(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. August 2013 (22.08.2013)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/120687 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16C 17/03 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/051607

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Januar 2013 (29.01.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 002 713.3
14. Februar 2012 (14.02.2012) DE

(71) Anmelder: **VOITH PATENT GMBH** [DE/DE]; St. Pöltener Str. 43, 89522 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder: **RUDOLPH, Ralph**; Josef-Hofmiller-Weg 5, 87549 Kranzegg (DE). **FUCHS, Andreas**; Vilstalstrasse 35, 87459 Pfronten-Ried (DE). **SPÖRL, Klaus-Peter**; Überlinger Str. 11, 87439 Kempten (DE).

(74) Anwalt: **DR. WEITZEL & PARTNER**; Friedenstrasse 10, 89522 Heidenheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: RADIAL BEARING

(54) **Bezeichnung** : RADIALLAGER

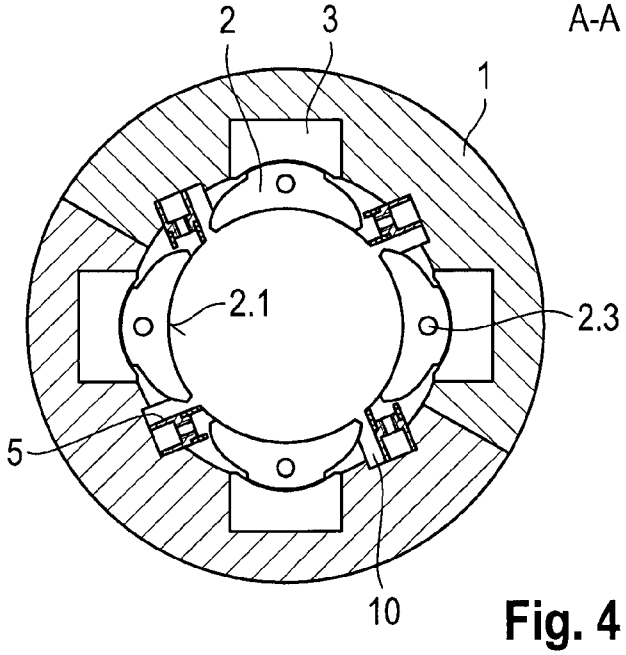


Fig. 4

(57) **Abstract**: The invention relates to a radial bearing, comprising a housing, a housing bore extending along a bearing axis, several tilting segments that are arranged around the bearing axis in order to support a shaft and each have a radially outer bearing surface, by means of which the tilting segments are supported on a supporting surface on the housing. The radially outer bearing surface of each tilting segment and the supporting surface are arranged facing each other. Each tilting segment is movably arranged relative to the housing. The invention is characterized by the following features: a first one of the surfaces forms a first section curve with a first section plane perpendicular to the bearing axis; the first section curve is convexly curved and has a first main radius of curvature, and the second surface forms a second section curve with the section plane perpendicular to the bearing axis; the second section curve is correspondingly concavely curved and has a second main radius of curvature, wherein the magnitude of the first main radius of curvature of the first surface is smaller than the magnitude of the second main radius of curvature of the second surface; the first surface forms a third section curve with a second section plane parallel to the bearing axis; the third section curve is convexly curved and has a first secondary radius of curvature, and the second surface forms a fourth section curve with the second section plane parallel to the bearing axis; and the fourth section curve is correspondingly concavely curved or not curved and has a second secondary radius of curvature or correspondingly has no curvature, the two secondary radii of curvature being different from each other.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/120687 A1

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft ein Radiallager, umfassend: ein Gehäuse; eine entlang einer Lagerachse verlaufende Gehäusebohrung; mehrere Kippsegmente, die zum Lagern einer Welle um die Lagerachse herum angeordnet sind und jeweils eine radial äußere Lagerfläche aufweisen, mit der sich die Kippsegmente auf eine Tragfläche am Gehäuse abstützen; die radial äußere Lagerfläche eines jeden Kippsegmentes und die Tragfläche sind einander gegenüberliegend angeordnet; jedes Kippsegment ist relativ zum Gehäuse beweglich angeordnet; Die Erfindung ist gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale: eine erste der Flächen bildet mit einer ersten Schnittebene senkrecht zur Lagerachse eine erste Schnittkurve; die erste Schnittkurve ist konvex gekrümmt und weist einen ersten Hauptkrümmungsradius auf, und die zweite Fläche bildet mit der Schnittebene senkrecht zur Lagerachse eine zweite Schnittkurve; die zweite Schnittkurve ist entsprechend konkav gekrümmt und weist einen zweiten Hauptkrümmungsradius auf, wobei der Betrag des ersten Hauptkrümmungsradius der ersten Fläche kleiner ist als der Betrag des zweiten Hauptkrümmungsradius der zweiten Fläche; und die erste Fläche bildet mit einer zweiten Schnittebene parallel zur Lagerachse eine dritte Schnittkurve; die dritte Schnittkurve ist konvex gekrümmt und weist einen ersten Nebenkrümmungsradius auf, und die zweite Fläche bildet mit der zweiten Schnittebene parallel zur Lagerachse eine vierte Schnittkurve; die vierte Schnittkurve ist entsprechend konkav gekrümmt oder nicht gekrümmt und weist einen zweiten Nebenkrümmungsradius auf oder weist entsprechend keine Krümmung auf, wobei sich die beiden Nebenkrümmungsradien voneinander unterscheiden.

Radiallager

Die Erfindung betrifft ein Radiallager gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Es handelt sich somit um ein Lager, das eine Mehrzahl von Kippsegmenten aufweist, die eine Welle lagern. Dieses wird als Kippsegmentlager bezeichnet und zählt zu den hydrodynamischen Gleitlagern.

Auf folgende Patente wird hiermit verwiesen:

US 5 738 447 A
US 6 485 182 B
DE 60110751 T2
DE 69503138 T2
EP 2 339 192 A1
DE 19514830 C2
GB 2285491 A
DE 602004003239 T2
EP 1859175 B1
CH 558481 A.

