dem Lagerspalt austritt, obwohl die benachbarte Spalt- bzw. Kapillardichtung eine vergleichsweise kurze axiale Baulänge aufweist.

**[0016]** Alternativ oder zusätzlich kann zur Abdichtung des oberen Dichtungsspalts eine Pumpdichtung vorgesehen sein, die zwischen einem Außenumfang des zweiten Lagerbauteils und einen Innenumfang einer Aussparung in dem Rotorbauteil angeordnet ist.

**[0017]** Desweiteren kann anstelle einer oberen radial verlaufenden Pumpdichtung ein zweites Axiallager vorgesehen sein. Dieses wird gebildet durch eine Stirnseite des Rotorbauteils und eine gegenüberliegende Lagerfläche des zweiten Lagerbauteils. Das Axiallager ist durch Rillenstrukturen gekennzeichnet und bildet ein Gegenlager zum unteren Axiallager.

**[0018]** Damit das Lagerfluid im Fluidlager zirkulieren kann, umfasst das Rotorbauteil einen Rezirkulationskanal, der radial verlaufende Abschnitte des Lagerspalts bzw. der Dichtungsspalte miteinander verbindet. Vorzugsweise ist der Rezirkulationskanal derart angeordnet, dass er den zweiten Dichtungsspalt radial außerhalb des Axiallagers mit einem radial außerhalb der dynamischen Pumpdichtung liegenden Abschnitt des Lagerspalts verbindet. Im Mündungsbereich des Rezirkulationskanals verbreitert sich der Lagerspalt zu einem Spalt, der dann radial auswärts in den unteren Dichtungsspalt übergeht und eine größere Spaltbreite als der Lagerspalt hat, um dem Lagerfluid zu ermöglichen, ungehindert aus dem Rezirkulationskanal ausfließen zu können. Vorzugsweise ist die Spaltbreite des Spaltes größer oder gleich der Breite des Axiallagerspaltes im Betrieb plus der Tiefe der Axiallagerstrukturen.

**[0019]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann der Rezirkulationskanal leicht schräg zur Rotationsachse angeordnet sein. Durch die schräge Anordnung wirkt auf das im Rezirkulationskanal befindliche Lagerfluid eine Zentrifugalkraft, sobald sich das Rotorbauteil dreht. Diese Zentrifugalkraft pumpt das Lagerfluid erfindungsgemäß in dieselbe Richtung wie die Pumpkraft, die durch die Gesamt-Pumpwirkung des Axiallagers und der beiden Radiallager auf das Lagerfluid ausgeübt wird. Die Pumpwirkung der Zentrifugalkraft im Rezirkulations-

kanal ist in Richtung des Axiallagers gerichtet und vorzugsweise mindestens zwei Mal so groß wie die durch das Axiallager und die beiden Radiallager in dieselbe Richtung auf das Lagerfluid ausgeübte Gesamtkraft.

**[0020]** In einer Ausgestaltung der Erfindung sind die Oberflächen des Rotorbauteils und des Lagerbauteils, welche die Kapillardichtung bilden, vorzugsweise parallel zur Drehachse oder in einem spitzen Winkel schräg zur Drehachse geneigt. Die jeweiligen Winkel der den Kapillarspalt begrenzenden Oberflächen müssen dabei verschieden groß sein, damit sich eine im Querschnitt konische Erweiterung der Kapillardichtung ergibt.

**[0021]** Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, die kapillare Dichtung durch eine mit dem Rotorbauteil verbundene ringförmige Abdeckung abzudecken, die zusammen mit einem Lagerbauteil eine Labyrinthdichtung ausbildet. Dies erhöht die Sicherheit gegen ein Austreten von Lagerfluid aus der kapillaren Dichtung. Die ringförmige Abdeckung kann natürlich auch an dem Lagerbauteil angeordnet sein.

**[0022]** An der Grundplatte ist eine Statoranordnung angeordnet, welche einem Permanentmagneten gegenüber liegt. Falls der Spindelmotor nur ein fluiddynamisches Axiallager aufweist, das eine Kraft in Richtung des zweiten Lagerbauteils erzeugt, muss eine entsprechende Gegenkraft oder Vorspannkraft vorgesehen werden, die das Lagersystem axial im Gleichgewicht hält. Hierzu ist an der Grundplatte ein ferromagnetischer Ring angeordnet, der dem Rotormagneten axial gegenüber liegt und von diesem magnetisch angezogen wird. Diese magnetische Anziehungskraft wirkt entgegengesetzt zu der Kraft des Axiallagers und hält das Lager im axialen Gleichgewicht.

