

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50009/2016 (51) Int. Cl.: **F16C 43/02** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 11.01.2016 **F16C 35/02** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2017 **B07C 5/04** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 3518214 B2
DE 1947407 A1
DE 102008045993 A1
US 5584395 A
CH 330377 A
CH 323954 A
DE 19746070 A1
DE 102007054271 A1

(71) Patentanmelder:
Minebea Co., Ltd.
4106-73 Nagano-ken (JP)

(72) Erfinder:
Rehm Thilo
78052 Villingen-Schwenningen (DE)

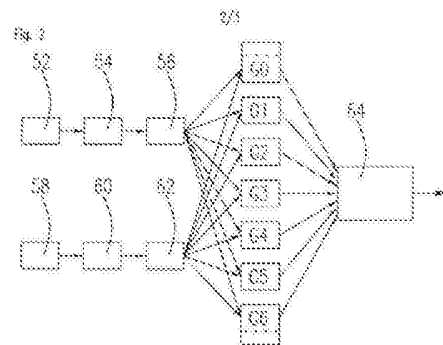
(74) Vertreter:
Gibler & Poth Patentanwälte
Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Gruppierung von Lagerbuchsen und Wellen von fluiddynamischen Lagern**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Gruppierung und Paarbildung von Lagerbuchsen und Wellen für fluiddynamische Lager, wobei die Vorrichtung folgende Komponenten umfasst:

- Eine Bereitstellungseinrichtung (52) zum Bereitstellen einer Anzahl von fertig bearbeiteten Lagerbuchsen (14a)
- Eine Bereitstellungseinrichtung (58) zum Bereitstellen einer Anzahl von fertig bearbeiteten Wellen
- Eine Messvorrichtung (54) zum Vermessen des Durchmessers IDL der Lagerbohrungen der Lagerbuchsen, eine Messvorrichtung (60) zum Vermessen des Durchmessers ODW der Wellen
- Eine Gruppierungseinrichtung (56) zum Zuordnen und Zuführen der Lagerbuchsen in Abhängigkeit des gemessenen Durchmessers IDL der Lagerbohrung zu einer Gruppe GL_N einer Anzahl N von Gruppen, wobei $N = (0, \dots, X)$, wobei jeder Gruppe GL_N ein Durchmesserintervall mit der Intervalllänge (Differenz von IDL_{max_N} minus IDL_{min_N}) zugeordnet ist, wobei die Intervalllängen von zumindest zwei Gruppen sich von den Intervalllängen der andere Gruppen unterscheiden
- Eine Gruppierungseinrichtung (62) zum Zuordnen und Zuführen der Wellen in Abhängigkeit des gemessenen Durchmessers ODW zu einer Gruppe GW_N einer Anzahl N von Gruppen, wobei $N = (0, \dots, X)$, wobei jeder Gruppe GW_N ein Durchmesserintervall mit der Intervalllänge (Differenz von ODW_{max_N} minus ODW_{min_N}) zugeordnet ist
-

Eine Paarbildungseinrichtung (64) zum Bilden von Paaren von Lagerbuchsen und Wellen durch Zuordnen der Lagerbuchsen aus den jeweiligen Gruppe GL_N zu den Wellen der jeweiligen Gruppen GW_N .



Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Gruppierung und Paarbildung von Lagerbuchsen und Wellen für fluiddynamische Lager, wobei die Vorrichtung folgende Komponenten umfasst:

- Eine Bereitstellungseinrichtung (52) zum Bereitstellen einer Anzahl von fertig bearbeiteten Lagerbuchsen (14a)
- Eine Bereitstellungseinrichtung (58) zum Bereitstellen einer Anzahl von fertig bearbeiteten Wellen
- Eine Messvorrichtung (54) zum Vermessen des Durchmessers IDL der Lagerbohrungen der Lagerbuchsen, eine Messvorrichtung (60) zum Vermessen des Durchmessers ODW der Wellen
- Eine Gruppierungseinrichtung (56) zum Zuordnen und Zuführen der Lagerbuchsen in Abhängigkeit des gemessenen Durchmessers IDL der Lagerbohrung zu einer Gruppe GL_N einer Anzahl N von Gruppen, wobei $N = (0, \dots, X)$, wobei jeder Gruppe GL_N ein Durchmesserintervall mit der Intervalllänge (Differenz von IDL_{max_N} minus IDL_{min_N}) zugeordnet ist, wobei die Intervalllängen von zumindest zwei Gruppen sich von den Intervalllängen der andere Gruppen unterscheiden
- Eine Gruppierungseinrichtung (62) zum Zuordnen und Zuführen der Wellen in Abhängigkeit des gemessenen Durchmessers ODW zu einer Gruppe GW_N einer Anzahl N von Gruppen, wobei $N = (0, \dots, X)$, wobei jeder Gruppe GW_N ein Durchmesserintervall mit der Intervalllänge (Differenz von ODW_{max_N} minus ODW_{min_N}) zugeordnet ist
- Eine Paarbildungseinrichtung (64) zum Bilden von Paaren von Lagerbuchsen und Wellen durch Zuordnen der Lagerbuchsen aus den jeweiligen Gruppe GL_N zu den Wellen der jeweiligen Gruppen GW_N .

(Fig. 2)

Verfahren zur Gruppierung von Lagerbuchsen und Wellen von fluiddynamischen Lagern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gruppierung von Lagerbuchsen und Wellen von fluiddynamischen Lagern nach dem Oberbegriff des Anspruch 1.

Stand der Technik

Aus dem Stand der Technik sind Spindelmotoren mit fluiddynamisch gelagerten Wellen bekannt, die in einer Lagerbohrung einer Lagerbuchse drehgelagert sind. Der Außendurchmesser der Welle ist geringfügig kleiner als der Innendurchmesser der Lagerbohrung der Lagerbuchse, so dass zwischen Welle und Lagerbuchse ein ringförmiger Lagerspalt gebildet wird, der mit einem Lagerfluid, beispielsweise einem Lageröl, gefüllt ist. Die Breite des ringförmigen Lagerspalts beträgt die Hälfte der Durchmesserdifférenz zwischen Lagerbohrung und Welle.

Die Oberfläche der Lagerbohrung und/oder die Oberfläche der Welle weist Lagerrillenstrukturen auf, die bei Rotation der Welle eine Pumpwirkung auf das Lagerfluid ausüben und dadurch einen hydrodynamischen Druck im Lagerspalt erzeugen. Dieser hydrodynamische Druck hält die Oberflächen der Welle und der Lagerbohrung voneinander getrennt, so dass das Lager tragfähig wird.

Die Steifigkeit des Lagers und die Lagerreibung sind wichtige Parameter eines fluiddynamischen Lagers und hängen unter anderem von der Breite des Lagerspalts ab. Je kleiner die Breite des Lagerspalts ist, desto größer wird die Lagersteifigkeit, aber auch die Lagerreibung.

Bei der Fertigung solcher fluiddynamischen Lager wird eine geringe Toleranz in der Breite des Lagerspalts angestrebt, um möglichst gleichbleibende Lagereigenschaften über alle gefertigten Lager zu gewährleisten.

Spindelmotoren, wie sie zum Antrieb von 2,5-Zoll-Festplattenlaufwerken verwendet werden, haben fluiddynamische Lager mit Lagerbuchsen, deren Lagerbohrung einen Soll-Durchmesser von beispielsweise 2,5 mm \pm 1,4 μ m aufweist. Die zugehörigen Wellen des Lagers haben einen Soll-Durchmesser von beispielsweise 2,495 mm

+/- 1,4 μm . In der Massenproduktion von Lagerbuchsen und Wellen könnte man im einfachsten Fall aus der Menge der gefertigten Lagerbuchsen und der Menge der gefertigten Wellen je ein beliebiges Teil entnehmen und diese Teile zusammenfügen. Die Passung ist dann bestimmt durch die oben genannten Toleranzen. Der Lagerspalt hätte in diesem Beispiel eine Breite von 2,5 Mikrometer und eine Toleranz von +/-1,4 μm . Eine solch große Toleranz der Lagerspaltbreite von mehr als +/-50% der Sollbreite würde zu einer unerwünscht großen Variation der Lagereigenschaften führen.

Eine bessere Passung wird erzielt, wenn die Lagerbuchsen und Wellen genau vermessen werden, und diejenigen ausgewählt werden, die besonders gut zueinanderpassen. Es werden bevorzugt solche Paare ausgewählt, bei denen das Istmaß des Lagerspalts möglichst nahe am Sollmaß von 2,5 μm liegt.

Aus der DE 19746070 A1 ist ein Verfahren zur Montage von Gleitlagern bekannt, bei dem die Istmaße von Wellen und Gleitlager-Halbschalen erst bestimmt und beim Zusammenbau derart kombiniert werden, dass ein mittleres Lagerspiel mit geringen Abweichungen erreicht wird.

