



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 211 329.7**

(22) Anmeldetag: **09.09.2020**

(43) Offenlegungstag: **10.03.2022**

(51) Int Cl.: **F16C 19/02 (2006.01)**

F16C 19/16 (2006.01)

(71) Anmelder:
Aktiebolaget SKF, Göteborg, SE

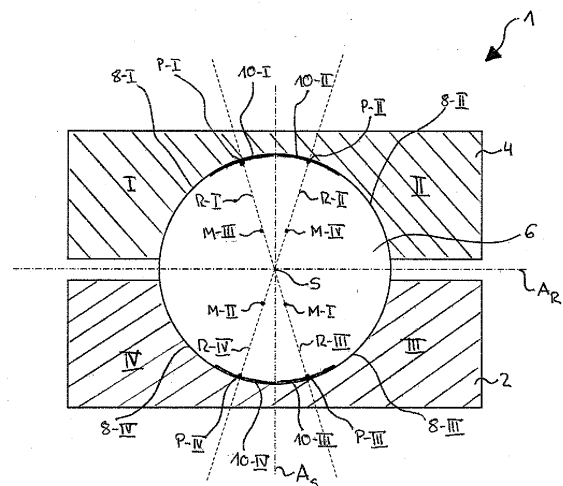
(74) Vertreter:
**Kohl, Thomas, Dipl.-Ing. Univ., 97421 Schweinfurt,
DE**

(72) Erfinder:
**Cao, Lijun, Houten, NL; Schulz, Ingo, 97447
Gerolzhofen, DE; Zeug, Christoph, 91052
Erlangen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Lageranordnung**

(57) Zusammenfassung: Offenbart wird eine Lageranordnung (1) mit einem ersten Laufbahnelement (2) und einem zweiten Laufbahnelement (4), wobei zwischen den Laufbahnelementen (2, 4) Kugeln (6) angeordnet sind, wobei die Kugeln (6) auf Laufbahnen (8), die an den Laufbahnelementen (2,4) angeordnet sind, abrollen, wobei die Lageranordnung (1) im Querschnitt durch die Rotationsachse (A_R) einer Kugel (6) und eine Achse (A_S) senkrecht zu der Rotationsachse (A_R) der Kugel (6) gedanklich in vier Quadranten (I, II, III, IV) geteilt ist, die im Uhrzeigersinn angeordnet sind, wobei die Kugel (6) vier Kontaktpunkte (P-I, P-II, P-III, P-IV) mit den Laufbahnen (8) aufweist und wobei jeder Kontaktpunkt (P-I, P-II, P-III, P-IV) in einem der vier Quadranten (I, II, III, IV) liegt, wobei die Laufbahn (8) des zweiten Laufbahnelements (4) im ersten und im zweiten Quadranten (I, II) und die Laufbahn (8) des ersten Laufbahnelements (2) im dritten und im vierten Quadranten (III, IV) liegt, wobei der Mittelpunkt (M-I) des Krümmungsradius (R-I) der Laufbahn (8-I) des ersten Quadranten (I) im dritten Quadranten (III) liegt, wobei der Mittelpunkt (M-II) des Krümmungsradius (R-II) der Laufbahn (8-II) des zweiten Quadranten (II) im vierten Quadranten (IV) liegt, wobei der Mittelpunkt (M-III) des Krümmungsradius (R-III) der Laufbahn (8-III) des dritten Quadranten (III) im ersten Quadranten (I) liegt, und wobei der Mittelpunkt (M-IV) des Krümmungsradius (R-IV) der Laufbahn (8-IV) des vierten Quadranten (IV) im zweiten Quadranten (II) liegt.



Beschreibung

[0001] Vorliegende Erfindung betrifft eine Lageranordnung mit einem ersten Laufbahnelement und einem zweiten Laufbahnelement gemäß Patentanspruch 1.

[0002] In Hochpräzisionsgetrieben, insbesondere in den Gelenken von Robotern oder den Lagern von Windturbinenblättern, muss von den dort verwendeten Lagern häufig eine Rotationsbewegung von weniger als 360° bei einer niedrigen Geschwindigkeit durchgeführt werden. Gleichzeitig kann dabei eine komplexe Lastsituation mit sowohl radialen als auch axialen Kräften, Neigungsmomentlasten und einer Kombination von Lasten auftreten. Hierfür werden häufig Kreuzrollenlager verwendet, die als ein einzelnes Lager eingesetzt werden können, wohingegen mit anderen Lagerarten zwei Lager notwendig wären. Kreuzrollenlager weisen eine hohe Steifigkeit, eine hohe Laufgenauigkeit und ein niedriges Spiel auf. Für Kreuzrollenlager werden Zylinderrollen verwendet, die in alternierender Folge um 45° geneigt zwischen den Lagerringen eingesetzt sind. Solche Kreuzrollenlager sind sowohl für Rotationsbewegungsanwendungen als auch Linearbewegungsanwendungen bekannt.

[0003] Allerdings tritt bei Zylinderrollen vermehrt ein Gleiten, sogenannter Schlupf, zwischen den Rollen und den Laufbahnflächen und zwischen den Rollenseitenflächen und der gegenüberliegenden Laufbahn auf, was zu einer erhöhten Abnutzung führt. Auch tritt ein Gleiten zwischen den Rollen selbst auf, was dazu führt, dass Abstandshalter vorteilhaft sind, was wiederum die Komplexität des Lagers erhöht und einen zusätzlichen Aufwand beim Zusammenbau des Lagers mit sich bringt. Das Gleiten führt auch zu einem hohen Energieverlust bei solchen Lagern. Des Weiteren kann bei Kreuzrollenlagern eine Kantenspannung, insbesondere unter hohen Lasten, auftreten. Diese Kantenspannung kann zwar durch spezielle Profile der Laufbahnen abgeschwächt werden, allerdings sind diese immer nur für einen einzelnen Lastfall vorgesehen und erzeugen eine schlechte Lastverteilung in anderen Lastfällen. Je näher die Lastrichtung zu der Rotationsachse der Rolle ist, desto weniger Last wird durch die Rolle aufgenommen. Dies führt dazu, dass unter speziellen Lastbedingungen die Last nur durch 50 % der verfügbaren Rollen getragen wird. Des Weiteren kann in manchen Fällen aufgrund der alternierenden Positionierung der Rollen die Hälfte der Rollen mehr Last als die andere Hälfte tragen, was eine ungleich verteilte belastete Zone erzeugt. Die alternierende Positionierung der Rollen verursacht des Weiteren einen zusätzlichen Aufwand beim Zusammenbau des Lagers, da spezielle Mechanismen erforderlich sind, um die Rollen zu positionieren.