**[0023]** Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Aus den nachfolgenden Erläuterungen ergeben sich weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung.

## Figurenliste

**Fig. 1** zeigt einen Schnitt durch eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Spindelmotors.

## Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung

**[0024]** **Fig. 1** zeigt einen erfindungsgemäßen Spindelmotor mit einer Grundplatte **310**, in welcher ein erstes Lagerbauteil **316** aufgenommen ist. Das erste Lagerbauteil **316** umfasst eine zentrale Öffnung, in welcher eine Welle **312** befestigt ist. Die Welle **312** weist ein stark verbreitertes unteres Wellenende **312a** mit großem Durchmesser auf, welches in das untere Lagerbauteil **316** eingesetzt ist. Der verbreiterte Fuß **312a** der Welle sorgt für eine größere Steifigkeit. An einem oberen Ende der feststehenden Welle **312** ist ein zweites Lagerbauteil **318** angeordnet, das als ringförmiges Teil separat an dem Ende der Welle **312** befestigt ist. Der Spindelmotor umfasst ein mehrteiliges Rotorbauteil **314**, das ein inneres Rotorbauteil **314a** aufweist, das in einem durch die Welle **312** und die beiden Lagerbauteile **316**, **318** gebildeten Zwischenraum relativ zur Welle **312a** drehbar angeordnet ist. Das obere Lagerbauteil **318** ist in einer ringförmigen Aussparung des Rotorbauteils **314a** aufgenommen. Aneinander angrenzende Flächen der Welle **312**, des Rotorbauteils **314a** und der Lagerbauteile **316**, **318** sind durch einen beidseitig offenen Lagerspalt **320** voneinander getrennt, der mit einem Lagerfluid, beispielsweise einem Lageröl gefüllt ist.

**[0025]** Das innere Rotorbauteil **314a** hat eine hohlzylindrische Bohrung, an deren Innenumfang zwei zylindrische Lagerflächen ausgebildet sind, welche durch eine dazwischen liegende umlaufende Nut **324** getrennt sind. Diese Lagerflächen umschließen die stehende Welle **312** in einem Abstand von wenigen Mikrometern und sind mit Rillenstrukturen versehen, so dass sie mit dem jeweils gegenüberliegenden Lagerflächen der Welle **312** zwei fluiddynamische Radiallager **322a** und **322b** ausbilden.

**[0026]** An den Lagerspalt **320** im Bereich des unteren Radiallagers **322b** schließt sich ein radial verlaufender Abschnitt des Lagerspalts **320** an, der radial verlaufende Lagerflächen des Rotorbauteils **314a** und entsprechend gegenüberliegende Lagerflächen des verbreiterten unteren Wellenendes **312a** voneinander trennt. Die Lagerflächen der vorgenannten Bauteile bilden ein fluiddynamisches Axiallager **326**, das in bekannter Weise durch spiralförmige Rillenstrukturen gekennzeichnet ist, die auf einer oder beiden Lagerflächen aufgebracht sind.

**[0027]** An den radialen Abschnitt des Lagerspalts **320** im Bereich des Axiallagers **326** schließt sich ein anteilig mit Lagerfluid gefüllter Dichtungsspalt **334** an, der durch einander gegenüberliegende Flächen des Rotorbauteils **314a** und des Lagerbauteils **316** gebildet wird und das untere Ende des Lagerspaltes **320** abdichtet. Der Dichtungsspalt **334** umfasst einen gegenüber dem Lagerspalt **320** verbreiterten, radial verlaufenden Abschnitt, der in einen sich konisch öffnenden, nahezu axial verlaufenden Abschnitt übergeht, der von einer äußeren Umfangsfläche des Rotorbauteils **314a** und einer inneren Umfangsfläche des Lagerbauteils **316** begrenzt wird. Der Dichtungsspalt **334** dient ferner als Fluidreservoir und zum Ausgleich von Fülltoleranzen, Verlust des Lagerfluids durch Evaporation und thermischer Ausdehnung des Lagerfluids.