Die rotordynamischen Eigenschaften von Turbo-Getrieben werden im Wesentlichen durch die Eigenschaften der Lagerung bestimmt und durch die Geometrie der Wellen bestimmt. Bei sehr hohen Wellendrehzahlen kommen hier vor allem Radialkippsegmentlager zum Einsatz. Die Entwicklung im Turbo-Getriebebau führt zu größerer Leistungsübertragung, größerer Leistungsdichte und höheren Drehzahlen bei gleichzeitiger Forderung höherer Effizienz und stabilerem Schwingungsverhalten. Um diesen wachsenden Anforderungen gerecht zu werden, ist ein Radialkippsegmentlager notwendig, das mit höherer Drehzahl und Lagerpressung, mit geringerer Lagerspielveränderung im instationären Betrieb, geringen Lagerverformungen und mit verbesserten Schwingungseigenschaften im Turbo-Getriebe-System betrieben werden kann.

Die genannten Eigenschaften des Lagers hängen voneinander ab. Beispielsweise ergibt sich durch eine höhere Lagerpressung die Möglichkeit, das Lager kleiner auszuführen und die Effizienz des Lagers zu erhöhen.

Beim Anfahren von Turbo-Getrieben kann es infolge des instationären Betriebes lokal zu starken, thermischen Dehnungen bei geringer Lagerkühlung kommen, die im Kippsegmentlager zu unzulässig kleinen Lagerspielen führen.

Die genannten Radialkippsegmentlager kommen insbesondere für überkritisch drehende Wellen in Betracht, deren Schwingungsverhalten durch die Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften der Lager entscheidend beeinflusst werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Radiallager gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 derart zu gestalten, dass die derzeitigen Grenzen für den Einsatz eines Radialkippsegmentlagers hinsichtlich Lagerpressung, Effizienz und Schwingungsverhalten überschritten werden können.

Diese Aufgabe wird mittels eines Radiallagers gemäß Anspruch 1 gelöst.

Ein erfindungsgemäßes Radiallager umfasst ein Gehäuse, eine entlang einer Lagerachse verlaufende Gehäusebohrung, mehrere Kippsegmente, die zum Lagern einer Welle um die Lagerachse herum angeordnet sind und jeweils eine radial äußere Lagerfläche aufweisen, mit der sich die Kippsegmente auf eine Tragfläche am Gehäuse abstützen, wobei die radial äußere Lagerfläche eines jeden Kippsegmentes und die Tragfläche einander gegenüberliegend angeordnet sind. Jedes Kippsegment ist relativ zum Gehäuse beweglich angeordnet.

Erfindungsgemäß bildet eine erste der Flächen mit einer ersten Schnittebene senkrecht zur Lagerachse eine erste Schnittkurve. Die erste Schnittkurve ist konvex gekrümmt und weist einen ersten Hauptkrümmungsradius auf, und die

zweite Fläche bildet mit der Schnittebene senkrecht zur Lagerachse eine zweite Schnittkurve. Die zweite Schnittkurve ist entsprechend konkav gekrümmt und weist einen zweiten Hauptkrümmungsradius auf, wobei der Betrag des ersten Hauptkrümmungsradius der ersten Fläche kleiner ist als der Betrag des zweiten Hauptkrümmungsradius der zweiten Fläche. Die erste Fläche bildet mit einer zweiten Schnittebene parallel zur Lagerachse eine dritte Schnittkurve. Die dritte Schnittkurve ist konvex gekrümmt und weist einen ersten Nebenkrümmungsradius auf. Die zweite Fläche bildet mit der zweiten Schnittebene parallel zur Lagerachse eine vierte Schnittkurve. Die vierte Schnittkurve ist entsprechend konkav gekrümmt oder nicht gekrümmt und weist einen zweiten Nebenkrümmungsradius auf oder weist entsprechend keine Krümmung auf, wobei sich die beiden Nebenkrümmungsradien voneinander unterscheiden.

Somit können für die beiden Schnittkurven der Nebenkrümmung Krümmungskombinationen konvex zu konkav oder konvex zu eben oder konkav zu konvex oder eben zu konvex vorliegen.

Das Verhältnis der beiden Nebenkrümmungsradien im Berührpunkt der Tragfläche mit der radial äußeren Lagerfläche kann abhängig von der Krümmungskombination derartig ausgeführt ist, dass zwischen der radial äußeren Lagerfläche und der Tragfläche stets nur ein Berührpunkt vorliegt.

Der wesentliche Gedanke der Erfindung besteht darin, die radial äußere Lagerfläche des einzelnen Kippsegmentes und die Tragfläche des Druckblocks derart zu gestalten, dass diese beiden im Wesentlichen eine Punktlagerung miteinander bilden, dabei aber mindestens die Lagersteifigkeit einer Linienberührung konventioneller Radialkippsegmentlager erhalten bleibt und die Kippsegmente im Betrieb lediglich durch die hydrodynamische Krafteinwirkung des Schmierfilmdruckes zwischen der Welle und dem Kippsegment und dem Kontakt

zwischen Kippsegment und Druckblock, welcher feststehend am Gehäuse befestigt ist, in der gewünschten Position in Umfangsrichtung verharren.

Entscheidend für diesen Gleichgewichtszustand ist, dass der zweite Hauptkrümmungsradius im Berührpunkt der Tragfläche mit der radial äußeren Lagerfläche in einer Schnittebene senkrecht zur Lagerachse kleiner ist als der Abstand zwischen Lagerachse und dem Berührpunkt.

Das jeweilige Kippsegment in unverkippter Stellung soll in wenigstens zwei Richtungen kippfähig sein, nämlich zum einen um eine erste Kippachse, die zur Längsachse des Radiallagers, im Folgenden Lagerachse genannt, parallel ist, und zum anderen um eine zweite Kippachse, die winklig beziehungsweise senkrecht zur ersten Kippachse und damit winklig beziehungsweise senkrecht zur Lagerachse verläuft.