[0004] Andere potenzielle Lösungen, um Lasten aufzunehmen, wenn axiale Kräfte dominieren, sind zum Beispiel ein Axialkugellager oder ein Vierpunkt-kontaktkugellager, wenn zusätzlich ein Biegemoment aufgenommen werden muss. Allerdings haben diese Lager ebenfalls einige Nachteile. Axialkugellager haben eine minimale radiale Laststeifigkeit und eine radiale Last kann zu einer Exzentrizität zwischen den Lagerringen führen. Die Kugeln in einem Axialkugellager zeigen aufgrund von Zentrifugalkräften vermehrtes Gleiten. Da es zwischen den Kugeln und den Laufbahnen nur zwei Kontaktstellen gibt, kann dies zu einem hohen Kontaktdruck führen. Die zwei Kontaktstellen zwischen den Kugeln und den Laufbahnen verändern sich mit der Lastrichtung, was eine dynamische Veränderung der Kugelrotationsachse verursacht und daher ein hohes und nicht konstantes Gleiten und daher einen hohen Energieverluste verursacht.

[0005] Es ist deshalb Aufgabe vorliegender Erfindung, eine Lageranordnung bereitzustellen, die ein stabiles Lager für radiale und axiale Lasten mit einem niedrigen Energieverlust darstellt und die günstig und einfach herzustellen ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Lageranordnung gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

[0007] Die Lageranordnung weist ein erstes Laufbahnelement und ein zweites Laufbahnelement auf, wobei zwischen den Laufbahnelementen Kugeln angeordnet sind. Die Kugeln rollen jeweils auf Laufbahnen ab, die an den Laufbahnelementen angeordnet sind.

[0008] Die Lageranordnung kann ein Kugellager, in der Form eines Radiallagers oder eines Axiallagers, oder ein Linearlager sein. In dem Fall eines Radiallagers entsprechen das erste Laufbahnelement und das zweite Laufbahnelement dem Innenring und dem Außenring. In dem Fall eines Axiallagers werden der Innenring und der Außenring (d.h. das erste Laufbahnelement und das zweite Laufbahnelement) als Gehäusescheibe und Wellenscheibe bezeichnet. In dem Fall eines Linearlagers entsprechen das erste Laufbahnelement und das zweite Laufbahnelement einer Schiene und einem Schlitten.

[0009] Um geringe Gleit- und Reibungsverluste sowie eine hohe Biegesteifigkeit und einen geringen Maximalkontaktdruck mit den Laufbahnen zu ermöglichen, weisen die Kugeln mit den Laufbahnen jeweils vier Kontaktpunkte auf. Das bedeutet, dass jede Kugel insgesamt vier Kontaktpunkte aufweist, d.h. pro Laufbahnelement zwei Kontaktpunkte. In dem Kontaktpunkt haben die jeweilige Laufbahn und die Kugel dieselbe Tangente und der Krümmungsradius, d.h. der Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Krümmungskreises der Laufbahnkrüm-

mung und dem Kontaktpunkt, steht senkrecht auf dieser Tangente. Durch diese vier Kontaktpunkte wird der Kontaktdruck im Gegensatz zu anderen Lagern aufgeteilt und dadurch die Kontaktspannungen und damit der Verschleiß, die Reibung und andere Oberflächenschädigungen reduziert.

[0010] Übliche Vierpunktkontaktkugellager, die als Axiallager verwendet werden können, weisen ebenfalls vier Kontaktstellen auf, allerdings sind diese nur theoretisch vorhanden. Im Betrieb sind nur zwei der vier theoretischen Kontaktstellen aktiv, was somit zu einem hohen Kontaktdruck an diesen zwei aktiven Kontaktstellen führt. Im Gegensatz dazu sind bei der hier vorgeschlagenen Lageranordnung immer vier Kontaktpunkte aktiv, wodurch sich der Kontaktdruck besser verteilt. Ein übliches Vierpunktkontaktkugellager hat des Weiteren eine reduzierte Kontaktsteifigkeit sowohl in axialer als auch radialer Richtung, da die Normalenrichtung der Kontaktstellen nicht mit der axialen oder der radialen Achse ausgerichtet ist. Des Weiteren benötigt ein solches Lager eine hohe axiale Vorspannung, um in der Lage zu sein, radiale Lasten aufzunehmen.

[0011] Um dies zu erreichen, ist die Lageranordnung im Querschnitt durch die Rotationsachse einer Kugel und eine Achse senkrecht zu der Rotationsachse der Kugel gedanklich in vier Quadranten geteilt, die im Uhrzeigersinn angeordnet sind. Die Rotationsachse der Kugel wird hierbei als gedankliche Rotationsachse im Stillstand gesehen. Im Betrieb ist die Rotationsachse der Kugel nicht fest, sondern kann sich bewegen.

[0012] Die Laufbahn des zweiten Laufbahnelements liegt in dem ersten und dem zweiten Quadranten und die Laufbahn des ersten Laufbahnelements liegt in dem dritten und dem vierten Quadranten. Der Mittelpunkt des Krümmungsradius der Laufbahn des ersten Quadranten liegt in dem dritten Quadranten, der Mittelpunkt des Krümmungsradius der Laufbahn des zweiten Quadranten liegt in dem vierten Quadranten, der Mittelpunkt des Krümmungsradius der Laufbahn des dritten Quadranten liegt in dem ersten Quadranten und der Mittelpunkt des Krümmungsradius der Laufbahn des vierten Quadranten liegt in dem zweiten Quadranten. Jeder der vier Kontaktpunkte einer Kugel liegt dabei in einem der vier Quadranten. Durch diese spezielle Anordnung wird erreicht, dass jede Kugel mit ihren Laufbahnen immer vier Kontaktpunkte hat und diese Kontaktpunkte auch unter Last beibehalten werden. Bei einem üblichen Vierpunktkontaktkugellager werden im Betrieb unter Last nur zwei oder maximal drei Kontaktstellen belastet. Ein Axialkugellager arbeitet mit nur zwei Kontaktstellen und Kreuzrollenlager arbeiten ebenfalls nur mit zwei Kontaktlinien. Die vier Kontaktpunkte erzeugen somit pro Kontaktpunkt mit der Kugel einen geringeren Kontaktdruck, wodurch z.B. die Abnutzung der

Lageranordnung reduziert werden kann, wobei gleichzeitig durch die Anordnung der Kontaktpunkte radiale und axiale Lasten aufgenommen werden können.

[0013] Durch die Verwendung von Kugeln kann der Zusammenbau der Lageranordnung vereinfacht werden, da die Kugeln im Vergleich zu Rollen ohne eine spezielle Orientierung eingebaut werden können. Die Verwendung von Kugeln ist des Weiteren vorteilhaft, da eine Kugel ein vollständig symmetrisches Element ist, das keine alternierende Orientierung der Wälzkörper benötigt, wie sie von Kreuzrollenlager bekannt ist. Dies ermöglicht, dass alle Wälzkörper die Last zwischen allen Laufbahnen tragen, auch wenn sie unter speziellen Bedingungen arbeiten, statt nur die Hälfte der Elemente, wie es bei Kreuzrollenlagern der Fall ist. Des Weiteren können Kugeln frei um ihre Mitte rotieren und können daher die Last über irgendeinen Punkt ihrer Oberfläche übertragen. Dies nutzt die Oberfläche der Kugeln bis zu einem Maximum aus, verteilt den Kontakt über die vollständige Kugeloberfläche und verteilt somit auch die Abnutzung über die vollständige Kugeloberfläche. Im Gegensatz dazu würden beispielsweise bei Kreuzrollenlagern nur einige Bereiche der Wälzkörperoberfläche abgenutzt werden.