Um eine engere Toleranz in der Breite des Lagerspalts zu erreichen, kann man die vermessenen Lagerbuchsen und Wellen in Abhängigkeit des gemessenen Lagerbohrungs-Durchmessers bzw. des gemessenen Wellendurchmessers jeweils in mehrere verschiedene Gruppen G_N einteilen (gruppieren), wobei z.B. $N = (0, 1, \dots, N_{\text{max}})$ ist. Jede einzelne Gruppe G_N enthält Lagerbuchsen bzw. Wellen, deren Durchmesser in einem bestimmten Toleranzintervall mit einer bestimmten Intervalllänge innerhalb der Gesamttoleranz liegen. Eine Welle der Gruppe G_N wird dann jeweils einer Lagerbuchse derselben Gruppe G_N zugeordnet. Bei einer Anzahl von beispielsweise 7 Gruppen erlaubt diese Art der Paarbildung von Lagerbuchse und Welle eine Verringerung der Toleranz des Lagerspalts um den Faktor 7, im Beispiel also auf +/-1,4 μm geteilt durch 7 = +/-0,2 μm .

Die nachfolgende Tabelle 1 verdeutlicht die Einteilung der Lagerbuchsen und Wellen in entsprechende Gruppen G_0 bis G_6 und die sich daraus ergebenden Toleranzintervalle bei der Paarbildung aus denselben Gruppen deutlich.

Tabelle 1

Gruppe	ID Lagerbuchse [mm]	Toleranz Lagerbuchse [μm]	OD Welle [mm]	Toleranz Welle [μm]	Lagerspalt (IDL-ODW)/2 [μm]	Toleranz Lagerspalt [μm]
G_0	2,49880	+/-0,2	2,49380	+/-0,2	2,5000	+/-0,2
G_1	2,49920	+/-0,2	2,49420	+/-0,2	2,5000	+/-0,2
G_2	2,49960	+/-0,2	2,49460	+/-0,2	2,5000	+/-0,2
G_3	2,50000	+/-0,2	2,49500	+/-0,2	2,5000	+/-0,2
G_4	2,50040	+/-0,2	2,49540	+/-0,2	2,5000	+/-0,2
G_5	2,50080	+/-0,2	2,49580	+/-0,2	2,5000	+/-0,2
G_6	2,50120	+/-0,2	2,49620	+/-0,2	2,5000	+/-0,2
Gesamt	2,50000	+/-1,4	2,49500	+/-1,4		

Beispiel: Eine Lagerbuchse mit einem gemessenen Durchmesser der Lagerbohrung von 2,49970 mm und eine Welle mit einem gemessenen Durchmesser von 2,49450 mm werden beide der Gruppe G_2 zugeordnet. Eine Kombination dieser Welle mit dieser Lagerbuchse ergäbe eine Lagerspaltbreite von $(2,49970 \text{ mm} - 2,49450 \text{ mm}) / 2 = 0,0026 \text{ mm}$ (2,6 μm). Die Toleranzabweichung des Lagerspalts wäre im Beispiel: $2,6 \mu\text{m} - 2,5 \mu\text{m} = +0,1 \mu\text{m}$, sie wäre also innerhalb des zulässigen Toleranzintervalls von +/-0,2 μm .

Aus der Tabelle 1 ergibt sich, dass die Toleranzintervalle und somit auch die Durchmesserintervalle für den Innendurchmesser der Lagerbuchse bzw. den Außendurchmesser der Welle für alle Gruppen G_0 – G_6 gleich groß sind, d.h. jeweils +/-0,2 μm , also die Intervalllänge 0,4 μm betragen.

Es wird angestrebt, die Lagereigenschaften von fluiddynamischen Lagern zu verbessern, insbesondere die Variationen der Steifigkeit und der Lagerreibung weiter zu verringern. Eine Verringerung der Variation der Lagerspaltbreite könnte

beispielsweise dadurch erzielt werden, dass man für jede Gruppe G_0 - G_6 ein engeres Toleranzintervall vorgibt, also beispielsweise $\pm 0,175 \mu\text{m}$ oder weniger, sowohl für den Außendurchmesser der Welle als auch für den Innendurchmesser der Lagerbohrung. Das würde bei einer Verwendung von 7 Gruppen für die Durchmesser der Lagerbohrungen und Wellen eine Gesamttoleranz von 7 mal $\pm 0,175 \mu\text{m} = \pm 1,225 \mu\text{m}$ bedeuten. Es ist technisch jedoch sehr aufwändig, insbesondere den Innendurchmesser der Lagerbohrung mit dieser Genauigkeit zu fertigen.

Eine andere Möglichkeit wäre es, die Wellen und Lagerbuchsen in Abhängigkeit der gemessenen Durchmesser anstatt in 7 Gruppen in 8 oder 9 Gruppen einzuteilen. Die Gesamttoleranzen für den Durchmesser der Welle und der Lagerbohrung würden wie bisher $\pm 1,4 \mu\text{m}$ betragen, die jedoch in 8 oder 9 Gruppen mit einem Toleranzintervall von jeweils $\pm 1,4 \mu\text{m}$ geteilt durch 8 = $\pm 0,175 \mu\text{m}$ bzw. $\pm 1,4 \mu\text{m}$ geteilt durch 9 = $\pm 0,155 \mu\text{m}$ eingeteilt würden. Das bedeutete jedoch einen größeren Messaufwand und insbesondere einen größeren Aufwand für die Sortierung und für die Handhabung der Wellen- und Lagerbuchsen, was den Produktionsablauf verlangsamen und verteuern würde.

Offenbarung der Erfindung

Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, mit welchem die Lagerbuchsen und die Wellen von fluiddynamischen Lagern derart gruppiert werden können, dass eine Verkleinerung der Toleranzintervalle der Lagerspaltbreite erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung und bevorzugte Merkmale sind in den abhängigen Ansprüchen angeführt.

Die Erfindung schlägt vor, die Anzahl der Gruppen zur Einteilung der Lagerbuchsen und Wellen in Anhängigkeit des gemessenen Durchmessers der Lagerbohrungen und Wellen nicht zu ändern, sondern lediglich die Intervalllänge der

Toleranzintervalle einer oder mehrerer Gruppen zur Einteilung, insbesondere die der Lagerbuchsen, unterschiedlich groß zu wählen.

Vorzugsweise wird die Gesamttoleranz, beispielsweise $\pm 1,4 \mu\text{m}$ für den Bohrungsdurchmesser der Lagerbuchsen, und die Anzahl der Gruppen, beispielsweise 7 Gruppen G_0 - G_6 nicht verändert, während die Intervalllängen der Toleranzintervalle mindestens der beiden äußeren randseitigen Gruppen, beispielsweise der Gruppe G_0 und der Gruppe G_6 , größer gewählt werden als die Intervalllängen der Toleranzintervalle der restlichen Gruppen, also den Gruppen G_1 bis G_5 .

Da der Durchmesser von Wellen sehr genau gefertigt werden kann, ist es in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung möglich, die Gesamttoleranz des Wellendurchmessers von $\pm 1,4 \mu\text{m}$ auf $\pm 1,225 \mu\text{m}$ zu verringern. Die Toleranz des Wellendurchmessers wird erfindungsgemäß in 7 Gruppen mit gleich großen Toleranzintervallen von $\pm 0,175 \mu\text{m}$ unterteilt.

Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt eine mögliche Einteilung der Gruppen G_0 - G_6 und die zugehörigen Toleranzintervalle gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung.

Tabelle 2 (Erfindung)

Gruppe	ID Lagerbuchse [mm]	Toleranz Lagerbuchse [μm]	OD Welle [mm]	Toleranz Welle [μm]	Lagerspalt (IDL-ODW)/2 [μm]	Toleranz Lagerspalt [μm]
G_0	2,49895	-0,350 / +0,175	2,49395	$\pm 0,175$	2,5000	-0,263 / +0,175
G_1	2,49930	$\pm 0,175$	2,49430	$\pm 0,175$	2,5000	$\pm 0,175$
G_2	2,49965	$\pm 0,175$	2,49465	$\pm 0,175$	2,5000	$\pm 0,175$
G_3	2,50000	$\pm 0,175$	2,49500	$\pm 0,175$	2,5000	$\pm 0,175$
G_4	2,50035	$\pm 0,175$	2,49535	$\pm 0,175$	2,5000	$\pm 0,175$
G_5	2,50070	$\pm 0,175$	2,49570	$\pm 0,175$	2,5000	$\pm 0,175$
G_6	2,50105	-0,175 / +0,350	2,49605	$\pm 0,175$	2,5000	-0,175 / +0,263
Gesamt	2,50000	$\pm 1,400$	2,49500	$\pm 1,225$		

Durch die ungleiche Unterteilung der Toleranzintervalle der Lagerbuchsen sind die Intervalllängen der Toleranzintervalle der mittleren Gruppen G_1 bis G_5 insgesamt kleiner, d.h. auch die Toleranzen der erreichbaren Lagerspaltbreiten sind kleiner, während die Intervalllängen der Toleranzintervalle der Lagerbuchsen der randseitigen Gruppen G_0 und G_6 größer sind. Die größeren Toleranzintervalle der randseitigen Gruppen der Lagerbuchsen wirken sich jedoch in der Praxis nicht negativ aus, da in den äußeren Randgruppen ohnehin nur wenige Lagerbuchsen eingestuft werden. Dies rührt daher, dass die Durchmesser der Lagerbohrungen und Wellen der Gaußschen Normalverteilung folgen, d.h. der Nenndurchmesser von 2,5 mm der Lagerbohrung und der Nenndurchmesser von 2,49500 mm der Welle kommen am häufigsten vor, während die Durchmesser oberhalb und unterhalb des Nenndurchmessers entsprechend der Gaußschen Normalverteilung abnehmen. Dadurch werden im Verhältnis nur wenige Lagerbuchsen und Wellen den randseitigen Gruppen zugeordnet, während der Großteil in die mittleren Gruppen eingestuft wird.

Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nun der größte Anteil von Wellen und Lagerbuchsen besser gruppiert mit engeren Toleranzen, während die seitlichen Ausreißer zahlenmäßig etwa gleich bleiben und insgesamt deren Toleranzen nicht wesentlich verschlechtert werden.

In der Praxis können der Innendurchmesser IDL der Lagerbuchsen und der Außendurchmesser ODW der Wellen jeweils an mehreren Stellen gemessen und daraus kann nach einer speziellen Formel ein Durchmesser-Mittelwert gebildet werden. Anhand des gebildeten Durchmesser-Mittelwerts werden die Lagerbuchsen und Wellen in die jeweiligen Gruppen G_0 bis G_6 eingeteilt. Somit können auch Überschneidungen auftreten, d.h. die Lagerbuchsen und Wellen können an mindestens einer Stelle einen Durchmesser aufweisen, der größer oder kleiner ist als das Durchmesserintervall derjenigen Gruppe, in die das jeweilige Bauteil eingruppiert ist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung und Tabellen näher erläutert. Hierbei ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- Fig. 1 zeigt beispielhaft eine Schnittdarstellung eines Spindelmotors mit fluiddynamischem Lagersystem mit einer Lagerbuchse und einer in der Lagerbuchse drehgelagerten Welle.
- Fig. 2 zeigt beispielhaft eine Vorrichtung zur Gruppierung und Paarbildung von Lagerbuchsen und Wellen in einer möglichen Ausgestaltung.
- Fig. 3 zeigt eine Normalverteilung der Durchmesser der Lagerbohrungen und die entsprechende Zuordnung zu den Gruppen G_0 bis G_6 .
- Fig. 4 zeigt beispielhaft die Verteilung der Spaltbreite des Lagerspalts nach erfolgter Gruppierung und Selektion von Lagerbuchsen und Wellen.
- Fig. 5 zeigt beispielhaft die Verteilung der Breite des Radiallagerspalts gemäß Fig. 4, jedoch mit logarithmischem Maßstab der Ordinate.

Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung

Fig. 1 zeigt einen Spindelmotor mit einem fluiddynamischen Lagersystem. Ein solcher Spindelmotor kann zum Antrieb eines 2,5-Zoll-Festplattenlaufwerks oder eines kleinen Lüfters verwendet werden.

Der Spindelmotor umfasst eine Basisplatte 10, die eine im Wesentlichen zentrale zylindrische Öffnung aufweist, in welcher ein feststehendes topfförmiges Lagerbauteil 16 aufgenommen ist. Das feststehende Lagerbauteil 16 ist beispielsweise mittels einer Übergangspassung in der Öffnung der Basisplatte 10 angeordnet und vorzugsweise zusätzlich mit Klebstoff befestigt.

Es ist eine zylindrische Welle 12 vorgesehen, die an einem Ende einen Flansch 12a aufweist, so dass die Welle 12 im Querschnitt annähernd T-förmig ist. Der Flansch 12a der Welle 12 ist in einer zentralen Öffnung in der Bodenfläche des feststehenden Lagerbauteils 16 angeordnet, wobei der Flansch 12a mit seinem Außenumfang am Innenumfang der Öffnung des Lagerbauteils 16 angrenzt und vorzugsweise stoffschlüssig mit diesem verbunden ist. Diese stoffschlüssige Verbindung kann eine

umlaufende Schweißnaht sein. Das feststehende Lagerbauteil 16 kann auch einteilig mit dem Flansch 12a der Welle 12 ausgebildet sein. Der zylindrische Abschnitt der Welle 12 erstreckt sich von der radial verlaufenden Grundfläche des Flansches 12a in axialer Richtung nach oben.

An dem gegenüberliegenden Ende der Welle 12 ist ein ringförmiges Stopperbauteil 18 angeordnet, dessen Außendurchmesser deutlich größer ist als der Durchmesser der Welle 12, und das vorzugsweise kraftschlüssig oder stoffschlüssig an der Welle 12 befestigt ist.

Die Welle 12 mit Flansch 12a bildet zusammen mit dem Lagerbauteil 16 und dem Stopperbauteil 18 das feststehende Lagerbauteil des Spindelmotors.

Der Spindelmotor umfasst ferner ein Rotorbauteil 14, das eine zylindrische Lagerbuchse 14a umfasst, die vorzugsweise mit dem Rotorbauteil 14 einteilig ausgebildet ist. Die Lagerbuchse 14a des Rotorbauteils 14 hat eine zylindrische Lagerbohrung, in welcher die Welle 12 angeordnet ist. Die Lagerbuchse 14a ist in einem durch die Welle 12, 12a und die beiden Bauteile 16, 18 gebildeten Zwischenraum relativ zu diesen Bauteilen 12, 12a, 16, 18 drehbar um eine Drehachse 40 angeordnet. Das Stopperbauteil 18 befindet sich zumindest teilweise in einer ringförmigen Aussparung der Lagerbuchse 14a. Aneinander angrenzende Flächen der Welle 12, 12a der Lagerbuchse 14 und der beiden Bauteile 16 und 18 sind durch einen beidseitig offenen Lagerspalt 20 voneinander getrennt, der mit einem Lagerfluid, beispielsweise einem Lageröl, gefüllt ist.

Am Innenumfang der Lagerbohrung der Lagerbuchse 14a sind zwei zylindrische Radiallagerflächen 22, 24 ausgebildet, welche axial voneinander beabstandet sind. Die Radiallagerflächen umschließen die feststehende Welle 12 in einem Abstand von wenigen Mikrometern unter Bildung eines axial verlaufenden Abschnitts des Lagerspalts 20 und bilden mit jeweils gegenüberliegenden Lagerflächen der Welle 12 zwei fluiddynamische Radiallager 22, 24. Die Lagerflächen der beiden Radiallager 22, 24 sind beispielsweise mit sinus-, parabel- (herringbone) oder chevronförmigen Lagerrillenstrukturen versehen. Das obere Radiallager 22 ist dabei weitgehend symmetrisch ausgebildet und übt keine gerichtete Pumpwirkung auf das Lagerfluid

aus, während das untere Radiallager 24 vorzugsweise asymmetrisch ausgebildet ist und eine gerichtete Pumpwirkung in Richtung des oberen Radiallagers 22 auf das Lagerfluid ausübt. Zwischen den Radiallagern 22, 24 weitet sich der Lagerspalt zu einem Separatorspalt 26 auf, der im Vergleich zum axialen Abschnitt des Lagerspalts 20 eine deutlich größere Spaltbreite aufweist.

Unterhalb des unteren Radiallagers 24 geht der axial verlaufende Abschnitt des Lagerspalts 20 in einen radial verlaufenden Abschnitt des Lagerspalts 20a über, entlang dessen ein fluiddynamisches Axiallager 28 angeordnet ist. Das Axiallager 28 ist durch radial verlaufende Lagerflächen auf der Stirnseite der Lagerbuchse 14a und entsprechend gegenüber liegende Lagerflächen des Flansches 12a der Welle 12 ausgebildet. Das fluiddynamische Axiallager 28 ist in bekannter Weise durch beispielsweise spiralförmige Lagerrillenstrukturen gekennzeichnet, die entweder auf der Stirnseite der Lagerbuchse 14a, dem Flansch 12a oder auf beiden Teilen angebracht werden können. Das Axiallager 28 erzeugt eine gerichtete Pumpwirkung auf das Lagerfluid in Richtung des unteren Radiallagers 24.

Vorzugsweise befinden sich die Axiallagerflächen lediglich zwischen der radial verlaufenden Oberfläche des Flansches 12a und der gegenüberliegenden Unterseite der Lagerbuchse 14a. Die angrenzende und ebenfalls radial verlaufende Oberfläche des feststehenden Lagerbauteils 16 ist etwas tiefer angeordnet als die radial verlaufende Oberfläche des Flansches 12a, wodurch sich im zusammengebauten Zustand des fluiddynamischen Lagers ein Ringspalt mit entsprechend größeren Spaltabstand zwischen den radial verlaufenden Flächen der Lagerbuchse 14a und dem feststehenden Lagerbauteil 16 ergibt. Vorzugsweise münden die Axiallagerrillen radial außen in den Ringspalt, der etwa an der Stelle beginnt, an welcher ein Rezirkulationskanal 30 mündet, der innerhalb des Rotorbauteils 14 bzw. der Lagerbuchse 14a vorgesehen ist.

Das andere Ende des Rezirkulationskanals 30 mündet in einen radial verlaufenden Abschnitt des Lagerspalts 20b zwischen der Stirnfläche der Lagerbuchse 14a und einer gegenüberliegenden Stirnfläche des Stopperbauteils 18 im Bereich einer umlaufende Rille der Lagerbuchse 14a. Der Rezirkulationskanal 30 verläuft schräg nach unten durch die Lagerbuchse 14a und mündet radial außerhalb des Axiallagers 28 in den Ringspalt.