Die beiden Kippachsen müssen dabei in Bezug auf die Lagerachse nicht zwingend ortsfest sein, sondern können sich infolge einer relativen Dreh- oder Abwälzbewegung zwischen der jeweiligen Lagerfläche und der Tragfläche relativ zur Lagerachse, insbesondere mit dem jeweiligen Kippsegment, mitbewegen. Diese Kippfähigkeit ermöglicht die Ausgleichsbewegung der Welle im Radiallager und wird mittels der erfindungsgemäßen Haupt- und/oder Nebenkrümmung erzielt. Letztere kann sich dabei über das gesamte Element (Kippsegment, Druckblock), sozusagen von Rand zu Rand, oder aber nur teilweise über das Element erstrecken. Hierdurch wird erreicht, dass das einzelne Kippsegment gewissermaßen eine unbeschränkte Kippfreiheit aufweist und keine lokalen Überbelastungen oder Kantentragen auftritt.

Da sich jeweils Hauptkrümmungsradius und Nebenkrümmungsradius zweier gegenüberliegender Flächen untereinander unterscheiden, ergibt sich ausgehend

von einem theoretischen Berührpunkt beider Flächen ein zunehmender Abstand dieser zueinander.

Dabei können sich bevorzugt auch die Hauptkrümmungsradien sowie die Nebenkrümmungsradien ein und derselben Fläche voneinander unterscheiden. Dies bedeutet, dass beispielsweise das jeweilige Kippsegment, in der Hauptkrümmung einen anderen Radius aufweist als in der Nebenkrümmung. Gleiches gilt analog bei variierenden Radien der Haupt- und Nebenkrümmung der genannten Flächen, wie noch nachfolgend ausgeführt wird.

Bevorzugt wird die radial äußere Lagerfläche eines jeden Kippsegments unmittelbar, das bedeutet ohne Zwischenschaltung weiterer Elemente, von der Tragfläche getragen. Der Begriff unmittelbar schließt ein, dass im Betrieb des Gleitlagers die einander zugewandten Flächen, nämlich die radial äußere Lagerfläche und die Tragfläche, durch einen Schmiermittelfilm voneinander getrennt sein können und sich damit nicht direkt berühren. Wenn nachfolgend von Abrollen oder Abwälzen der einen Fläche auf der anderen Fläche die Rede ist, so ist auch immer gemeint, dass sich zwischen diesen ein solcher Schmiermittelfilm befindet. Ein Kippsegment weist bevorzugt genau eine, insbesondere zusammenhängende Fläche auf, nämlich die radial äußere Lagerfläche, mittels welcher es ebenfalls von genau einer Gegenfläche, nämlich der Tragfläche getragen wird. Die Schnittebenen sind jeweils so zu legen, dass die Kurve, die sich aus dem Schnitt der Schnittebene mit der jeweiligen Fläche ergibt, mittig zu den Rändern der Fläche liegt. Dies muss jedoch nicht zwingend der Fall sein. So können die Schnittebenen derart gelegt werden, dass auch bezogen auf die Ränder der Flächen unsymmetrische Krümmungen realisierbar sind.

Weiter kann der Haupt- und/oder Nebenkrümmungsradius wenigstens einer der besagten Flächen variieren.

Ein ergänzender, erfindungsgemäßer Gedanke besteht darin, ein Schmier- und Kühlsystem zur Kühlung der Kippsegmente vorzusehen, damit die Lagertemperatur im Betrieb geringer ausfällt, als bei konventionellen Radialkippsegmentlagern. Das Kühlsystem besitzt die Merkmale, das frische (relativ kühle) Kühlmedium möglichst direkt und gerichtet auf die radial innere Lagerfläche des Kippsegments aufzubringen und das vom Lager erwärmte Kühlmedium möglichst direkt nach der Erwärmung wieder aus dem Lager herauszuleiten.

Die Kühlung der Kippsegmente kann bevorzugt dadurch erfolgen, dass zwischen zwei Kippsegmenten eine Ölzufuhrleiste zum Zuführen von Kühl- oder Schmiermittel zu einem von den jeweiligen Kippsegmenten und der Welle gebildeten Spalt vorgesehen wird. Dabei mündet die Ölzufuhrleiste im Bereich des Spalts, wobei deren Mündungsfläche auf eine Kante des Kippsegments, insbesondere die in Drehrichtung der Welle gesehen zuerst von der Welle überstrichene Einlaufkante gerichtet ist.

Dabei kann eine Mehrzahl von Ölzufuhrleisten vorgesehen sein, welche über dem Umfang des Radiallagers verteilt sind, sodass jeweils zwischen zwei benachbarten Kippsegmenten eine solche Ölzufuhrleiste angeordnet ist.

Ferner kann die wenigstens eine Ölzufuhrleiste gegen die Radiale der Drehachse der Welle beziehungsweise der Lagerachse geneigt sein.

Bevorzugt können im Bereich der Einlaufkante in wenigstens einem Kippsegment Aussparungen zum Zuführen von aus der Ölzuführleiste austretenden Öl zu dem von der Welle und dem Kippsegment gebildeten Spalt vorgesehen sein. Die Ölzufuhrleiste umfasst dabei Ölkanäle. So können die Mündungsöffnungen der Ölzufuhrleiste bzw. der Ölkanäle sich mit den Aussparungen in Richtung der Längsachse der Mündungsöffnungen teilweise oder vollständig überdecken. Somit

verlaufen die Längsachsen der Aussparungen der Kippsegmente koaxial bzw. parallel zu der Längsachse der Ölzufuhrleiste. Auch könnten die Flächen der Aussparungen und der Mündungsöffnungen deckungsgleich ausgeführt sein. Die Aussparungen können als insbesondere symmetrische Nuten ausgeführt sein. Auch die Längsachsen oder Symmetrieachsen der Aussparungen können mit der Radialen zusammenfallen oder parallel zu ihr verlaufen. Dies kann auch zusätzlich oder alternativ für die Ölkanäle der Ölzufuhrleiste der Fall sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst das Radiallager eine erste Ölsperre zum Abgreifen von relativ heißem Schleppöl aus einem von dem jeweiligen Kippsegment und der Welle gebildeten Spalt, wobei die erste Ölsperre zwischen zwei Kippsegmenten angeordnet ist und mit ihrem freien Ende von radial außen in den Bereich des Spalts hineinragt. Die erste Ölsperre greift somit einen Großteils des heißen, aus dem Spalt austretenden Öls ab.