[0014] Die hier beschriebene Lageranordnung kann als ein Volllager realisiert werden, ohne dass eine zusätzliche Abnutzung, wie es bei Rollenlagern der Fall ist, immer an der gleichen Stelle erfolgt. Durch den punktförmigen Kugel-Kugel-Kontakt entsteht zwar eine Abnutzung der Kugeln. Da die Kontaktpunkte jedoch auf der Oberfläche der Kugeln „wandern“ und somit nicht immer die gleiche Stelle belastet wird, führt dies zu einer geringeren Gesamtbelastung für die Kugeln. Dies ist der Fall, da die Orientierung des Kugelkörpers zu der Rotationsachse im Gegensatz zu einem Rollenlager variiert. Alternativ kann auch ein Käfig verwendet werden, wobei auch die Verwendung von Abstandshaltern statt eines vollständigen Käfigs möglich ist. Die Lageranordnung stellt genug Raum in dem Bereich entlang der Kugelrotationsachse bereit, um sowohl Abstandshalter als auch einen Käfig zu verwenden.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform liegt der Schnittpunkt der beiden Krümmungsradien der Laufbahn des ersten Laufbahnelements auf einer Achse senkrecht zur Rotationsachse der Kugel und der Schnittpunkt der beiden Krümmungsradien der Laufbahn des zweiten Laufbahnelements liegt ebenfalls auf einer Achse senkrecht zur Rotationsachse der Kugel. Diese Achsen können auch eine gemeinsame Achse sein, insbesondere die Achse, die senkrecht zur Rotationsachse liegt und durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Auch können die Schnittpunkte auf der Rotationsachse liegen. Jede Laufbahn weist somit zwei Krümmungsradien auf, deren Mittel-

punkte nicht zusammenfallen, wodurch jede Laufbahn aus zwei Segmenten besteht, zwischen denen ein Übergang besteht. Der Übergang zwischen den beiden Laufbahnen bzw. die Kontaktlinie der beiden Laufbahnen liegt auf einer Ebene, welche durch den Kugelmittelpunkt geht und senkrecht auf der gedachten Kugelrotationsachse steht. Durch diese zwei Krümmungsradien und deren spezielle Anordnung kann sichergestellt werden, dass die Kugel immer vier Kontaktstellen mit den Laufbahnen hat. Die beiden Krümmungsradien können unterschiedlich oder identisch sein.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Krümmungsradien identisch. Dies führt zu einer symmetrischen Aufteilung der Krümmungsradien und deren Mittelpunkten auf die vier Quadranten. Durch diese symmetrische Anordnung wird die Last gleichmäßig auf die vier Kontaktstellen zwischen den Kugeln und den Laufbahnen verteilt.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Kontaktpunkte versetzt zu der Achse senkrecht zu der Rotationsachse der Kugel angeordnet. Das bedeutet, dass die Kontaktpunkte sich vorzugsweise nicht auf der Rotationsachse der Kugel und auf der Achse senkrecht zu der Rotationsachse der Kugel befinden. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass sich die Lageranordnung als ein Axial- oder Radialkugellager verhält, das nur zwei Kontaktpunkte hat, was die radiale oder axiale Steifigkeit verringern würde. Des Weiteren können durch die Lageranordnung radiale oder axiale Lasten in einer definierten Weise direkt von Beginn der Belastung an aufgenommen werden, im Gegensatz zu einem Radial- oder Axialkugellager, das je eine Kontaktstelle auf einem der Laufbahnelemente aufweist. In gleicher Weise können axiale oder radiale Lasten in einer definierten Weise direkt von Beginn der Belastung an aufgenommen werden, im Gegensatz zu einem Kugellager, das ebenfalls eine Kontaktstelle auf einer der Achsen hat.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Kontaktpunkte in einem Bereich von $\pm 20^\circ$, vorzugsweise $\pm 10^\circ$ um die Achse angeordnet, die senkrecht zu der Rotationsachse der Kugel ist. Die Kontaktstellen zwischen der Kugel und den Laufbahnen können innerhalb dieses Bereichs je nach Anwendungsfall variieren. Durch diese Anordnung erzeugen die vier Kontaktpunkte eine spezielle Kinematik der Kugeln, da die Rotationsachse der Kugeln, auch während einer Belastung, immer senkrecht zu der Achse bleibt, um die die Kontaktpunkte angeordnet sind.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform ist der Krümmungsradius ein variabler Radius. Das bedeutet, dass die jeweiligen Laufbahnen Kreisbogenseg-

mente, aber auch Ellipsen oder allgemein Ovale sein können.

[0020] Das erste Laufbahnelement und/oder das zweite Laufbahnelement können als geteiltes Laufbahnelement ausgebildet sein, wobei ein Vorspannmechanismus vorgesehen ist, um die Kontaktpunkte zwischen der Kugel und den Laufbahnen zu kontrollieren. Durch das Vorspannen des jeweiligen Laufbahnelements kann die Vorspannung der Kontaktpunkte durch ein Anpassen des Spiels zwischen den Teilen des geteilten Laufbahnelements angepasst werden.

[0021] Die Lageranordnung kann als Axiallager, Radiallager oder Linearlager realisiert werden. Abhängig von der jeweiligen Ausgestaltung der Lageranordnung kann die Rotationsachse der Kugel senkrecht zu der Rotationsachse des Lagers (in dem Fall eines Axiallagers), parallel zu der Rotationsachse des Lagers (in dem Fall eines Radiallagers) und senkrecht zu der Bewegungsrichtung (in dem Fall eines Linearlagers) sein.

[0022] Durch die hier beschriebene Lageranordnung sind somit viele verschiedene Lagerausgestaltungen möglich, die jeweils die Vorteile der Lageranordnung, wie sie oben beschrieben sind, zeigen. Insbesondere wird durch die hier beschriebene Lageranordnung eine gute radiale Laststeifigkeit und ein geringes Abnutzungsverhalten aufgrund eines geringen Gleitverhaltens bereitgestellt.

[0023] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Getriebe, insbesondere ein Hochpräzisionsgetriebe, mit einer wie oben beschriebenen Lageranordnung bereitgestellt. Ein solches Hochpräzisionsgetriebe kann beispielsweise in Robotern eingesetzt werden, die eine sehr genaue Ansteuerung der Bewegungsabläufe und daher der Gelenke, in denen Lager verwendet werden, benötigen. Die Lageranordnung kann beispielsweise als Lager in einer Roboteranwendung verwendet werden, um aufeinanderfolgende Arme bzw. Armteile zu verbinden.

[0024] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen sind in der Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen angegeben. Dabei sind insbesondere die in der Beschreibung und in den Zeichnungen angegebenen Kombinationen der Merkmale rein exemplarisch, so dass die Merkmale auch einzeln oder anders kombiniert vorliegen können.