An den radialen Abschnitt des Lagerspalts 20a im Bereich des Axiallagers 28 bzw. des Ringspalts schließt sich ein anteilig mit Lagerfluid gefüllter erster kapillarer Dichtungsspalt 34 an. Der Dichtungsspalt 34 ist durch einander gegenüberliegende im Wesentlichen axial verlaufende Flächen der Lagerbuchse 14a und des Lagerbauteils 16 gebildet und dichtet den Lagerspalt 20a an dieser Seite ab. Der Dichtungsspalt 34 umfasst einen radial verlaufenden Abschnitt, den gegenüber dem radial verlaufenden Lagerspalt 20a verbreiterten Ringspalt, der radial außerhalb des Axiallagers 28 angeordnet ist. Dieser kurze radial verlaufende Abschnitt des Dichtungsspalts 34 geht in einen längeren, sich konisch aufweitenden und nahezu axial verlaufenden Abschnitt über, der von einer äußeren Umfangsfläche der Lagerbuchse 14a und einer inneren Umfangsfläche des Lagerbauteils 16 begrenzt wird. Neben der Funktion als kapillare Dichtung dient der Dichtungsspalt 34 als Fluidreservoir und stellt die für die Lebensdauer des Lagersystems benötigte Fluidmenge bereit. Ferner können Fülltoleranzen und eine eventuelle thermische Ausdehnung des Lagerfluids ausgeglichen werden. Die beiden den konischen Abschnitt des Dichtungsspalts 34 bildenden Flächen der Lagerbuchse 14a und des Lagerbauteils 16 können beide jeweils im Verlauf des Dichtungsspalts zum Lageräußeren hin relativ zur Rotationsachse 40 nach innen geneigt sein. Der Neigungswinkel beträgt vorzugsweise zwischen 0 Grad und 5 Grad. Dabei ist der Neigungswinkel der äußeren Umfangsfläche der Lagerbuchse 14a größer als der Neigungswinkel der inneren Umfangsfläche des Lagerbauteils 16, wodurch sich eine konische Erweiterung der Kapillardichtung ergibt. Durch die Innenneigung der Umfangsflächen wird das Lagerfluid bei einer Drehung des Lagers aufgrund der Fliehkraft nach innen in Richtung Lagerspalt 20a gedrückt.

Auf der anderen Seite des Lagersystems ist das Rotorbauteil 14 bzw. die Lagerbuchse 14a im Anschluss an das obere Radiallager 22 so gestaltet, dass es eine radial verlaufende Fläche ausbildet, die mit einer entsprechend gegenüberliegenden Fläche des Stopperbauteils 18 einen radial verlaufenden Abschnitt des Lagerspalts 20b bildet. An den radialen Spalt schließt sich ein axial verlaufender zweiter Dichtungsspalt 36 an, der anteilig mit Lagerfluid gefüllt ist und den Lagerspalt 20b an diesem Ende abdichtet. Der zweite Dichtungsspalt 36 wird durch einander gegenüberliegende Oberflächen der Lagerbuchse 14a und des

Stopperbauteils 18 begrenzt und weitet sich am äußeren Ende mit vorzugsweise konischem Querschnitt auf. Dabei ist die äußere Umfangsfläche des Stopperbauteils 18 im Verlauf zum Lageräußeren leicht nach innen in Richtung zur Drehachse 40 geneigt. Die gegenüberliegende innere Umfangsfläche des Rotorbauteils 14 verläuft entweder parallel zur Drehachse 40 oder ist ebenfalls leicht nach innen geneigt, wobei der Neigungswinkel allerdings kleiner ist als der Neigungswinkel der äußeren Umfangsfläche des Stopperbauteils 18, so dass sich eine konische Kapillardichtung ergibt. Der zweite Dichtungsspalt 36 kann vorzugsweise durch eine Pumpdichtung 38 ergänzt sein, die unterhalb der Kapillardichtung angeordnet ist. Die Pumpdichtung 38 ist vorzugsweise zwischen dem Außenumfang des Stopperbauteils 18 und der gegenüberliegenden Oberfläche der Lagerbuchse 14a gebildet. Die Pumpdichtung 38 umfasst Pumprillenstrukturen, die auf der Oberfläche des Stopperbauteils 18 oder vorzugsweise der Lagerbuchse 14a angeordnet sind. Während des Betriebs des Lagers erzeugen die Pumprillenstrukturen der Pumpdichtung 38 eine Pumpwirkung auf das im Dichtungsspalt 36 befindliche Lagerfluid in Richtung des oberen Radiallagers 22.

Dieser zweite Dichtungsspalt 36 ist von einer ringförmig profilierten Abdeckung 32 abgedeckt. Die Abdeckung 32 ist auf einen Rand des Rotorbauteils 14 oder der Lagerbuchse 14a aufgesteckt und dort beispielsweise angeklebt, wobei die Abdeckung 32 auf einem umlaufenden Rand des Rotorbauteils 14 bzw. der Lagerbuchse 14a aufliegt. Ein innerer Rand der Abdeckung 32 bildet zusammen mit dem Außenumfang des Stopperbauteils 18 einen schmalen Luftspalt als Spaltdichtung.

Am axial äußeren Ende des Dichtungsspaltes 36 weitet sich der Dichtungsspalt in einen Freiraum 46 auf, der vorzugsweise so groß ist, dass er das gesamte im Lager befindliche Volumen an Lagerfluid aufnehmen kann. Dieser Freiraum 46 dient insbesondere zum einmaligen Befüllen des Lagers mit Lagerfluid.

An einem inneren Rand der Basisplatte 10 ist eine Statoranordnung 42 befestigt. Die Statoranordnung 42 ist umgeben von einem äußeren Rand des Rotorbauteils 14, an dessen Innenseite ein ringförmiger Rotormagnet 44 angeordnet ist. Der Rotormagnet 44 umgibt die Statoranordnung 42 in radialer Richtung unter Bildung eines Luftspalts. Durch entsprechende Versorgung der Statorwicklungen mit Strom wird ein

elektromagnetisches Feld erzeugt, das auf den Rotormagneten 44 wirkt und das Rotorbauteil 14 drehend antreibt.

Da der Spindelmotor vorzugsweise lediglich ein einziges fluiddynamisches Axiallager 28 aufweist, das auf das Rotorbauteil 14 eine Kraft in Richtung des Stopperbauteils 18 erzeugt, ist eine entsprechende Gegenkraft oder Vorspannkraft notwendig, die das Rotorbauteil 14 axial im Kräftegleichgewicht hält.

Die magnetische Vorspannung wird mit Hilfe des elektromagnetischen Antriebssystems erzeugt und/oder durch einen ferromagnetischen Zugring 48, der unterhalb des Rotormagneten 44 an der Basisplatte 10 angeordnet ist und von diesem in axialer Richtung magnetisch angezogen wird.

Der Spindelmotor kann vorzugsweise zum Antrieb eines Festplattenlaufwerks eingesetzt werden, wobei auf dem Rotorbauteil 14 eine oder mehrere Speicherplatten befestigt werden können.

Um für alle Spindelmotoren gleichbleibende Eigenschaften des fluiddynamischen Lagersystems sicherzustellen, insbesondere eine gleichbleibende Lagersteifigkeit und Lagerreibung, werden die Lagerbuchsen 14a und die Wellen 12 vermessen und selektiert. Die Lagerbuchsen 14a können einteilig mit dem jeweiligen Rotorbauteil 14 ausgebildet sein. Nachfolgend wird jedoch nur auf Lagerbuchsen 14a Bezug genommen.

Die Lagerbuchsen 14a und die Wellen 12 werden in entsprechenden Werkzeugmaschinen gefertigt, wobei die fertig bearbeiteten Lagerbuchsen 14a und Wellen 12 in großen Stückzahlen für die weitere Bearbeitung vorgehalten werden.

Fig. 2 zeigt beispielhaft eine Vorrichtung zur Gruppierung von Lagerbuchsen 14a und Wellen 12 in einer möglichen Ausgestaltung. Die fertig bearbeiteten Lagerbuchsen 14a werden in einer größeren Anzahl in einer Bereitstellungseinrichtung 52 vorgehalten. Die in der Bereitstellungseinrichtung 52 vorgehaltenen Lagerbuchsen 14a werden in einer Messvorrichtung 54 einzeln vermessen. Hierbei wird der Innendurchmesser IDL der Lagerbohrungen der Lagerbuchsen 14a vermessen. Bei

einem Spindelmotor mit fluiddynamischem Lager gemäß Fig. 1 beträgt der Soll-Durchmesser der Lagerbohrung beispielsweise 2,5 mm mit einer Toleranz von $\pm 1,4 \mu\text{m}$.

Aufgrund der Herstellungstoleranzen streuen die Durchmesser der Lagerbohrungen der Lagerbuchsen 14a um diesen Nominalwert von 2,5 mm, und zwar ergibt sich im Wesentlichen eine in Fig. 3 dargestellte Normalverteilung gemäß Kurve 50 für den Durchmesser der Lagerbohrungen. Lagerbuchsen mit einer Lagerbohrung um den nominalen Wert von beispielsweise 2,5 mm kommen prozentual am häufigsten vor. Je größer die Abweichung des Durchmessers der Lagerbohrung vom Nominalwert in positiver oder negativer Richtung ist, desto geringer wird die Anzahl der betreffenden Lagerbuchsen.