Auch kann das Radiallager eine weiteren Ölsperre zum Zuleiten von relativ kaltem Frischöl zu einem von den jeweiligen Kippsegment und der Welle gebildeten Spalt umfassen, wobei die weitere Ölsperre zwischen zwei Kippsegmenten angeordnet ist und mit ihrem freien Ende von radial außen in einen Zwischenraum zwischen Gehäuse und Kippsegment hineinragt.

Bevorzugt kann das freie, radial innere Ende wenigstens einer der Ölsperren sich an oder radial außerhalb der radial inneren Lagerfläche des Kippsegments, an das es unmittelbar angrenzt, befinden. Dabei kann insbesondere das freie Ende der einen Ölsperre in Umfangsrichtung der Welle zum freien Ende der weiteren Ölsperre beabstandet und insbesondere in Drehrichtung der Welle gesehen vor dem freien Ende der weiteren Ölsperre angeordnet sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind dabei die eine und die weitere Ölsperre untereinander axial beabstandet an jeweils ein und derselben Ölzufuhrleiste angeordnet.

Bevorzugt kann sich das radial innere Ende wenigstens einer der Ölsperren an oder radial außerhalb der radial inneren Lagerfläche befinden, wobei bevorzugt die Ölsperren an der Ölzufuhrleiste, insbesondere an deren radial innerem Ende form-, kraft- oder stoffschlüssig befestigt oder mit dieser oder dem Gehäuse einteilig ausgeführt sind.

Weitere Merkmale ergeben sich aus der folgenden Beschreibung. Darin ist im Einzelnen folgendes dargestellt:

Figur 1 zeigt in isometrischer Darstellung ein Radialkippsegmentlager.

Figur 2 zeigt das Lager gemäß Figur 1 in Draufsicht auf eine Stirnseite.

Figur 3 zeigt das Lager gemäß Figur 1 in einer Seitenansicht.

Figur 4 ist ein Axialschnitt A-A durch das Lager gemäß Figur 1.

Figur 5 ist ein Radialschnitt B-B durch das Lager gemäß Figur 1.

Figur 6 zeigt in vergrößertem Maßstab eine Einzelheit einer Ölzufuhrleiste.

Figur 7 zeigt in vergrößerter Darstellung ein Kippsegment mit einem Druckblock.

Figur 8 zeigt in einer räumlichen Darstellung die Krümmungen der radial äußeren Lagerfläche sowie der Tragfläche.

Figur 9 zeigt symbolisch in einer räumlichen Darstellung den Krümmungsradiusverlauf der radial äußeren Lagerfläche sowie der Tragfläche.

Das Radiallager umfasst ein Gehäuse 1 mit einer Bohrung. Man könnte auch sagen, das Gehäuse 1 besteht aus einer zylindrischen Hülse. In vorliegendem Falle ist diese aus zwei Halbschalen aufgebaut. Siehe die Figuren 1 und 2. Es könnten auch mehrere Teilschalen sein.

Die ganz wesentlichen Elemente sind aus den Figuren 4 und 7 bis 9 erkennbar. Hier sind in erster Linie die Kippsegmente 2 zu nennen. Letztere sind um die Lagerachse 11a herumgruppiert angeordnet. Im vorliegenden Fall handelt es sich um vier Kippsegmente. Es könnten aber auch mehr oder weniger sein.

Jedes Kippsegment 2 weist, wie besonders gut aus Figur 7 zu erkennen ist, eine radial innere Lagerfläche 2.1 und eine radial äußere Lagerfläche 2.2 auf. Die radial äußere Lagerfläche 2.2 ist von einer Tragfläche 3.1 am Gehäuse 1 getragen. Die radial äußere Lagerfläche 2.2 sowie die Tragfläche 3.1 sind einander gegenüberliegend angeordnet. Die Tragfläche 3.1 wird hier von einem Druckblock 3 ausgebildet, sodass jedes Kippsegment 2 von einem Druckblock 3, bevorzugt unmittelbar getragen wird.

Der Druckblock 3 ist im vorliegenden Fall in das Gehäuse 1 eingelassen. Dieser könnte jedoch anderweitig an dem Gehäuse 1 befestigt sein oder einteilig mit dem Gehäuse 1 ausgeführt sein.

Die Figuren 1 bis 3 lassen unter anderem Seitendeckel 1.1 des Gehäuses 1 erkennen. Die Seitendeckel 1.1 tragen Segmenthaltestifte 2.3, die in die Kippsegmente 2 eingelassen sind. Die Segmenthaltestifte 2.3 sorgen im

Nichtbetrieb, bei der Montage und beim Transport des Radiallagers dafür, dass die Kippsegmente 2 nicht aus dem Lager herausfallen, sich aber im Rahmen des in den Seitendeckeln 1.1 eingearbeiteten radialen und tangentialen Spiels bewegen können. Die Segmenthaltestifte 2.3 sind somit im Wesentlichen in radialer und tangentialer Richtung zur Lagerachse 11a formschlüssig mit den Seitendeckeln 1.1 im Nichtbetrieb des Radiallagers verbindbar. Die Segmenthaltestifte 2.3 beeinträchtigen die Kippsegmente 2 nicht bei deren räumlichen Ausgleichsbewegungen im Betrieb. Die Segmenthaltestifte 2.3 sind für den Betrieb des Lagers nicht erforderlich.

Analog ist es auch denkbar, dass die Segmenthaltestifte 2.3 fest mit den Seitendeckeln 1.1 verbunden sind und zu zugehörigen Bohrungen in den Kippsegmenten 2 Spiel aufweisen.