[0025] Im Folgenden soll die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben werden. Dabei sind die Ausführungsbeispiele und die in den Ausführungsbeispielen gezeigten Kombinationen rein exemplarisch und sollen nicht den Schutzbereich der Erfin-

zung festlegen. Dieser wird allein durch die anhängigen Ansprüche definiert.

[0026] Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Querschnittsansicht einer Lageranordnung;

Fig. 2: eine schematische Querschnittsansicht der Lageranordnung von **Fig. 1** als einreihiges Axiallager;

Fig. 3: eine schematische Querschnittsansicht der Lageranordnung von **Fig. 1** als einreihiges Radiallager;

Fig. 4: eine schematische Querschnittsansicht der Lageranordnung von **Fig. 1** als zweireihiges Axiallager;

Fig. 5: eine schematische Querschnittsansicht der Lageranordnung von **Fig. 1** als zweireihiges Radiallager; und

Fig. 6: eine schematische Querschnittsansicht der Lageranordnung von **Fig. 1** als Linearlager mit geteiltem Laufbahnelement.

[0027] Im Folgenden werden gleiche oder funktionell gleichwirkende Elemente mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0028] **Fig. 1** zeigt eine Lageranordnung 1 mit einem ersten Laufbahnelement 2 und einem zweiten Laufbahnelement 4. Zwischen den Laufbahnelementen 2, 4 sind Kugeln 6 als Wälzkörper angeordnet. Die Kugeln 6 rollen auf Laufbahnen 8 ab, die an den Laufbahnelementen 2, 4 angeordnet sind.

[0029] Die Lageranordnung 1 kann als Kugellager, insbesondere als Radial- oder Axiallager, oder als Linearlager ausgebildet sein. In dem Fall eines Radiallagers entsprechen das erste Laufbahnelement 2 und das zweite Laufbahnelement 4 dem Innenring und dem Außenring. In dem Fall eines Axiallagers entsprechen das erste Laufbahnelement 2 und das zweite Laufbahnelement 4 der Wellenscheibe und der Gehäusescheibe. In dem Fall eines Linearlagers entsprechen das erste Laufbahnelement 2 und das zweite Laufbahnelement 4 der Schiene und dem Schlitten.

[0030] Bei der in **Fig. 1** gezeigten Lageranordnung 1 können die Laufbahnen 8 gedanklich in vier Quadranten I, II, III, IV aufgeteilt werden. Die Aufteilung in die vier Quadranten I, II, III, IV erfolgt durch die Rotationsachse A_R der Kugel sowie eine Achse A_s , die senkrecht auf der Rotationsachse A_R steht. Die Laufbahn des zweiten Laufbahnelements 4 wird durch zwei Segmente 8-1, 8-11 gebildet und liegt in dem ersten und zweiten Quadranten I, II und die Laufbahn des ersten Laufbahnelements 2 wird

durch zwei Laufbahnsegmente 8-III und 8-IV gebildet und liegt in dem dritten und vierten Quadranten III, IV.

[0031] Die Kugel 6 kommt mit den Laufbahnen 8-1, 8-II an zwei Kontaktpunkten P-I, P-II, die sich in zwei Kontaktzonen 10-1 und 10-11 befinden, und mit den Laufbahnen 8-III und 8-IV an zwei Kontaktpunkten P-III, P-IV, die sich in den Kontaktzonen 10-111 und 10-114 befinden, in Kontakt. Um sicherzustellen, dass die Kugel 6 die Laufbahnen 8 an den Kontaktpunkten P-I, P-II, P-III, P-IV, berührt, haben die Laufbahnen 8 eine spezielle Ausgestaltung: Der Mittelpunkt M-I des Krümmungsradius R-I des Laufbahnsegments 8-1 liegt in dem dritten Quadranten III, der Mittelpunkt M-II des Krümmungsradius R-II des Laufbahnsegments 8-II liegt in dem vierten Quadranten IV, der Mittelpunkt M-III des Krümmungsradius R-III des Laufbahnsegments 8-III liegt in dem ersten Quadranten I und der Mittelpunkt M-IV des Krümmungsradius R-IV des Laufbahnsegments 8-IV liegt in dem zweiten Quadranten II.

[0032] In der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform liegt der Schnittpunkt der Krümmungsradien R-1, R-II des ersten und des zweiten Quadranten I, II auf der Achse A_s und der Schnittpunkt der Krümmungsradien R-III, R-IV des dritten und des vierten Quadranten III, IV liegt ebenfalls auf der Achse A_s . Der Schnittpunkt kann aber auch nicht auf der Achse A_s liegen. Unter dem Krümmungsradius R wird hier der die Krümmung definierende Radius, d.h. der Abstand zwischen der Laufbahn 8 und dem Mittelpunkt M verstanden. Insbesondere, wie in **Fig. 1** gezeigt ist, schneidet die Gerade durch M-I und M-III die Gerade durch M-II und M-IV in dem Schnittpunkt S. In dem hier gezeigten Fall liegt der Schnittpunkt S gleichzeitig auf dem Schnittpunkt der Rotationsachse A_R und der Achse A_s , dies ist aber nicht zwingend erforderlich. Durch diese spezifische Ausgestaltung der Krümmungsradien R der Laufbahnen 8 wird sichergestellt, dass die Kugel 6 die Laufbahnen 8 an den Kontaktpunkten P-I, P-II, P-III, P-IV berührt. Die Kontaktpunkte P-I, P-II, P-III, P-IV liegen in den Kontaktzonen 10 in einem Bereich von $\pm 20^\circ$, insbesondere $\pm 10^\circ$ um die Achse A_s .

[0033] Um sicherzustellen, dass das Kugellager 1 nicht nur axiale oder radiale Lasten aufnehmen kann, sind die Kontaktpunkte P-I, P-II, P-III, P-IV immer versetzt zu der Achse A_s . Auf diese Weise weist die Kugel 6 immer vier Kontaktstellen P-I, P-II, P-III, P-IV mit den Laufbahnen 8 auf, die sich jeweils in den Kontaktzonen 10-1, 10-11, 10-111 und 10-114 befinden, wodurch eine gute radiale Laststeifigkeit und eine gute Last- und Druckverteilung und damit ein geringes Abnutzungsverhalten erreicht wird.

[0034] Die Lageranordnung 1 kann in unterschiedlichen Ausgestaltungen eingesetzt werden, wie in den **Fig. 2** bis **Fig. 6** gezeigt ist.

[0035] Wie in **Fig. 2** dargestellt ist, kann die Lageranordnung als einreihiges Axialkugellager verwendet werden, wobei in diesem Fall die Rotationsachse A_R senkrecht zu der Lagerrotationsachse A_L ist. Die Achse A_s , um die die Kontaktzonen 10-1, 10-11, 10-111, 10-IV angeordnet sind, liegt dabei parallel zu der Rotationsachse A_L des Lagers.