**[0028]** Das Rotorbauteil **314a** auf der anderen Seite des Lagerspaltes **320** ist so gestaltet, dass es eine radial verlaufende Fläche ausbildet, die mit einer entsprechend gegenüberliegenden Fläche des zweiten Lagerbauteils **318** einen engen Spalt bildet, dessen Breite größer ist als die Breite des Lagerspaltes **320** im Bereich der Radiallager **322a**, **322b**. Im Bereich dieses Spalts ist eine dynamische Pumpdichtung **336** vorgesehen, die durch geeignete, spiralrillenförmige Pumpstrukturen auf den Flächen des Rotorbauteils **314a** und/oder des Lagerbauteils **318** gekennzeichnet ist und das Fluidlagersystem an diesem Ende des Lagerspaltes abdichtet. Jenseits der Pumpdichtung **336** ist ein Dichtungsspalt **332** mit konischem Querschnitt vorgesehen, der im Wesentlichen axial verläuft und durch Oberflächen des Rotorbauteils **314a** und des Lagerbauteils **318** begrenzt wird. Der Dichtungsspalt **332** ist von einer ringförmigen Abdeckung **330** abgedeckt, die als Teil eines äußeren Rotorbauteils **314b** ausgebildet ist. Die Abdeckung **330** bildet zusammen mit einer Stirnfläche des Lagerbauteils **318** eine Labyrinthdichtung **348** zur zusätzlichen Abdichtung des Dichtungsspaltes **332**.

**[0029]** Um eine kontinuierliche Durchspülung des Lagersystems mit Lagerfluid sicherzustellen, ist im Rotorbauteil **314a** ein Rezirkulationskanal **328**, beispielsweise als axiale Bohrung, angeordnet. Der Rezirkulationskanal **328** verbindet einen Abschnitt des Dichtungsspaltes **334** radial außerhalb des Axiallagers **326** mit einem radial verlaufenden Abschnitt des Lagerspaltes **320** radial außerhalb der dynamischen Pumpdichtung **336**. Im Mündungsbereich des Rezirkulationskanals **328** verbreitert sich der Lagerspalt **320** zu einem Spalt **321**, der dann radial auswärts in den Dichtungsspalt **334** übergeht. Der Spalt **321** hat eine größere Spaltbreite als der Lagerspalt **320**, um dem Lagerfluid zu ermöglichen, ungehindert aus dem Rezirkulationskanal **328** ausfließen zu können. Vorzugsweise ist die Spaltbreite des Spaltes **321** größer oder gleich der Breite des Axiallagerspaltes im Betrieb plus der Tiefe der Axiallagerstrukturen.

**[0030]** Das Rotorbauteil **314a** ist von dem äußeren, topfförmigen Rotorbauteil **314b** umgeben, welches an seinem Innenumfang einen ringförmigen Permanentmagneten **344** als Teil des elektromagnetischen Antriebssystems trägt. An der Grundplatte **310** ist eine Statoranordnung **342** angeordnet, welche den Permanentmagneten **344** gegenüber liegt. Da der Spindelmotor nur ein fluiddynamisches Axiallager **326** aufweist, das eine Kraft in Richtung des zweiten Lagerbauteils **318** erzeugt, muss eine entsprechende Gegenkraft oder Vorspannkraft vorgesehen werden, die das Lagersystem axial im Gleichgewicht hält. Hierzu ist an der Grundplatte **310** der ferromagnetische Ring **340** angeordnet, der dem Rotormagneten **344** axial gegenüber liegt und von diesem magnetisch angezogen wird. Diese magnetische Anziehungskraft wirkt entgegengesetzt zu der Kraft des Axiallagers **326** und hält das Lager im axialen Gleichgewicht.

**[0031]** Alternativ oder zusätzlich kann zur Abdichtung des oberen Dichtungsspalts eine Pumpdichtung vorgesehen sein, die zwischen einem Außenumfang des zweiten Lagerbauteils und einen Innenumfang einer Aussparung in dem Rotorbauteil angeordnet ist (nicht zeichnerisch dargestellt).

**[0032]** Ebenfalls nicht zeichnerisch dargestellt kann alternativ der Rezirkulationskanal leicht schräg zur Rotationsachse angeordnet sein. Durch die schräge Anordnung wirkt auf das im Rezirkulationskanal befindliche Lagerfluid eine Zentrifugalkraft, sobald sich das Rotorbauteil dreht.