Die radial innere Lagerfläche 2.1 der Kippsegmente 2 dient zum Lagern einer hier nicht gezeigten Welle. Letztere wird vom Gehäuse 1 umschlossen. Die radial innere Lagerfläche 2.1 besitzt einen Radius, der größer als der zugehörige Radius der Welle an der Lagerstelle ist. Ein Radienverlauf wäre aber ebenso denkbar. Die Welle ist gegenüber dem Gehäuse 1 mittels der Kippsegmente 2 in Radialrichtung gelagert.

Damit das Radiallager im Betrieb die räumlichen Bewegungen der Welle aufnehmen und ausgleichen kann, ist jedes Kippsegment 2 relativ zum Gehäuse 1 beweglich angeordnet. Figur 8 zeigt dabei nur die beiden Flächen 2.2, 3.1 und zwar in einer Ausgangsstellung, in welcher die Drehachse 12a der Welle mit der Lagerachse 11a zusammenfällt. Dies muss jedoch nicht zwingend der Fall sein. Beide Achsen 11a, 12a könnten auch parallel zueinander verlaufen. Achse 13a verläuft senkrecht zur Lagerachse 11a.

Die Darstellung der Fig. 8 und 9 ist nicht maßstäblich, sodass insbesondere der erfindungsgemäße Unterschied der Krümmungsradien von beiden Flächen 2.2, 3.1 nur angedeutet ist.

Wie in Figur 9 gezeigt ist, bildet eine erste der Flächen 2.2, 3.1, hier die radial äußere Lagerfläche 2.2 mit einer ersten Schnittebene 12 senkrecht zur Lagerachse 11a eine erste Schnittkurve S1. Letztere ist konvex gekrümmt und weist einen ersten Hauptkrümmungsradius R1 auf. Die zweite Fläche, hier die Tragfläche 3.1, bildet mit der Schnittebene 12 senkrecht zur Lagerachse 11a eine zweite Schnittkurve S2, welche entsprechend konkav gekrümmt ist und einen zweiten Hauptkrümmungsradius R2 aufweist. Umgekehrt könnte die Schnittkurve S2 der Tragfläche 3.1 entsprechend konvex gekrümmt sein und die Schnittkurve S1 der radial äußeren Lagerfläche 2.2 entsprechend konkav gekrümmt sein (nicht gezeigt).

Wenigstens eine der Flächen 2.2, 3.1 weist zusätzlich zu der Hauptkrümmung noch eine Nebenkrümmung auf. So bildet die radial äußere Lagerfläche 2.2, wie in Figur 9 dargestellt, mit einer zweiten Schnittebene 13 senkrecht zur Lagerachse 11a eine dritte Schnittkurve S3. Schnittkurve S3 ist konvex gekrümmt und weist einen ersten Nebenkrümmungsradius R3 auf. Entsprechend bildet die Tragfläche 3.1 mit der zweiten Schnittebene 13 eine vierte Schnittkurve S4 aus, welche konkav gekrümmt ist und einen zweiten Nebenkrümmungsradius R4 aufweist. Alternativ kann die Tragfläche 3.1 auch frei von einer Nebenkrümmung sein (nicht dargestellt) und somit einen zweiten Nebenkrümmungsradius R4 aufweisen, der gegen unendlich geht.

Somit werden die Flächen 2.2, 3.1 von zwei senkrecht zueinander verlaufenden Schnittebenen 12 und 13 geschnitten, wobei die Schnittebene 12 senkrecht auf der Lagerachse 11a und die Schnittebene 13 wiederum parallel zu der Lagerachse 11a steht und im vorliegenden Fall durch die Lagerachse 11a verläuft. Die

Schnittkurven der jeweiligen Fläche ergeben miteinander geschnitten einen Schnittpunkt. Berühren sich beide Schnittpunkte der gegenüberliegenden Flächen 2.2, 3.1, so werden sie im Folgenden als Berührpunkt S bezeichnet.

Die beiden, in den Figuren 8 und 9 gezeigten und senkrecht zueinander verlaufenden Achsen 11a und 12a könnten auch, wie eingangs beschrieben, als Kippachsen des Kippsegments 2 aufgefasst werden.

Die Schnittebene 13 verläuft durch die Lagerachse 11a und den Berührpunkt S. Die Schnittebene 12 verläuft senkrecht zur Schnittebene 13 durch den Berührpunkt S und die Achse 13a.

Das Kippsegment 2 kann zwei Bewegungen der Welle, eine Hauptbewegung und eine Nebenbewegung, unabhängig voneinander ausgleichen. Die Hauptbewegung beschreibt die Welle bei Parallelität der Drehachse 12a zur Lagerachse 11a in radialer Richtung beim Abrollen des ersten Hauptkrümmungsradius R1 der radial äußeren Lagerfläche 2.2 auf dem zweiten Hauptkrümmungsradius R2 der Tragfläche 3.1.

Die Nebenbewegung beschreibt die Welle beim Abrollen des ersten Nebenkrümmungsradius R3 der radial äußeren Lagerfläche 2.2 auf dem zweiten Nebenkrümmungsradius R4 der Tragfläche 3.1 durch Verkippen der Wellenachse 12a zur Lagerachse 11a, wobei die beiden Achsen in der Schnittebene 13 bleiben. Die Kippachse ist hierbei die Achse 13a.

Indem beide Bewegungen unabhängig voneinander überlagert werden, kann jedes Kippsegment 2 jede Wellenbewegung in vorgegebenen Grenzen ausgleichen.

In der Schnittebene 12, in der die Abrollradien der Hauptbewegung abgebildet sind, beschreibt die Schnittkurve S1 der radial äußeren Lagerfläche 2.2 beispielhaft

stets einen konvexen Verlauf und die Schnittkurve S2 der Tragfläche 3.1 beispielhaft stets einen konkaven Verlauf. Hierbei ist der Betrag des ersten Hauptkrümmungsradius R1 stets kleiner als der Betrag des zweiten Hauptkrümmungsradius R2.