[0036] Alternativ kann die Lageranordnung 1 als einreihiges Radialkugellager verwendet werden, wie in **Fig. 3** gezeigt ist. In diesem Fall ist die Rotationsachse A_R parallel zu der Rotationsachse A_L des Lagers 1. Die Achse A_s , um die die Kontaktzonen 10-1, 10-11, 10-111 und 10-IV angeordnet sind, ist in diesem Fall senkrecht zu der Lagerrotationsachse A_L .

[0037] Die Lageranordnung 1 kann auch als zweireihiges Axialkugellager (**Fig. 4**) oder als zweireihiges Radialkugellager (**Fig. 5**) verwendet werden. In dem Fall eines zweireihigen Axialkugellagers ist die Rotationsachse A_R senkrecht zu der Lagerrotationsachse A_L und in dem Fall eines zweireihigen Radialkugellagers ist die Rotationsachse A_R parallel zu der Lagerachse A_L .

[0038] In dem Fall eines solchen zweireihigen Axial- oder Radialkugellagers können die Innen- oder Außenringe 2, 4 als geteilte Ringe ausgestaltet sein (nicht gezeigt). In diesem Fall kann ein Vorspannmechanismus, beispielsweise eine Schraubverbindung, verwendet werden, um die Kontaktpunkte P-I, P-II, P-III, P-IV bzw. Kontaktzonen 10 zwischen der Kugel 6 und den Laufbahnen 8 zu kontrollieren. Durch das Vorspannen des jeweiligen Rings 2, 4 kann die Vorspannung der Kontaktpunkte P-I, P-II, P-III, P-IV durch ein Anpassen des Spiels zwischen den Teilen des geteilten Rings 2, 4 angepasst werden. Auch einreihige Axial- oder Radialkugellager können mit geteilten Ringen 2, 4 und Vorspannmechanismen realisiert werden.

[0039] Die Lageranordnung 1 kann auch als ein Linearlager verwendet werden, wie es in **Fig. 6** dargestellt ist. In diesem Fall wird das erste Laufbahnelement 2 durch eine Schiene und das zweite Laufbahnelement durch einen Schlitten 12 und ein davon getrenntes Element 4' gebildet. Auch in diesem Fall kann das zweite Laufbahnelement 4' durch eine Vorspannelement 14 in seiner Vorspannung oder seinem Spiel angepasst werden, um entsprechend die Kontaktpunkte P-I, P-II, P-III, P-IV bzw. die Kontaktzonen 10-1, 10-11, 10-111, 10-IV anzupassen. In dem Fall des Linearlagers 1 von **Fig. 6** ist die Kugelrotationsachse A_R senkrecht zur Bewegungsrichtung des Lagers 1 in dem Schlitten 12.

[0040] Durch das hier beschriebene Kugellager können eine gute radiale und axiale Laststeifigkeit und

ein geringes Abnutzungsverhalten aufgrund einer geringeren Reibung erreicht werden.

Bezugszeichenliste

1	Lageranordnung
2	erstes Laufbahnelement
4	zweites Laufbahnelement
6	Kugeln
8	Laufbahnen
10	Kontaktzonen
12	Schlitten
14	Vorspannmechanismus
I, II, III, IV	Quadranten
A_L	Lagerrotationsachse
A_R	Kugelrotationsachse
A_s	Achse senkrecht zur Kugelrotationsachse
M	Mittelpunkt des Krümmungsradius
P	Kontaktpunkte
R	Krümmungsradius
S	Schnittpunkt

Patentansprüche

1. Lageranordnung (1) mit einem ersten Laufbahnelement (2) und einem zweiten Laufbahnelement (4), wobei zwischen den Laufbahnelementen (2, 4) Kugeln (6) angeordnet sind, wobei die Kugeln (6) auf Laufbahnen (8), die an den Laufbahnelementen (2, 4) angeordnet sind, abrollen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lageranordnung (1) im Querschnitt durch die Rotationsachse (A_R) einer Kugel (6) und eine Achse (A_s) senkrecht zu der Rotationsachse (A_R) der Kugel (6) gedanklich in vier Quadranten (I, II, III, IV) geteilt ist, die im Uhrzeigersinn angeordnet sind, wobei die Kugel (6) vier Kontaktpunkte (P-I, P-II, P-III, P-IV) mit den Laufbahnen (8) aufweist und wobei jeder Kontaktpunkt (P-I, P-II, P-III, P-IV) in einem der vier Quadranten (I, II, III, IV) liegt, wobei die Laufbahn (8) des zweiten Laufbahnelements (4) im ersten und im zweiten Quadranten (I, II) und die Laufbahn (8) des ersten Laufbahnelements (2) im dritten und im vierten Quadranten (III, IV) liegt, wobei der Mittelpunkt (M-I) des Krümmungsradius (R-I) der Laufbahn (8-1) des ersten Quadranten (I) im dritten Quadranten (III) liegt, wobei der Mittelpunkt (M-II) des Krümmungsradius (R-II) der Laufbahn (8-11) des zweiten Quadranten (II) im vierten Quadranten (IV) liegt, wobei der Mittelpunkt (M-III) des Krümmungsradius

(R-III) der Laufbahn (8-III) des dritten Quadranten (III) im ersten Quadranten (I) liegt, und wobei der Mittelpunkt (M-IV) des Krümmungsradius (R-IV) der Laufbahn (8-IV) des vierten Quadranten (IV) im zweiten Quadranten (II) liegt.

ger ist, wobei das erste Laufbahnelement (2) eine Schiene ist und wobei das zweite Laufbahnelement (4', 12) ein Schlitten ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

2. Lageranordnung nach Anspruch 1, wobei der Schnittpunkt der beiden Krümmungsradien (R-III, R-IV) der Laufbahn (8-III, 8-IV) des ersten Laufbahnelements (2) auf einer Achse senkrecht zu der Rotationsachse (A_R) der Kugel (6) liegt und wobei der Schnittpunkt der beiden Krümmungsradien (R-I, R-II) der Laufbahn (8-1, 8-II) des zweiten Laufbahnelements (4) auf einer Achse senkrecht zu der Rotationsachse (A_R) der Kugel (6) liegt.

3. Lageranordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Krümmungsradien (R-1, R-II, R-III, R-IV) identisch sind.

4. Lageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kontaktpunkte (P-I, P-II, P-III, P-IV) versetzt zu der Achse (A_S) senkrecht zu der Rotationsachse (A_R) der Kugel (6) angeordnet sind.

5. Lageranordnung nach Anspruch 4, wobei die Kontaktpunkte (P-I, P-II, P-III, P-IV) der Kugel (6) mit den Laufbahnen (8) in einem Bereich von $\pm 20^\circ$, vorzugsweise $\pm 10^\circ$, um die Achse (A_S) angeordnet sind, die senkrecht zu der Rotationsachse (A_R) der Kugel (6) ist.

6. Lageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Krümmungsradius (R-I, R-II, R-III, R-IV) der Laufbahnen (8) ein variabler Radius ist.

7. Lageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Laufbahnelement (2) und/oder das zweite Laufbahnelement (4) als geteiltes Laufbahnelement ausgebildet ist, wobei ein Vorspannmechanismus vorgesehen ist, um die Kontaktpunkte (P-I, P-II, P-III, P-IV) zwischen der Kugel (6) und den Laufbahnen (8) zu kontrollieren.

8. Lageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lageranordnung (1) ein Kugellager ist, wobei das erste Laufbahnelement (2) ein Innenring oder eine Wellenscheibe ist und wobei das zweite Laufbahnelement (4) ein Außenring oder eine Gehäusescheibe ist.

9. Lageranordnung nach Anspruch 8, wobei die Rotationsachse (A_R) der Kugeln (6) senkrecht oder parallel zu der Rotationsachse (A_L) des Kugellagers (1) ist.

10. Lageranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Lageranordnung (1) ein Linearla-

Anhängende Zeichnungen

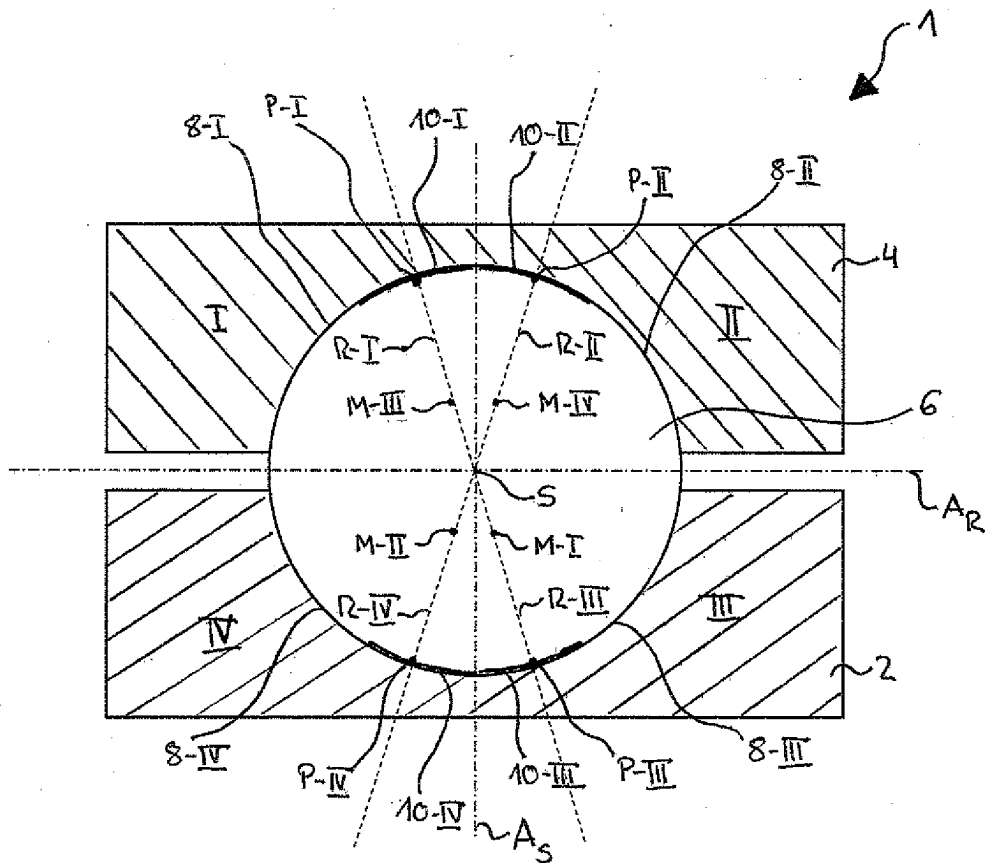


Fig. 1

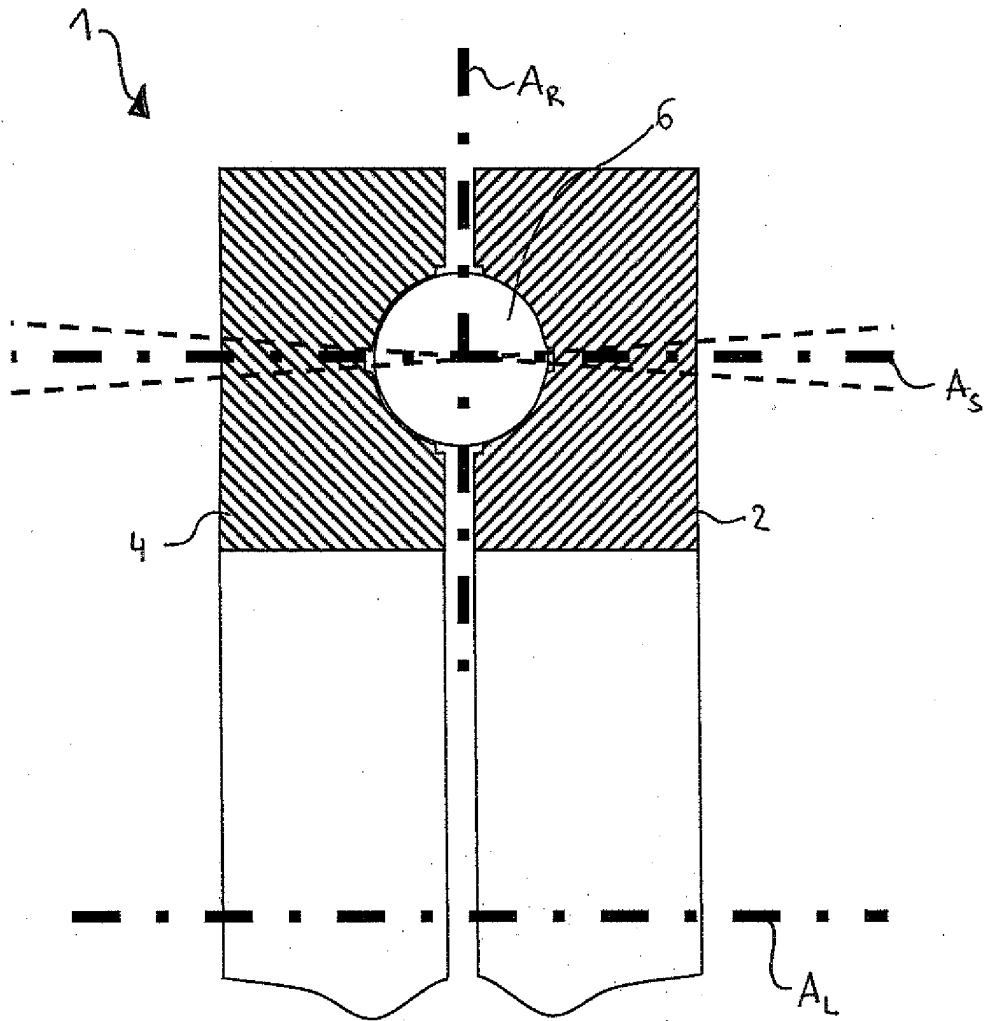


Fig. 2

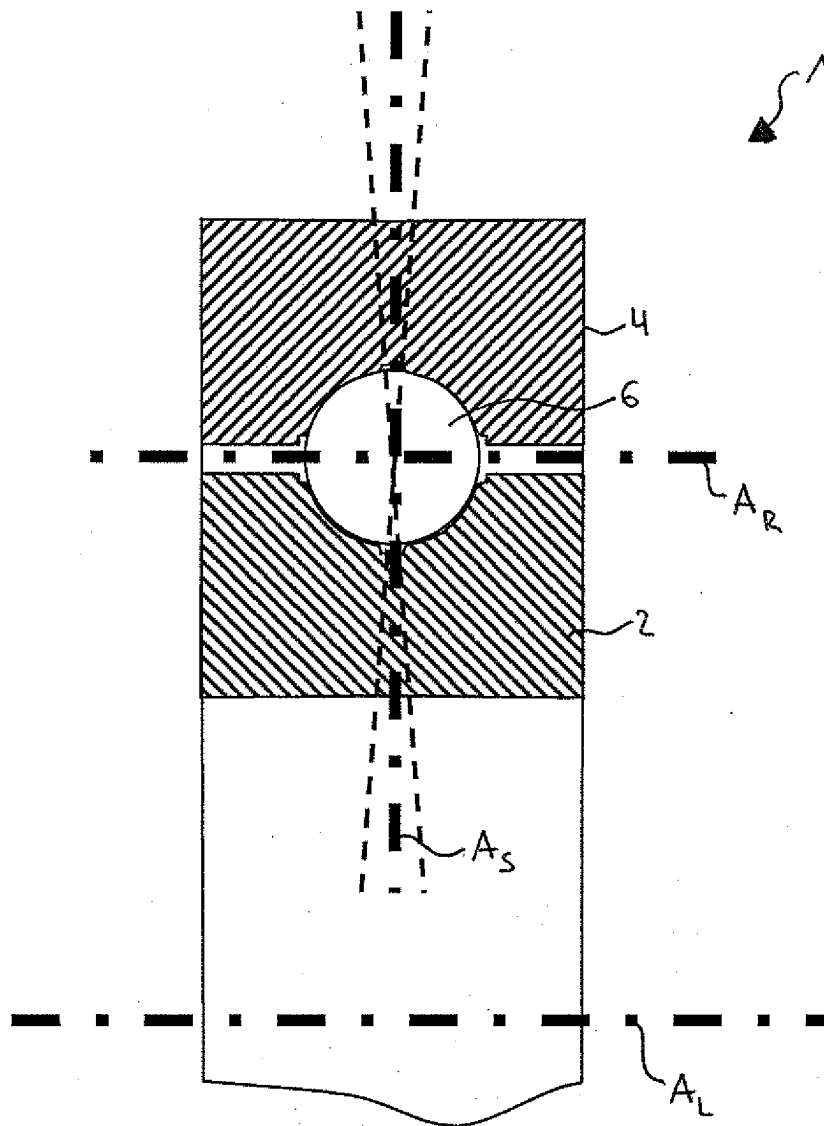


Fig. 3

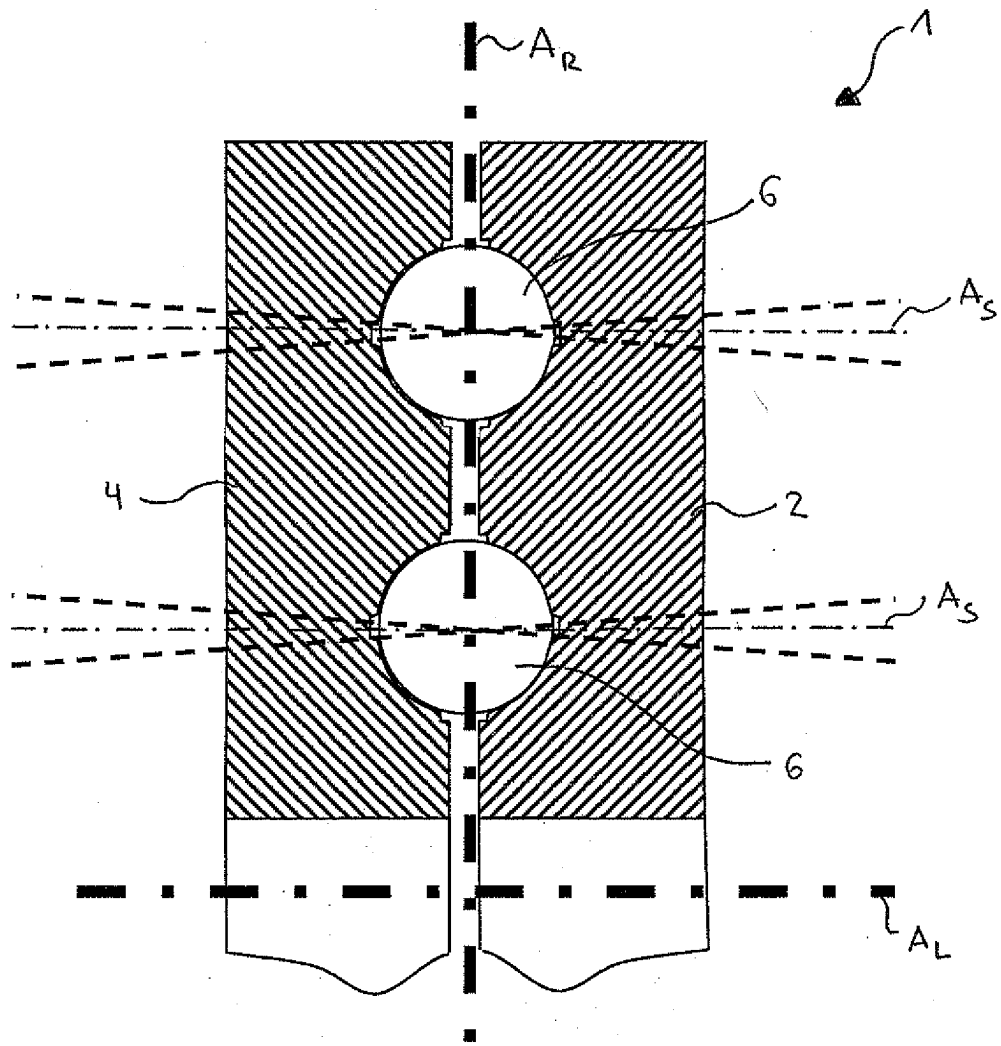


Fig. 4

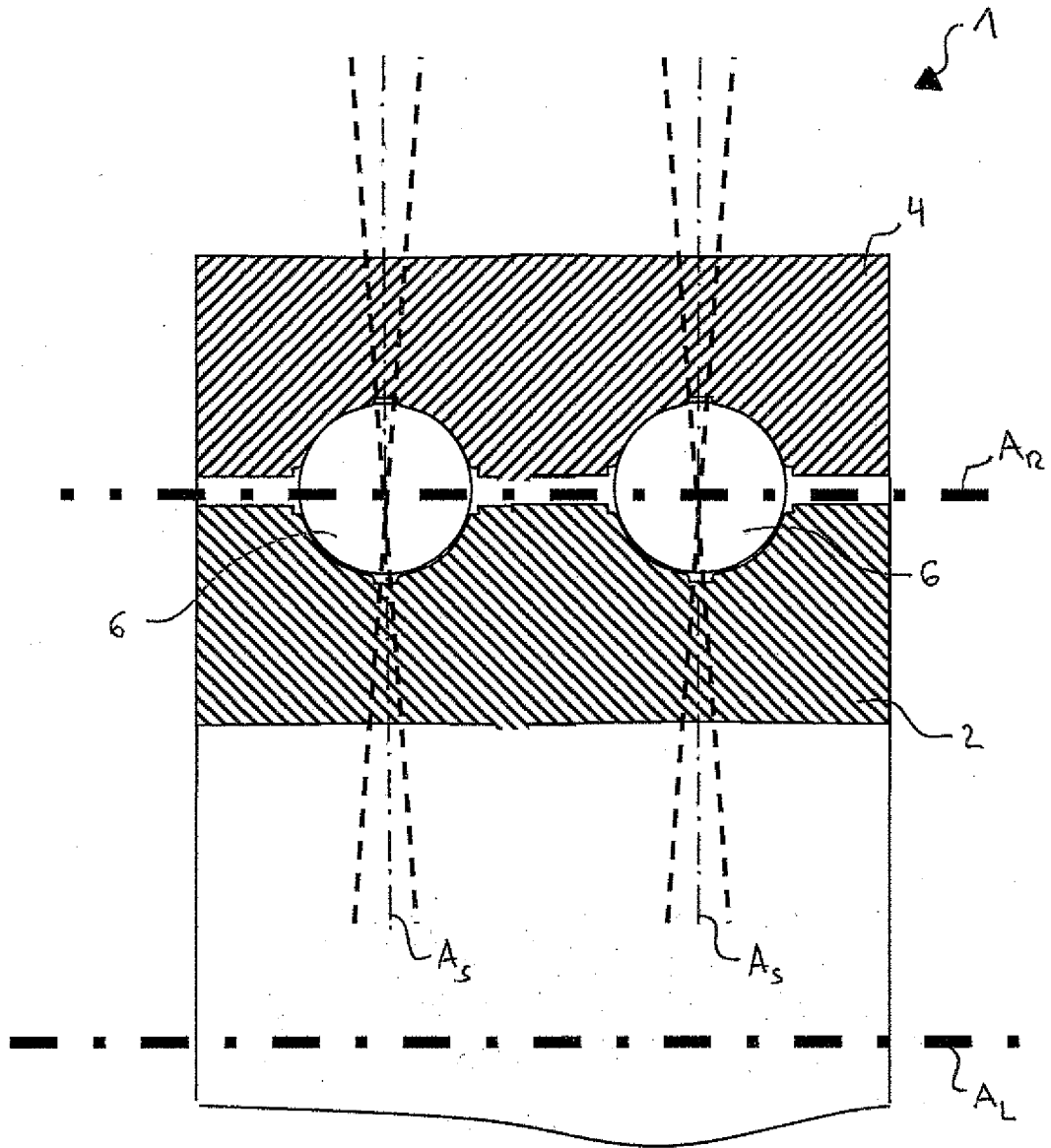


Fig. 5

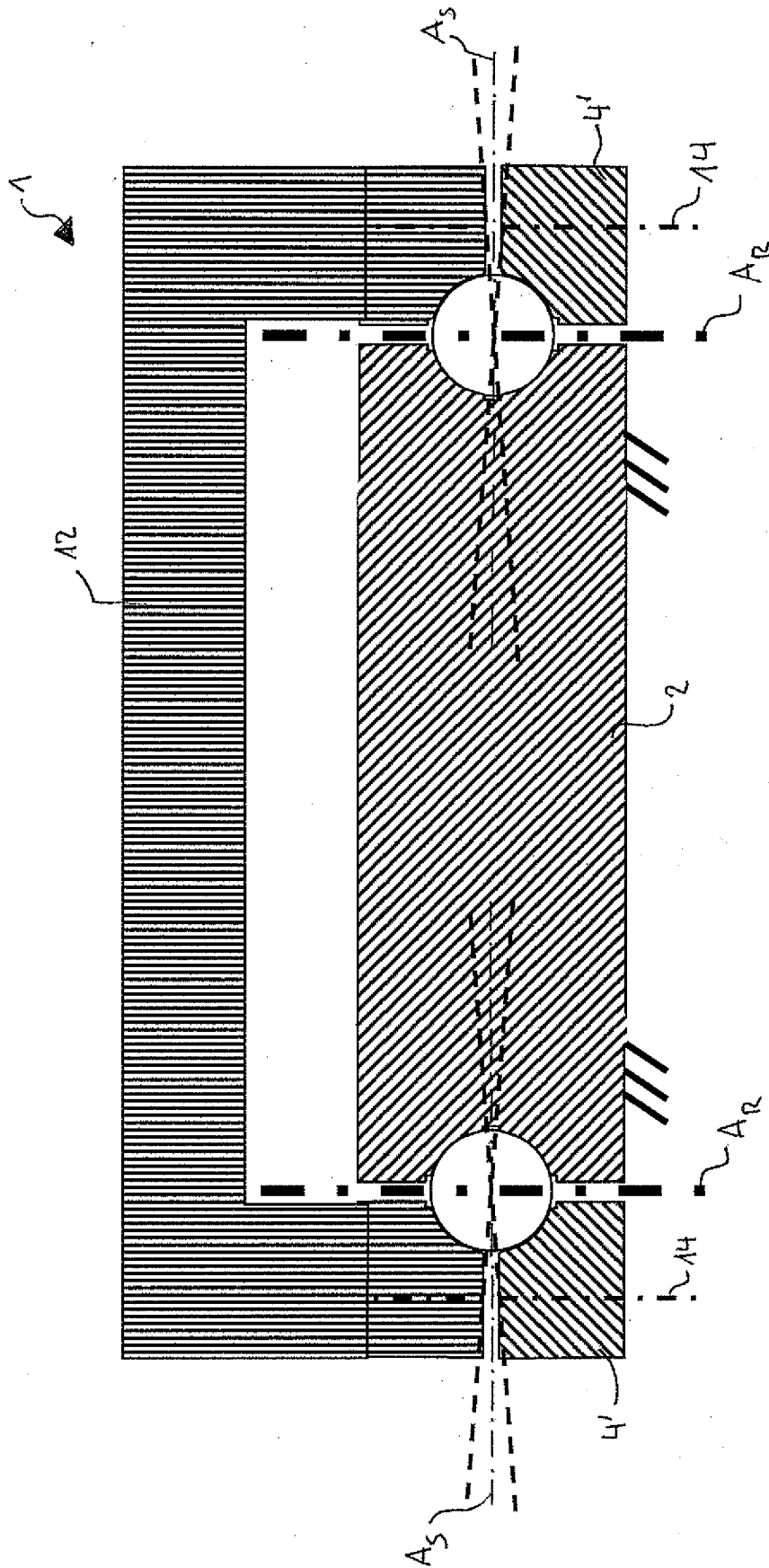


Fig. 6