**[0033]** Desweiteren kann anstelle einer oberen Pumpdichtung ein zweites Axiallager vorgesehen sein. Dieses wird gebildet durch eine Stirnseite des Rotorbauteils und eine gegenüberliegende Lagerfläche des zweiten Lagerbauteils. Das Axiallager ist durch Rillenstrukturen gekennzeichnet, und bildet ein Gegenlager zum unteren Axiallager. Die beiden Axiallager arbeiten gegeneinander und halten das Lager im axialen Gleichgewicht, so dass eine magnetische Vorspannung, nicht mehr notwendig ist.

Bezugszeichenliste

| | |
|---|---|
| **310** | Grundplatte |
| **312** | Welle |
| **312a** | verbreitertes Wellenende |
| **314, 314a, 314b** | Rotorbauteil |
| **316** | erstes Lagerbauteil |
| **318** | zweites Lagerbauteil |
| **320** | Lagerspalt |
| **321** | Spalt |
| **322a, 322b** | Radiallager |
| **324** | Nut |
| **326** | Axiallager |
| **328** | Rezirkulationskanal |
| **330** | Abdeckung |
| **332** | Dichtungsspalt |
| **334** | Dichtungsspalt |
| **336** | Pumpdichtung |
| **340** | ferromagnetischer Ring |
| **342** | Statoranordnung |

| | |
|---|---|
| **344** | Magnet |
| **346** | Drehachse |
| **348** | Labyrinthdichtung |

**Patentansprüche**

1. Spindelmotor mit fluiddynamischem Lagersystem, welcher umfasst:
eine feststehende Welle (312), die direkt oder indirekt in einer Grundplatte (310) gehalten ist,
ein relativ zur Welle um eine Drehachse (346) drehbar gelagertes Rotorbauteil (314a, b),
einen beidseitig offenen Lagerspalt (320) gefüllt mit einem Lagerfluid, der aneinander angrenzende Flächen der Welle (312), des Rotorbauteils (314a, b) und mindestens eines ersten Lagerbauteils (316) voneinander trennt,
ein erstes fluiddynamisches Radiallager (322a) und ein zweites fluiddynamisches Radiallager (322b), ausgebildet zwischen einander gegenüber liegenden axial verlaufenden Lagerflächen der Welle (312) und des Rotorbauteils (314a, b),
ein fluiddynamisches Axiallager (326),
einen mit Lagerfluid gefüllten Rezirkulationskanal (328), der voneinander entfernte Bereiche des Lagerspalts (320) miteinander verbindet, und ein elektromagnetisches Antriebssystem (342, 344) zum Antrieb des Rotorbauteils (314a, b), wobei die Welle (312) ein verbreitertes unteres Wellenende (312a) mit großem Durchmesser aufweist, welches in das erste Lagerbauteil (316) eingesetzt ist, und das verbreiterte Wellenende (312a) mit seinem gesamten Außenumfang am Innenumfang des ersten Lagerbauteils (316) anliegt und das Lagersystem nach unten abschließt, wobei unterhalb des verbreiterten Wellenendes (312a) kein Lagerfluid angeordnet ist.

2. Spindelmotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rotorbauteil (314a, b) aus einem inneren, hülsenförmigen Rotorbauteil (314a) und einem äußeren topfförmigen Rotorbauteil (314b) besteht.

3. Spindelmotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Stirnfläche des verbreiterten Wellenendes (312a) mit der gegenüberliegenden Stirnfläche des inneren Rotorbauteils (314a) das Axiallager (326) bildet.

4. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass er nur ein rotierendes, mechanisches Rotorbauteil (314a, b) in Form einer Nabe-Lagerbuchse-Anordnung enthält.

5. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem axialen Abstand zum ersten Lagerbauteil (316) ein zweites ringförmiges Lagerbauteil (318) separat an der Welle (12) angeordnet ist.

6. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rotorbauteil (314a, b) Oberflächen aufweist, die derart geformt sind, dass sie zusammen mit Oberflächen des zweiten Lagerbauteils (318) einen ersten Dichtungsspalt (332) einer kapillaren Spaltdichtung bilden.

7. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rotorbauteil (314a, b) Oberflächen aufweist, die derart geformt sind, dass sie zusammen mit Oberflächen des ersten Lagerbauteils (316) einen zweiten Dichtungsspalt (334) einer kapillaren Spaltdichtung bilden.

8. Spindelmotor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rezirkulationskanal (328) im Rotorbauteil (314a) angeordnet ist und den zweiten Dichtungsspalt (334) radial außerhalb des Axiallagers (326) mit einem radial außerhalb einer dynamischen Pumpdichtung (336) liegenden Abschnitt des Lagerspalts (320) verbindet.

9. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rezirkulationskanal schräg zur Drehachse (346) angeordnet ist, wodurch bei Rotation der Lagerbuche auf das im Rezirkulationskanal enthaltene Lagerfluid eine Zentrifugalkraft ausgeübt wird, die das Lagerfluid in Richtung auf das untere Axiallager (326) durch den Rezirkulationskanal befördert.

10. Spindelmotor nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zentrifugalkraft mindestens zwei Mal größer ist als die Kraft, die durch das Axiallager (326) und die Radiallager (322a, 322b) auf das Lagerfluid ausgeübt wird.

11. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rezirkulationskanal (328) in einen Spalt (321) radial außerhalb des Lagerspalts (320) des Axiallagers (326) mündet, wobei die Breite des Spalts (321) größer ist als die Breite des Lagerspalts (320).

12. Spindelmotor nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite des Spaltes (321) größer oder gleich der Breite des Lagerspaltes (320) des Axiallagers (326) plus der Tiefe der Lagerstrukturen des Axiallagers (326) ist.

13. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Dichtungsspalt (332) durch eine durch das Rotorbauteil (314b) gebildete ringförmige Abdeckung (330) abgedeckt ist, die zusammen mit dem zweiten Lagerbauteil (318) eine Labyrinthdichtung (348) ausbildet.

14. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Dichtungsspalt (332) zwischen einer inneren Umfangsflä-

che/Stirnfläche des Rotorbauteils (314a) und einer äußeren Umfangsfläche/Stirnfläche des zweiten Lagerbauteils (318) gebildet ist.

15. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 7 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Dichtungsspalt (334) zwischen einer äußeren Umfangsfläche des Rotorbauteils (314a;) und einer inneren Umfangsfläche des ersten Lagerbauteils (316) gebildet ist.

16. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die den ersten Dichtungsspalt (332) bildenden Oberflächen des Rotorbauteils (314) und des zweiten Lagerbauteils (318) parallel zur Drehachse (346) verlaufen oder in einem spitzen Winkel schräg zur Drehachse geneigt sind.

17. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 7 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die den zweiten Dichtungsspalt (334) bildenden Oberflächen des Rotorbauteils (314a) und des ersten Lagerbauteils (316) parallel zur Drehachse (346) verlaufen oder in einem spitzen Winkel schräg zur Drehachse geneigt sind.

18. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 5 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine dynamische Pumpdichtung (336), zwischen einander gegenüber liegenden radial verlaufenden Flächen des Rotorbauteils (314a) und dem zweiten mit der Welle (312) verbundenen Lagerbauteil (318) ausgebildet ist.

19. Spindelmotor nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dynamische Pumpdichtung (336) zwischen einer radial verlaufenden Stirnfläche des Rotorbauteils (314a) und einer angrenzenden radial verlaufenden Stirnfläche des zweiten Lagerbauteils (318) gebildet ist.

20. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Abdichtung des ersten Dichtungsspalts (332) eine dynamische Pumpdichtung vorgesehen ist, die zwischen einem Außenumfang des zweiten Lagerbauteils (318) und einem Innenumfang einer Aussparung des Rotorbauteils (314a) angeordnet ist.

21. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grundplatte (10; 310) einen ferromagnetischen Ring (340) aufweist, der einem Rotormagneten (344) axial gegenüberliegt und von diesem magnetisch angezogen wird und eine magnetische Kraft erzeugt, die entgegengesetzt zu der vom Axiallager (326) erzeugten Kraft gerichtet ist.

22. Spindelmotor nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Statoranordnung (342) und der Rotormagnet (344) axial zueinander versetzt angeordnet sind und eine magnetische Kraft erzeugen, die entgegengesetzt zu der vom Axiallager (326) erzeugten Kraft gerichtet ist.