Jede in der Messvorrichtung 54 vermessene Lagerbuchse 14a wird einer Gruppierungseinrichtung 56 zugeführt, welche in Abhängigkeit von dem gemessenen Durchmesser IDL der Lagerbohrung diese Lagerbuchse 14a einer Gruppe GL_N aus einer Anzahl N von Gruppen zuordnet. In dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel gibt es 7 Gruppen G0 bis G6, sinntensprechend GL_0 bis GL_6 , wobei die Gruppierungseinrichtung 56 die Lagerbuchsen 14a je nach gemessenem Durchmesser einer der Gruppen GL_0 bis GL_6 zuordnet.

In Fig. 3 ist der Durchmesser der Lagerbohrungen der Lagerbuchsen 14a und die entsprechende Zuordnung zu den Gruppen G0 bis G6, sinntensprechend GL_0 bis GL_6 in Abhängigkeit des Durchmessers dargestellt. In Gruppe GL_0 werden beispielsweise die Lagerbuchsen einsortiert, bei welchen der Durchmesser IDL am weitesten unterhalb des Soll-Durchmessers von 2,5 mm liegt, während in Gruppe GL_3 die Lagerbuchsen einsortiert werden, deren gemessener Durchmesser IDL am nächsten am Soll-Durchmesser 2,5 mm liegt. In Gruppe GL_6 werden die Lagerbuchsen einsortiert, deren Durchmesser am weitesten oberhalb des Soll-Durchmessers liegt. Die zulässige Toleranz des Soll-Durchmessers von 2,5 mm beträgt $\pm 1,4 \mu\text{m}$. Diese Toleranz von $\pm 1,4 \mu\text{m}$ ist erfindungsgemäß in mehrere Toleranzintervalle mit einer bestimmten Intervalllänge eingeteilt, wobei jedes Toleranzintervall einer Gruppe zugeordnet wird.

Die einfachste Möglichkeit bestünde darin, die zulässige Toleranz von $\pm 1,4 \mu\text{m}$ beziehungsweise die Intervalllänge von $2,8 \mu\text{m}$ in 7 gleich große Toleranzintervalle mit einer Intervalllänge von jeweils $0,4 \mu\text{m}$ aufzuteilen und jeweils einer Gruppe zuzuordnen. Das Toleranzintervall jeder Gruppe hat einen mittleren Durchmesser IDL, beispielsweise in Gruppe GL_2 der Durchmesser $IDL = 2,49965 \text{ mm}$ und ein Toleranzintervall um diesen mittleren Durchmesser von $\pm 0,2 \mu\text{m}$.

Erfindungsgemäß ist es jedoch vorgesehen, dass den Gruppen GL_0 bis GL_7 der Lagerbuchsen 14a Toleranzintervalle mit unterschiedlichen Intervalllängen zugeordnet sind.

Vorzugsweise haben die Toleranzintervalle der Gruppen GL_1 bis GL_5 der Lagerbuchsen 14a ein Toleranzintervall von $\pm 0,175 \mu\text{m}$ um den mittleren Nenndurchmesser der Lagerbohrung der jeweiligen Gruppe. Die randseitigen Gruppen GL_0 und GL_6 der Lagerbuchsen besitzen dagegen ein asymmetrisches und einseitiges Toleranzintervall. Der Gruppe GL_0 ist ein Durchmesser der Lagerbohrung $IDL = 2,49895 \text{ mm}$ zugeordnet und eine asymmetrisches Toleranzintervall von $-0,350 / +0,175 \mu\text{m}$. Der Gruppe GL_6 ist ein Nenndurchmesser der Lagerbohrung $IDL = 2,50105 \text{ mm}$ zugeordnet und eine asymmetrisches Toleranzintervall von $-0,175 / +0,350 \mu\text{m}$. Mit anderen Worten ist beispielsweise der Gruppe GL_0 der Lagerbuchsen ein Durchmesserintervall von $2,49895 \text{ mm} +0,175 / -0,350 \mu\text{m}$, also $[2,499125 \text{ mm bis } 2,4986 \text{ mm} \Rightarrow \text{Intervalllänge } 0,525 \mu\text{m}]$ zugeordnet, während der Gruppe GL_3 ein kleineres Durchmesserintervall von $2,5000 \text{ mm} \pm 0,175 \mu\text{m}$, also $[2,500175 \text{ mm bis } 2,499825 \text{ mm} \Rightarrow \text{Intervalllänge } 0,35 \mu\text{m}]$ zugeordnet ist.

Hierbei ist es wesentlich, dass die Intervalllänge der Durchmesserintervalle der randseitigen Gruppen GL_0 und GL_6 deutlich größer sind als die Intervalllänge der Durchmesserintervalle der übrigen Gruppen GL_1 bis GL_5 . Die Intervalllänge der Durchmesserintervalle der randseitigen Gruppen GL_0 und GL_6 beträgt $0,525 \mu\text{m}$, während die Intervalllänge des Toleranzintervalls der Gruppen GL_1 bis GL_5 jeweils nur $0,350 \mu\text{m}$ beträgt. Dies kann man auch in Fig. 3 erkennen.

Gleichermaßen wie die Lagerbuchsen 14a werden auch die fertig bearbeiteten Wellen 12 in einer Bereitstellungseinrichtung 58 vorgehalten und einer Messeinrichtung 60 zugeführt, in welcher der Außendurchmesser ODW der Wellen 12 gemessen wird. In Abhängigkeit des gemessenen Außendurchmessers ODW

sortiert eine Gruppierungseinrichtung 62 die Wellen 12 in eine der 7 Gruppen GW_0 - GW_6 ein.

In Fig. 2 wird dabei bei den Gruppen G_0 bis G_6 nicht zwischen den Gruppen GL_0 bis GL_6 für die Lagerbuchsen 14a und den Gruppen GW_0 bis GW_6 für die Wellen unterschieden. In der Praxis können für die Lagerbuchsen 14a und für die Wellen 12 separate Gruppen GL_0 - GL_6 für die Lagerbuchsen und GW_0 - GW_6 für die Wellen gebildet werden.

Gemäß einer zu der in Fig. 3 dargestellten Normalverteilung ähnlichen Verteilung der Wellen können die fertig bearbeiteten Wellen 12 je nach ihrem Wellendurchmesser ebenfalls in entsprechende Gruppen G_0 bis G_6 , sinnentsprechend GW_0 bis GW_6 eingeteilt werden.

Beispielsweise haben die Wellen 12 einen Soll-Durchmesser von 2,4950 mm und eine Toleranz von $\pm 1,225 \mu\text{m}$. Es ergibt sich eine nominale Lagerspaltbreite von $2,5 \mu\text{m}$ zwischen Welle und Lagerbohrung. Die Intervalllänge des Toleranzintervalls des Wellendurchmessers IDL ist $2,45 \mu\text{m}$. Bei den Wellen 12 werden den Gruppen GW_0 - GW_6 gleich große Toleranzintervalle mit einer Intervalllänge von $2,45 \mu\text{m} / 7 = 0,35 \mu\text{m}$ zugeordnet.

Die Gruppen GL_0 bis GL_6 der Lagerbuchsen 14a und die Gruppen GW_0 bis GW_6 der Wellen 12 enthalten nun Lagerbuchsen 14a und Wellen 12, deren Soll-Durchmesser von dem der jeweiligen Gruppe zugeordneten mittleren Soll-Durchmesser um ein Toleranzintervall von $\pm 0,175 \mu\text{m}$ abweicht, mit Ausnahme der randseitigen Gruppen GL_0 und GL_6 der Lagerbuchsen 14a, bei denen der Durchmesser IDL der Lagerbohrung vom entsprechenden Soll-Durchmesser um $+0,175 / -0,350$ bzw. $+0,350 / -0,175$ abweichen darf.

Es ist eine Paarbildungseinrichtung 64 vorgesehen, welche nun entsprechende Paare aus Lagerbuchsen 14a und passenden Wellen 12 bildet, indem jeweils die Lagerbuchsen 14a und Wellen 12 aus derselben Gruppe, beispielsweise alle Lagerbuchsen 14a der Gruppe GL_0 und Wellen 12 der Gruppe GW_0 , zu Paaren zusammengeführt werden.

Erfindungsgemäß ist somit sichergestellt, dass der erzeugte Lagerspalt zwischen den Lagerbohrungen und den Wellen 12 in dem vorgegebenen Toleranzintervall liegt.

Fig. 4 zeigt beispielhaft die Verteilung der radialen Lagerspaltbreite bei Anwendung der Gruppierung gemäß der Erfindung im Vergleich zu einem Verfahren, bei dem Gruppen mit gleich großen Toleranzintervallen verwendet werden.

Fig. 5 zeigt die Graphen von Fig. 4 mit einem logarithmischen Maßstab der Ordinate.

Die Kurve 68 zeigt die Verteilung nach einem Auswahlverfahren, bei dem den Gruppen G_0 - G_6 der Lagerbuchsen ein gleich großes Toleranzintervall zugeordnet ist. Die Kurve 66 zeigt die Verteilung nach einem Auswahlverfahren gemäß der Erfindung mit unterschiedlich großen Toleranzintervallen der Randgruppen.