In Fig. 9 sind die Schnittkurven S3 und S4 in der Schnittebene 13, in der die Abrollradien der Nebenbewegung abgebildet sind, für die radial äußere Lagerfläche 2.2 beispielhaft mit konvexen Verlauf und für die Tragfläche 3.1 beispielhaft mit konkaven Verlauf dargestellt. Hierbei ist der Betrag des dritten Nebenkrümmungsradius R3 stets kleiner als der Betrag des vierten Nebenkrümmungsradius R4.

Unabhängig von den in den Figuren dargestellten Ausführungsformen sind verschiedene Kombinationen der beiden Flächen 2.2, 3.1 hinsichtlich der Ausgestaltung der Nebenkrümmung denkbar.

Für diese Nebenbewegung sind in der Schnittebene 13 auch folgende Linienkonturen der radial äußeren Lagerfläche 2.2 und Tragfläche 3.1 denkbar:

	Schnittkurven in der Schnittebene 13		
	Lagerfläche 2.2 (R3)	Tragfläche 3.1 (R4)	Radienverhältnis
Fall 1 (Fig. 8 und 9)	konvex	konkav	$\lvert R3\rvert < \lvert R4\rvert$ *)
Fall 2	konvex	eben	
Fall 3	konkav	konvex	$\lvert R3\rvert > \lvert R4\rvert$ *)
Fall 4	eben	konvex	

*) $\lvert R\rvert$ entspricht dem Betrag von R

Der Krümmungsverlauf der Schnittkurven sowohl in der ersten Schnittebene 12 (Hauptbewegung), hier als Hauptkrümmungsradius bezeichnet, als auch in der zweiten Schnittebene 13 (Nebenbewegung), hier als Nebenkrümmungsradius bezeichnet, können variieren und müssen nicht konstant sein. Wie in Fig. 9

dargestellt, kann beispielweise der Betrag des ersten Nebenkrümmungsradius R3 der hier konvex gekrümmten Lagerfläche 2.2 mit zunehmendem Abstand vom Schnittpunkt/Berührpunkt S abnehmen. Alternativ oder zusätzlich kann der Betrag des Nebenkrümmungsradius R4 der hier konkav dargestellten Tragfläche 3.1 mit zunehmendem Abstand vom Schnittpunkt/Berührpunkt S zunehmen.

Gleiches gilt für den Hauptkrümmungsradius:
Der Betrag des ersten Hauptkrümmungsradius R1 der hier konvex gekrümmten Lagerfläche 2.2 kann beispielsweise mit zunehmenden Abstand vom Schnittpunkt/Berührpunkt S (siehe Fig. 9) abnehmen. Alternativ oder zusätzlich kann der Betrag des zweiten Hauptkrümmungsradius R2 der hier konkav dargestellten Tragfläche 3.1 mit zunehmendem Abstand vom Schnittpunkt/Berührpunkt S zunehmen.

Durch die hier beschriebenen Variationen der Krümmungsradien entlang der Linienkonturen der Schnittkurven S1-S4 in den Schnittebenen 12 und 13 wird eine erwünschte, hohe radiale Steifigkeit des Lagers bei gleichzeitiger Beweglichkeit des Kippsegments 2 durch eine nahezu Punktberührung realisiert.

Im Betrieb des Kippsegmentlagers wird aufgrund des sich einstellenden Lagerkräftegleichgewichts das Kippsegment 2 in Umfangsrichtung zur Lagerachse 11a automatisch positioniert und gleichzeitig ein Verkanten der Welle im Radiallager vermieden.

Die Bewegungsfreiheit der Kippsegmente 2 in axialer Richtung wird durch die Seitendeckel 1.1 (Figuren 1-3), welche auch geteilt ausgeführt sein können, begrenzt. Um die Reibung zwischen den Kippsegmenten 2 und den Seitendeckeln 1.1 im Rahmen der Bewegungsfreiheit der Kippsegmente 2 gering zu halten, können dünne Scheiben auf die Segmenthaltestifte 2.3 zwischen Seitendeckel und Kippsegment 2 montiert sein.

Um die radiale Steifigkeit des Radiallagers weiter zu erhöhen, sollte das Material des Druckblockes 3, unabhängig von den bisher in den Figuren dargestellten Ausführungsformen, einen Elastizitätsmodul aufweisen, der größer als jener von Stahl ist. Werte von mehr als 200 GPa sind anzustreben, beispielsweise 250 GPa oder mehr. Als Material kommt zum Beispiel eine technische Keramik in Betracht. Die Herstellung des Radiallagers mit Komponenten auf Basis keramischer Werkstoffe wird durch die Verwendung von Druckblöcken 3 erleichtert. Die Druckblöcke 3 und/oder die Kippsegmente 2 kommen vollständig oder teilweise für die Ausführung in technischer Keramik in Betracht. Technische Keramik hat den Vorteil einer sehr guten Wärmeleitfähigkeit. Dies führt zu einer raschen Abfuhr der im Schmierfilm dissipierten Energie, und damit zu einer deutlichen Reduzierung der maximalen Lagertemperatur. Ein weiterer Vorteil von technischer Keramik gegenüber den bisher verwendeten Segmentwerkstoffen ist der deutlich kleinere Wärmeausdehnungskoeffizient. Damit wird die Gefahr einer unzulässigen Reduktion des Lagerspiels infolge von instationären, thermischen Verformungen und den damit entstehenden hohen Lagertemperaturen (Temperaturüberschwinger), die zur Abschaltung der Anlage führen können, insbesondere beim Anfahren des Turbo-Getriebes oder im instationären Betrieb verringert.

Das für das erfindungsgemäße Radiallager verwendete Schmier- beziehungsweise Kühlmittel ist in der Regel Öl. Es kann aber auch ein anderes Schmier- beziehungsweise Kühlmittel, wie zum Beispiel Wasser, zur Anwendung kommen. Beispielhaft wird in der Beschreibung Öl als Schmier- beziehungsweise Kühlmittel verwendet.