23. Spindelmotor nach einem der Ansprüche 5 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass Oberflächen des zweiten Lagerbauteils (318) und des Rotorbauteils (314a) ein weiteres Axiallager ausbilden.

24. Festplattenlaufwerk mit einem Spindelmotor gemäß den Ansprüchen 1 bis 23.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

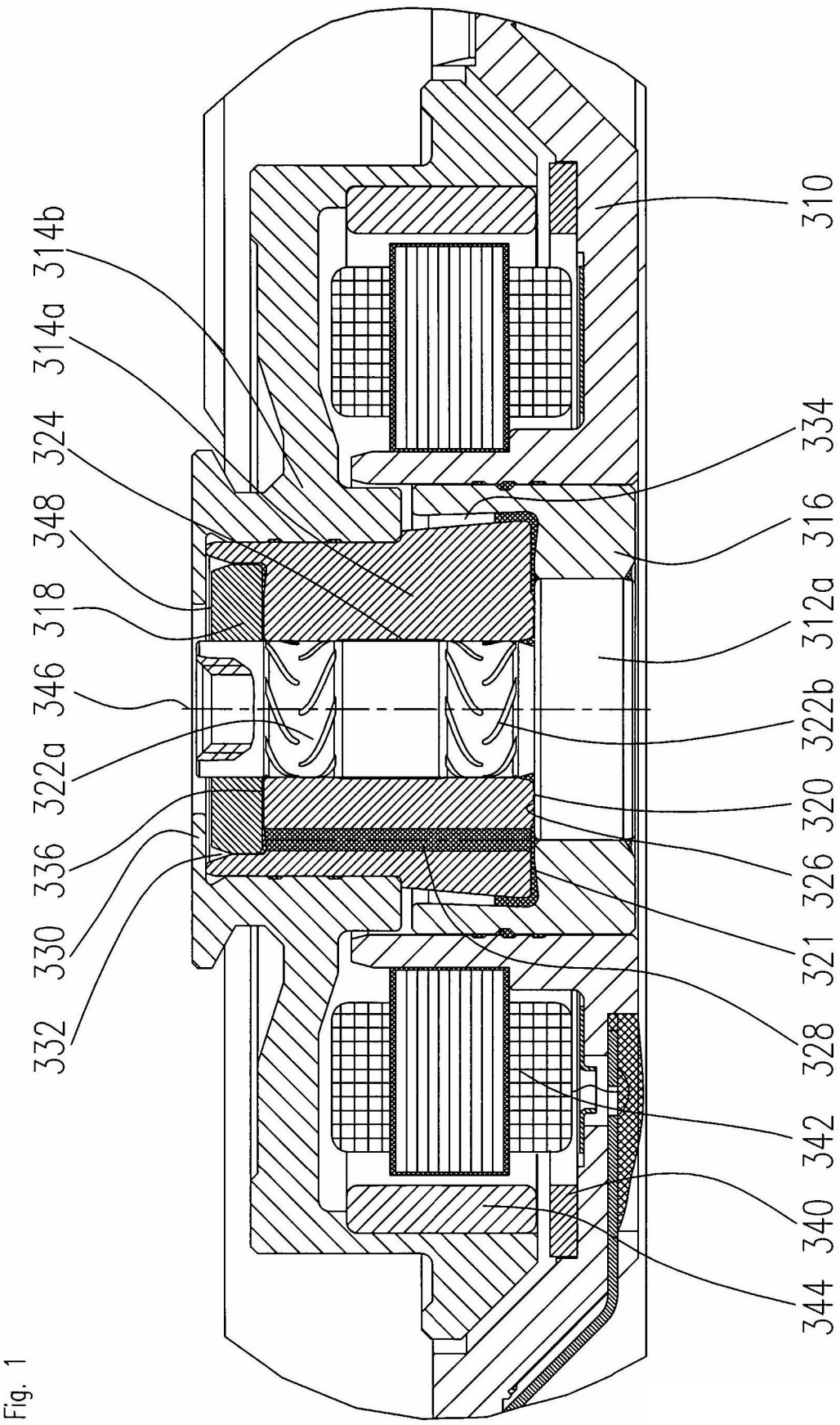



Fig. 1


Das Dokument wurde durch die Firma Jouve erstellt.