Man erkennt insbesondere aus Fig. 4, dass die Abweichungen der Lagerspaltbreite gemäß der Kurve 68 größer sind als bei der Verteilung gemäß Kurve 66. Bei Kurve 68 gibt es sehr viel mehr Lagerspalte mit einem größeren Toleranzintervall als ca. $\pm 0,10 \mu\text{m}$ [$< 2,4 \mu\text{m}$ und $> 2,6 \mu\text{m}$] als im Vergleich mit Kurve 66.

Wie man insbesondere aus Fig. 5 entnehmen kann, haben nur ca. 0,006% der gepaarten Lagerbuchsen und Wellen nach dem Verfahren gemäß der Erfindung eine Lagerspaltbreite außerhalb des Toleranzintervalls von ca. $\pm 0,175 \mu\text{m}$ [$< 2,325 \mu\text{m}$ und $> 2,675 \mu\text{m}$]. Anhand der logarithmischen Darstellung kann man sehen, dass es zwar eine geringe Anzahl von Lagerspalten gibt, die ein größeres Toleranzintervall aufweisen als bei Kurve 68, jedoch sind dies insgesamt nur 0,021%, die eine größeres Toleranzintervall aufweisen.

Insgesamt überwiegt der Vorteil der Erfindung, der darin besteht, dass bei den restlichen gepaarten Lagerbuchsen und Wellen die Lagerspaltbreite sehr viel engere Toleranzen aufweist als bei der Vergleichskurve 68. Insgesamt werden somit die Lagereigenschaften bei Anwendung des neuen Verfahrens weniger Varianz zeigen.

Liste der Bezugszeichen

10	Basisplatte
12	Welle
12a	Flansch
14	Rotorbauteil
14a	Lagerbuchse
16	Lagerbauteil
18	Stopperbauteil
20	Lagerspalt
20a	Unterer radialer Abschnitt Lagerspalt
20b	Oberer radialer Abschnitt Lagerspalt
22	Radiallager
24	Radiallager
26	Separatorpalt
28	Axiallager
30	Rezirkulationskanal
32	Abdeckung
34	Dichtungsspalt
36	Dichtungsspalt
38	Pumpdichtung
40	Drehachse
42	Statoranordnung
44	Rotormagnet
46	Freiraum
48	Zugring
50	Verteilung
52	Bereitstellungseinrichtung
54	Messvorrichtung
56	Gruppierungseinrichtung
58	Bereitstellungseinrichtung
60	Messvorrichtung
62	Gruppierungseinrichtung
64	Paarbildungseinrichtung

66 Verteilung (Erfindung)

68 Verteilung

G₀-G₆ Gruppen

IDL Innendurchmesser der Lagerbohrung

ODW Außendurchmesser der Welle

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Gruppierung von Lagerbuchsen (14a) und Wellen (12) von fluiddynamischen Lagern, mit folgenden Schritten:
 Bereitstellen einer Anzahl von Lagerbuchsen (14a),
 Bereitstellen einer Anzahl von Wellen (12),
 Vermessen des Innendurchmessers IDL der Lagerbohrungen der Lagerbuchsen (14a),
 Vermessen des Außendurchmessers ODW der Wellen (12),
 Zuordnen der vermessenen Lagerbuchsen (14a) in Abhängigkeit des gemessenen Durchmessers IDL der Lagerbohrung zu einer Gruppe GL_N einer Anzahl N von Gruppen, wobei $N = (0, 1, \dots, N_{\max})$, wobei jeder Gruppe GL_N ein Durchmesserintervall zugeordnet ist, wobei die Durchmesserintervalle von zumindest zwei Gruppen der Lagerbuchsen sich von den Durchmesserintervallen der andere Gruppen in der Intervalllänge (Differenz von IDL_{\max_N} minus IDL_{\min_N}) unterscheiden,
 Zuordnen der vermessenen Wellen (12) in Abhängigkeit des gemessenen Durchmessers ODW zu einer Gruppe GW_N einer Anzahl N von Gruppen, wobei $N = (0, 1, \dots, N_{\max})$, wobei jeder Gruppe GW_N ein Durchmesserintervall mit der Intervalllänge (Differenz von ODW_{\max_N} minus ODW_{\min_N}) zugeordnet ist,
 Paarbildung von Lagerbuchsen (14a) und Wellen (12) durch Zuordnen der Lagerbuchsen aus der Gruppe GL_N zu den Wellen der entsprechenden Gruppe GW_N .

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die den randseitigen Gruppen GL_0 und GL_N der Lagerbuchsen (14a) zugeordneten Intervalllängen der Durchmesserintervalle (Differenz von IDL_{\max_0} minus IDL_{\min_0}) und (Differenz von IDL_{\max_N} minus IDL_{\min_N}) größer sind als die den restlichen Gruppen GL_1 bis GL_{N-1} zugeordneten Intervalllängen der Durchmesserintervalle ((Differenz von IDL_{\max_1} minus IDL_{\min_1}) bis (Differenz von $IDL_{\max_{N-1}}$ minus $IDL_{\min_{N-1}}$)).

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die den restlichen Gruppen GL_1 bis GL_{N-1} der Lagerbuchsen (14a) zugeordneten Intervalllängen der Durchmesserintervalle ((Differenz von IDL_{max_1} minus IDL_{min_1}) bis (Differenz von $IDL_{max_{N-1}}$ minus $IDL_{min_{N-1}}$)) gleich groß sind.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die den randseitigen Gruppen GL_0 , GL_1 und GL_{N-1} , GL_N der Lagerbuchsen (14a) zugeordneten Intervalllängen der Durchmesserintervalle (Differenz von IDL_{max_0} minus IDL_{min_0}) und (Differenz von IDL_{max_1} minus IDL_{min_1}) sowie (Differenz von $IDL_{max_{N-1}}$ minus $IDL_{min_{N-1}}$) und (Differenz von IDL_{max_N} minus IDL_{min_N}) größer sind als die den restlichen Gruppen GL_2 bis GL_{N-2} zugeordneten Intervalllängen der Durchmesserintervalle ((Differenz von IDL_{max_2} minus IDL_{min_2}) bis (Differenz von $IDL_{max_{N-2}}$ minus $IDL_{min_{N-2}}$)).
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Intervalllängen der Durchmesserintervalle (Differenz von IDL_{max_0} minus IDL_{min_0}) und (Differenz von IDL_{max_N} minus IDL_{min_N}) der Gruppen G_0 und G_N größer sind als die Intervalllängen der Durchmesserintervalle ((Differenz von IDL_{max_1} minus IDL_{min_1}) bis (Differenz von $IDL_{max_{N-1}}$ minus $IDL_{min_{N-1}}$)) der Gruppen G_1 und G_{N-1} .
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, die Intervalllängen der Durchmesserintervalle (Differenz von ODW_{max_N} minus ODW_{min_N}) der Wellen für alle Gruppen GW_N gleich groß sind.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Gruppen $N = (5, 6, 7, 8)$ ist.
8. Vorrichtung zur Gruppierung und Paarbildung von Lagerbuchsen und Wellen für fluiddynamische Lager, welche umfasst:
 - eine Bereitstellungseinrichtung (52) zum Bereitstellen einer Anzahl von fertig bearbeiteten Lagerbuchsen (14a),
 - eine Bereitstellungseinrichtung (58) zum Bereitstellen einer Anzahl von fertig bearbeiteten Wellen (12),

eine Messvorrichtung (54) zum Vermessen des Durchmessers IDL der Lagerbohrungen der Lagerbuchsen (14a),