Insbesondere die Figuren 2, 4, 5 und 6 veranschaulichen das erfindungsgemäße Ölversorgungssystem.

Zur Ölversorgung eines jeden, von einem jeweiligen Kippsegment 2 und der nicht gezeigten Welle gebildeten Spalts, besitzt das Gehäuse wenigstens eine, hier zwei Ringnuten 4. Siehe Figur 5. Letztere verlaufen bevorzugt im Wesentlichen in Umfangsrichtung des Gehäuses 1 und befinden sich entlang der Lagerachse 11a gesehen im Wesentlichen außerhalb der Mitte des Radiallagers. Die Ringnuten 4 können, wie dargestellt, auch symmetrisch zur Lagermitte am Außendurchmesser des Gehäuses 1 mit maximalem gegenseitigem Abstand angeordnet sein. Weiterhin sind Ölzufuhrleisten 5 vorgesehen. Siehe die Figuren 1, 4 und 6. Die Ölzufuhrleisten 5 stehen mit den Ringnuten 4 über Ölkanäle 6 in leitender Verbindung.

Die Ölzufuhrleisten 5 wie auch die Ölkanäle 6 sind gegenüber einem Radialstrahl geneigt - siehe in Figur 6 den Neigungswinkel α. Man könnte auch sagen, dass die Längsachse der Ölkanäle 6 in einem achssenkrechten Schnitt durch die Lagerachse 11a nach Art von Sekanten an den von der Mantelfläche der Welle begrenzten Kreis verläuft. Dabei ist der Winkel α der Winkel zwischen der Ölzufuhrrichtung und der Tangentialebene an die Kippsegmentkontaktfläche zur Welle durch die Einlaufkante. Unter Einlaufkante ist jene Kante des Kippsegments 2 gemeint, die in Drehrichtung der Welle zuerst von der Welle überstrichen wird. Als Auslaufkante wird jene Kante desselben Kippsegments 2 bezeichnet, welche der Einlaufkante in Drehrichtung der Welle nachgeordnet ist. Der Winkel α ist größer als 90°. Durch die genannte Neigung wird ein besonders wirksames Einspritzen des Öles in den Spalt garantiert. Jede Ölzufuhrleiste 5 weist Gewindebohrungen 5.1 zum Einschrauben von hier nicht gezeigten Dosierschrauben auf. Letztere können nach Art von Düsen ausgeführt sein. Durch den Einsatz einer solchen Dosierschraube mit einer vorbestimmten Mündungsfläche lässt sich die Ölmenge den Betriebsparametern anpassen. Aussparungen 7 an der Einlaufkante eines jeden Kippsegmentes 2 steigern die Wirksamkeit der Ölzufuhr. Dabei ist jeder Dosierschraube eine Aussparung 7

zugeordnet. Aussparung 7 und Dosierschraube überdecken sich in Richtung Längsachse der Ölkanäle 6.

Um ein Überschwappen von heißem Schleppöl, das über die Auslaufkante aus dem Schmierspalt zwischen Welle und Segment in Richtung auf die Einlaufkante eines in Drehrichtung der Welle nachgeordneten Kippsegmentes 2 strömt, zu reduzieren, ist die Ölzufuhrleiste 5 mit einer elastischen Schleppölsperre 8 versehen. Um ein Übertreten des heißen Öls vom Segmentrücken in den Öleinlaufbereich zu reduzieren, ist eine zweite elastische Ölsperre 9 vorgesehen.

Dadurch, dass die Schleppölsperre 8 zwischen zwei Kippsegmenten 2, also zwischen einer Auslaufkante des einen und einer Einlaufkante des anderen Kippsegments angeordnet ist und mit ihrem freien Ende von radial außen in den Bereich des Spalts hineinragt, kann diese eine Vermischung von heißem Schleppöl mit jenem, über die Ölzufuhrleiste 5 zugeführten kalten Frischöl deutlich vermindern und damit die beiden Ölströme besonders gut voneinander trennen.

Die Ölsperre 9 dient weiterhin dem Zuführen des relativ kalten Frischöls in den jeweiligen Spalt, der zwischen Kippsegment und Welle ausgebildet ist. Auch diese Ölsperre 9 kann zwischen den beiden Kippsegmenten 2 angeordnet sein und mit ihrem freien Ende von radial außen in einen Zwischenraum zwischen Gehäuse 1 und Kippsegment 2 hineinragen.

Bevorzugt kann das freie Ende der einen und/oder der weiteren Ölsperren 8, 9 im Wesentlichen radial außerhalb einer radial inneren Fläche 2.1 des Kippsegments angeordnet sein. Dabei kann das freie Ende der einen Ölsperre 8 in Umfangsrichtung zum freien Ende der weiteren Ölsperre 9 beabstandet angeordnet sein und in Drehrichtung der Welle, gesehen vor dem freien Ende der weiteren Ölsperre 9, wie in der Figur 6 dargestellt, angeordnet sein. Die Ölzufuhrleiste 5 sowie die eine und/oder die weitere Ölsperre 8, 9 können sich

entlang der gesamten Länge des Kippsegments 2 in Richtung der Lagerachse 11a erstrecken. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Auch können eine oder beide der Ölsperren 8, 9 an der Ölzufuhrleiste 5 insbesondere an deren radial inneren Ende befestigt oder mit diesem einteilig ausgeführt sein. Die Ölzufuhrleiste 5 kann auch einteilig mit dem Gehäuse 1 ausgebildet sein. Entlang der Ölzufuhrleiste 5 kann eine Mehrzahl von zueinander beabstandeter Dosierschrauben vorgesehen sein, die mit dem Ölkanal 6 strömungsleitend verbunden sind.