Eine Messvorrichtung (60) zum Vermessen des Durchmessers ODW der Wellen (12),

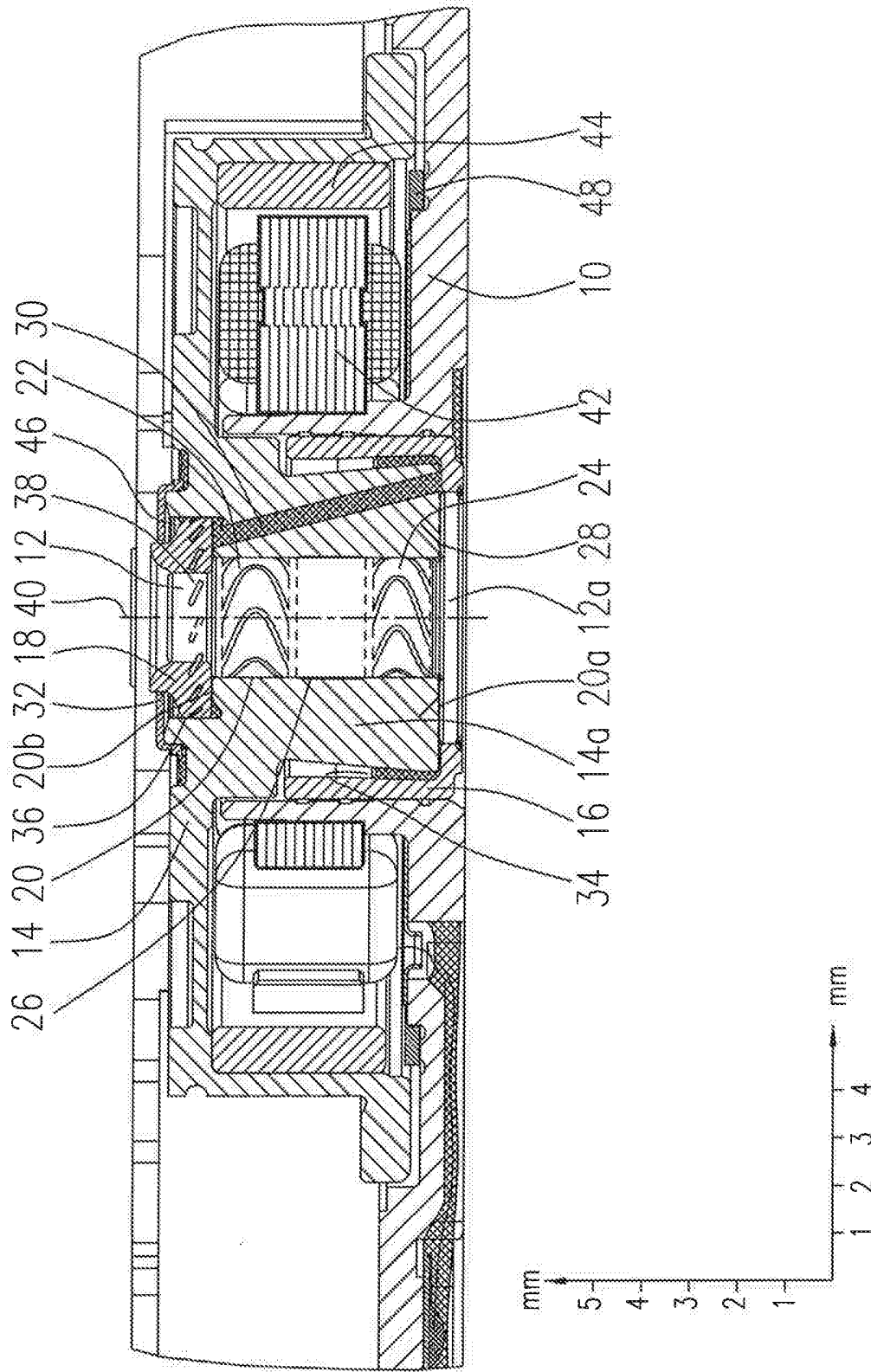
eine Gruppierungseinrichtung (56) zum Zuordnen und Zuführen der Lagerbuchsen (14a) in Abhängigkeit des gemessenen Durchmessers IDL der Lagerbohrung zu einer Gruppe GL_N einer Anzahl N von Gruppen, wobei $N = (0, 1, \dots, N_{\max})$, wobei jeder Gruppe GL_N ein Durchmesserintervall mit der Intervalllänge (Differenz von IDL_{\max_N} minus IDL_{\min_N}) zugeordnet ist, wobei die Intervalllängen von zumindest zwei Gruppen sich von den Intervalllängen der anderen Gruppen unterscheiden,

eine Gruppierungseinrichtung (62) zum Zuordnen und Zuführen der Wellen (12) in Abhängigkeit des gemessenen Durchmessers ODW zu einer Gruppe GW_N einer Anzahl N von Gruppen, wobei $N = (0, 1, \dots, N_{\max})$, wobei jeder Gruppe GW_N ein Durchmesserintervall mit der Intervalllänge (Durchmesser von ODW_{\max_N} minus ODW_{\min_N}) zugeordnet ist, und

eine Paarbildungseinrichtung (64) zum Bilden von Paaren von Lagerbuchsen (14a) und Wellen (12) durch Zuordnen der Lagerbuchsen aus den jeweiligen Gruppe GL_N zu den Wellen der jeweiligen Gruppen GW_N .

9. Spindelmotor mit einem fluiddynamischen Lagersystem, umfassend eine Lagerbuchse (14a) und eine Welle (12), die nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 gruppiert und selektiert wurden.
10. Festplattenlaufwerk mit einem Spindelmotor gemäß Anspruch 9.
11. Lüfter mit einem Spindelmotor gemäß Anspruch 9.

Fig. 1



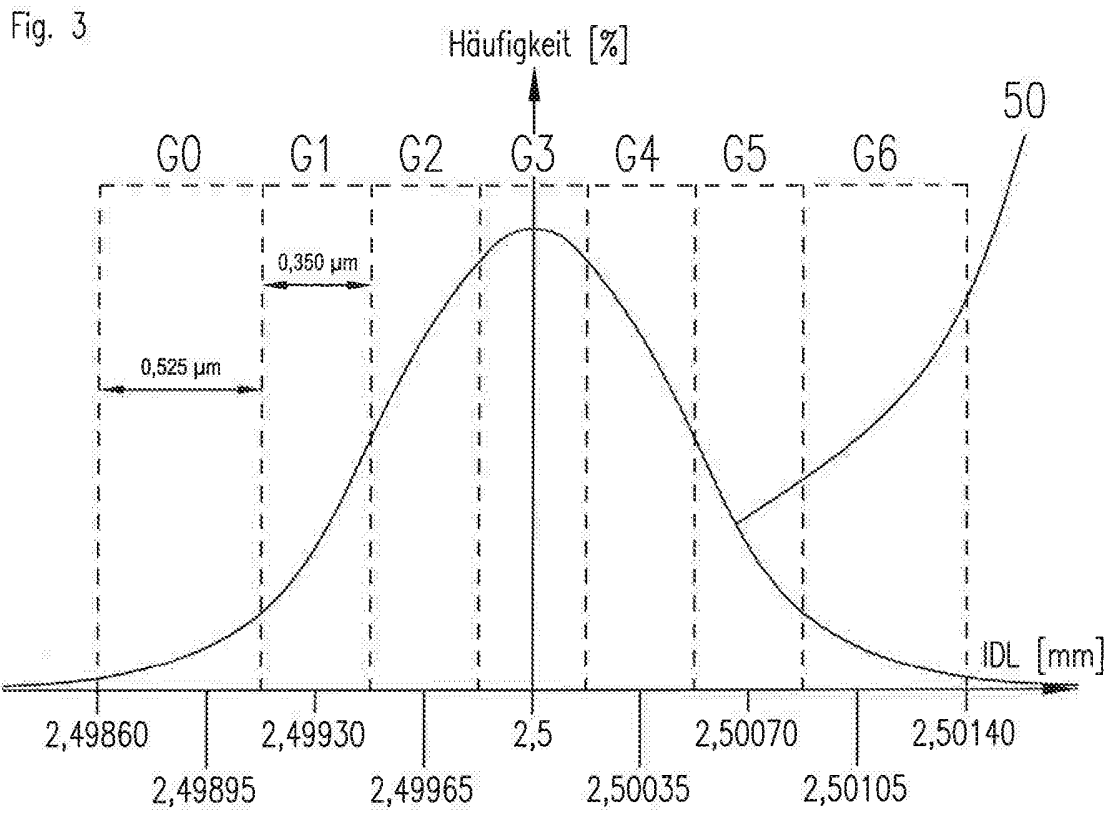
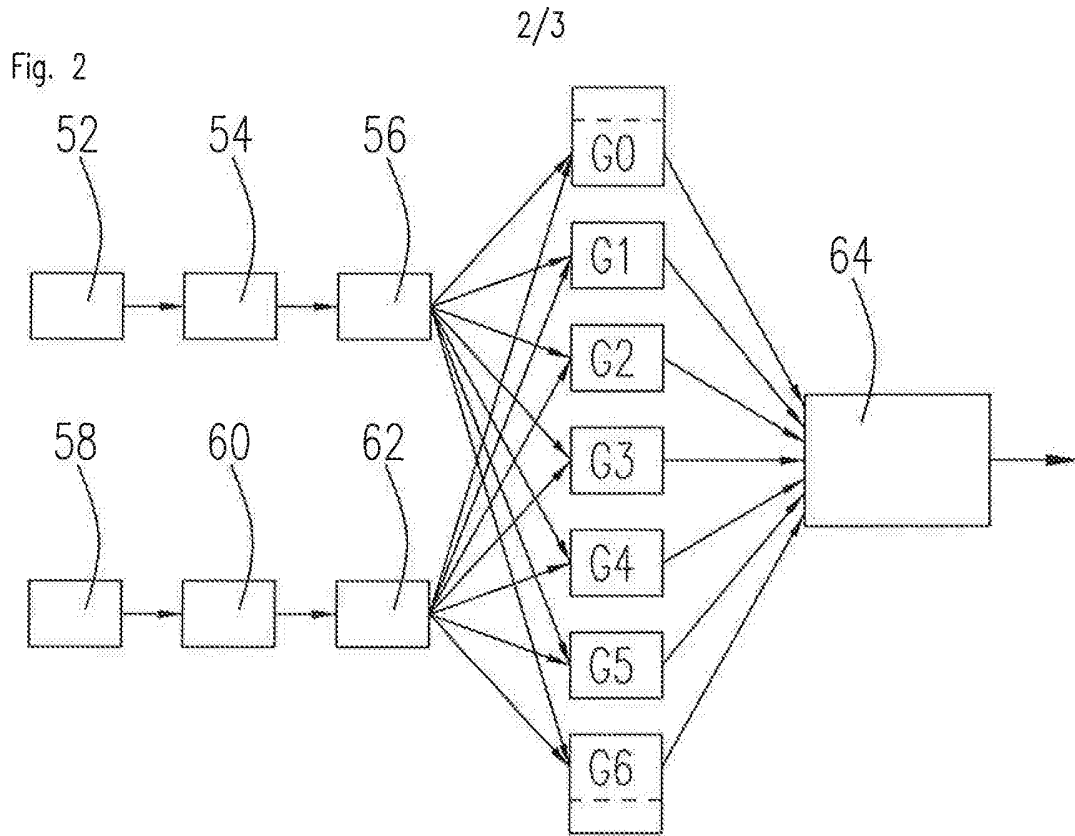


Fig. 4

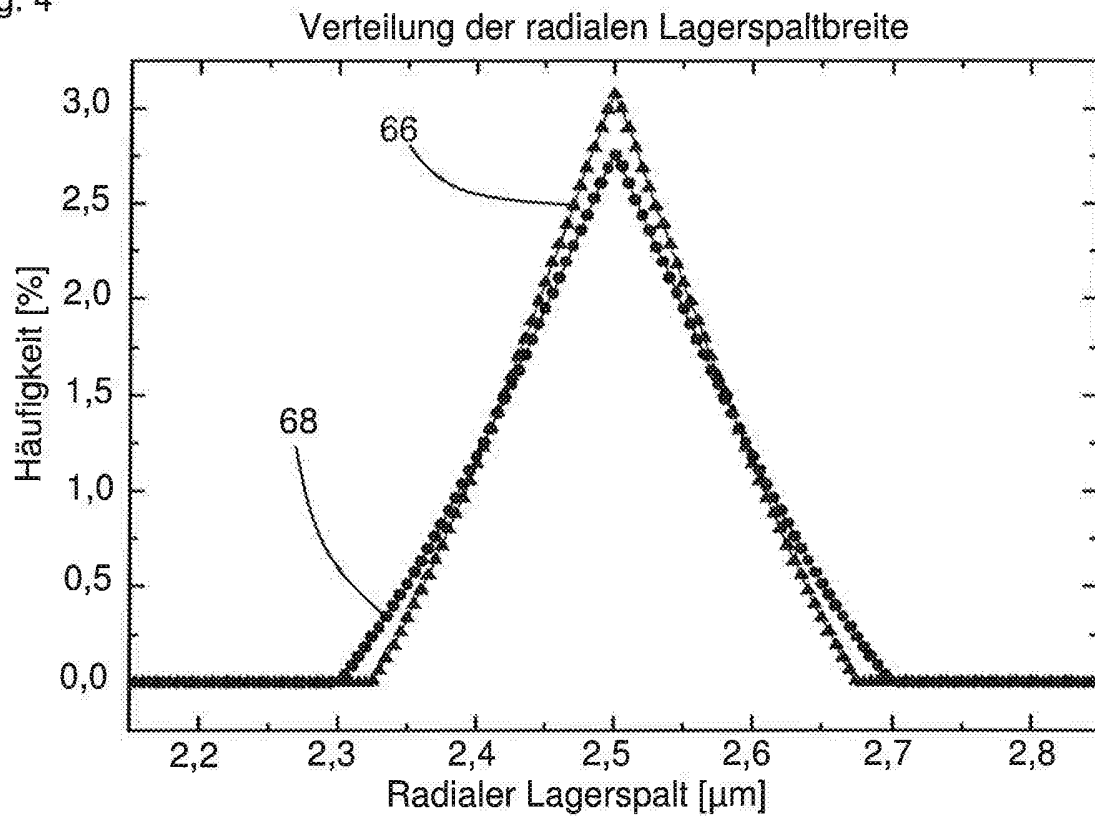
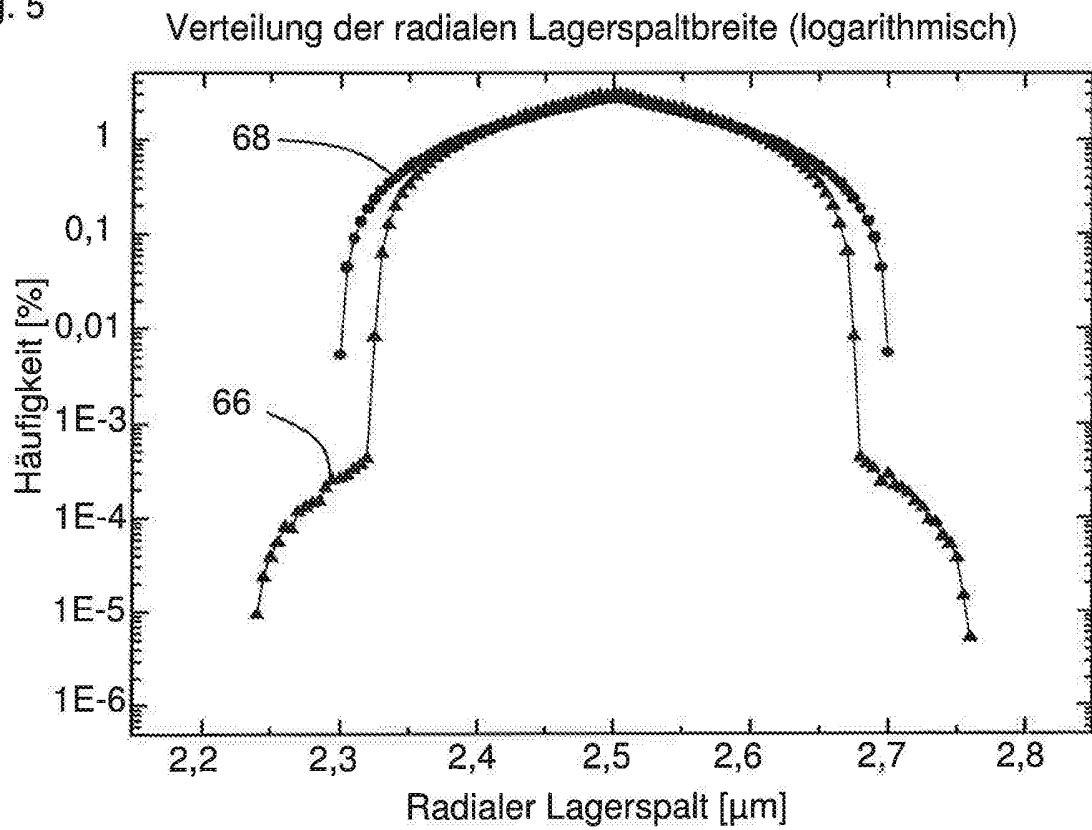


Fig. 5



Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: F16C 43/02 (2006.01); F16C 35/02 (2006.01); B07C 5/04 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: F16C 43/02 (2013.01); F16C 35/02 (2013.01); B07C 5/04 (2013.01); F16C 2370/12 (2013.01); F16C 2240/40 (2013.01); F16C 2240/46 (2013.01); F16C 2240/56 (2013.01); F16C 2240/70 (2013.01)
Recherchiertes Prüfmaterial (Klassifikation): F16C, B07C
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, FULLTEXT

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **11.01.2016** eingereichten Ansprüchen **1-11** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	JP 3518214 B2 (TOYOTA MOTOR CORP) 12. April 2004 (12.04.2004) EPODOC-Abstract, Absätze [0009], [0010], [0041], [0042] (Tabelle 6), [0043] (Tabelle 7), [0044] (Tabelle 8), [0045] (Tabelle 9)	1, 6-8
X	DE 1947407 A1 (IBM) 16. April 1970 (16.04.1970) Fig. 1-4, Seiten 5-7	1-3, 5, 7, 8
X	DE 102008045993 A1 (AUDI HUNGARIA) 29. April 2010 (29.04.2010) Fig. 1-6, Absätze [0023]-[0026], [0031], [0032]	1
A	US 5584395 A (HOMMA YASUAKI) 17. Dezember 1996 (17.12.1996) Fig. 1, 7, Spalte 1 Zeilen 31-64, Spalte 8 Zeilen 12-18	1-3, 7
A	CH 330377 A (CENSOR PATENT- UND VERSUCHSANSTALT) 31. Mai 1958 (31.05.1958) Fig. 1, Seite 2 Zeilen 3-16, Seite 3 Zeilen 3-75	1
A	CH 323954 A (PATENT- UND VERSUCHSANSTALT) 31. August 1957 (31.08.1957) Fig. 1-3, Seite 2 Zeilen 18-48	1
A	DE 19746070 A1 (VOLKSWAGEN AG) 10. Juni 1999 (10.06.1999) Fig. 2, Zusammenfassung, Spalte 4 Zeilen 31-60	1, 8
X	DE 102007054271 A1 (MINEBEA CO LTD) 28. Mai 2009 (28.05.2009) Absätze [0001], [0014] - drittletzter Satz	9-11

Datum der Beendigung der Recherche: 10.11.2016	Seite 1 von 1	Prüfer(in): EHRENDORFER Kurt
---	---------------	---------------------------------

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.
---	---