Das an der Ölsperre 8 umgelenkte, relativ heiße Schleppöl kann über Ölablaufnuten 10, welche in dem Gehäuse 1 und/oder in den Seitendeckel 1.1 eingebracht sind, aus dem Lager abgeführt werden. Pro Kippsegment 2 beziehungsweise pro Ölzufuhrleiste 5 kann jeweils eine solche Ölablaufnut 10 am Umfang um die Lagerachse 11a verteilt vorgesehen sein. Natürlich ist auch eine davon abweichende Anzahl denkbar. Die Ölzufuhrleiste 5 und/oder die eine Ölsperre 8 kann dabei die Ölablaufnut 10 begrenzen. Letztere ist/sind in Drehrichtung der Welle gesehen der Ölablaufnut 10 nachgeordnet. Man könnte auch sagen, dass die Ölablaufnut 10 auf die Auslaufkante des Kippsegments 2 gerichtet ist, um darüber aus dem Spalt ablaufendes relativ heißes Schleppöl 5 aufzufangen.

Die Vorteile der Erfindung lassen sich wie folgt zusammenfassen:
Aufgrund der räumlichen Ausgleichsbewegung der Kippsegmente wird ein Verkanten der Welle im Lager vermieden und die Belastbarkeit erhöht sowie die maximal auftretende Temperatur abgesenkt. Die spezielle Form der Balligkeit an der Rückseite der Kippsegmente in axialer Richtung sowie die konvexe Segmentgeometrie in Verbindung mit dem Werkstoff technische Keramik, aus dem die Druckblöcke und/oder die Kippsegmente gefertigt werden, ergibt eine sehr hohe radiale Steifigkeit. Das ist die Grundlage für verbesserte rotordynamische Eigenschaften der Lagerung. Da die zu verwendende technische Keramik eine sehr

gute Wärmeleitfähigkeit besitzt, ist somit auch die Grundlage für eine Reduzierung der maximalen Lagertemperatur gegeben. Ein weiterer Vorteil der technischen Keramik gegenüber den bisherigen Segmentwerkstoffen ist der deutlich kleinere Wärmeausdehnungskoeffizient. Damit lässt sich die Gefahr von Lagerspielverkleinerungen durch Temperaturüberschwinger im instationären Betrieb deutlich reduzieren.

Die Anordnung der Ölzufuhrleisten 5 mit den Ölsperren 8, 9 zum Lenken des Schmier- und Kühlmittels in Kombination mit der Anordnung der Ringnuten 4 und Ölablaufnuten 10 sorgt für eine weiterer Reduzierung der mittleren Kippsegmenttemperatur im Betrieb des Radiallagers. Die Anordnung der Ringnuten 4 am Gehäuseumfang außerhalb der axialen Lagermitte sorgt für eine direkte Kraftübertragung und somit für eine Erhöhung der Kippsegmentabstützfähigkeit.

Bezugszeichenliste

1	Gehäuse
1.1	Seitendeckel
2	Kippsegment
2.1	radial innere Lagerfläche
2.2	radial äußere Lagerfläche
2.3	Segmenthaltestift
3	Druckblock
3.1	Tragfläche
3.2	Mittellinie
4	Ringnut
5	Ölzufuhrleiste
5.1	Gewindebohrung
6	Ölkanal
7	Aussparung
8	Sperre
9	Sperre
10	Ölablaufnut
11a	Lagerachse
12a	Drehachse der Welle
13a	Achse senkrecht auf die Lagerachse 11a
12, 13	Schnittebenen
R1	Krümmungsradius der radial äußeren Lagerfläche 2.2 quer zur Lagerachse
R2	Krümmungsradius der Tragfläche 3.1 quer zur Lagerachse
R3	Krümmungsradius der radial äußeren Lagerfläche 2.2 senkrecht zur Lagerachse
R4	Krümmungsradius der Tragfläche 3.1 senkrecht zur Lagerachse
S	Schnittpunkt

S1, S2 Schnittkurven in Ebene 12

S3, S4 Schnittkurven in Ebene 13

Patentansprüche

1. Radiallager, umfassend:

1.1 ein Gehäuse (1);

1.2 eine entlang einer Lagerachse (11) verlaufende Gehäusebohrung;

1.3 mehrere Kippsegmente (2), die zum Lagern einer Welle um die Lagerachse (11) herum angeordnet sind und jeweils eine radial äußere Lagerfläche (2.2) aufweisen, mit der sich die Kippsegmente (2) auf eine Tragfläche (3.1) am Gehäuse (1) abstützen;

1.4 die radial äußere Lagerfläche (2.2) eines jeden Kippsegmentes (2) und die Tragfläche (3.1) sind einander gegenüberliegend angeordnet;

1.5 jedes Kippsegment (2) ist relativ zum Gehäuse (1) beweglich angeordnet; gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

1.6 eine erste (2.2) der Flächen (2.2, 3.1) bildet mit einer ersten Schnittebene (12) senkrecht zur Lagerachse (11) eine erste Schnittkurve (S1); die erste Schnittkurve (S1) ist konvex gekrümmt und weist einen ersten Hauptkrümmungsradius (R1) auf, und

1.7 die zweite Fläche (3.1) bildet mit der Schnittebene (12) senkrecht zur Lagerachse (11) eine zweite Schnittkurve (S2); die zweite Schnittkurve (S2) ist entsprechend konkav gekrümmt und weist einen zweiten Hauptkrümmungsradius (R2) auf, wobei der Betrag des ersten Hauptkrümmungsradius (R1) der ersten Fläche (2.2) kleiner ist als der Betrag des zweiten Hauptkrümmungsradius (R2) der zweiten Fläche (3.1); und

1.8 die erste Fläche (2.2) bildet mit einer zweiten Schnittebene (13) parallel zur Lagerachse (11) eine dritte Schnittkurve (S3); die dritte Schnittkurve (S3) ist konvex gekrümmt und weist einen ersten Nebenkrümmungsradius (R3) auf, und

1.9 die zweite Fläche (3.1) bildet mit der zweiten Schnittebene (13) parallel zur Lagerachse (11) eine vierte Schnittkurve (S4); die vierte Schnittkurve (S4)

ist entsprechend konkav gekrümmt oder nicht gekrümmt und weist einen zweiten Nebenkrümmungsradius (R4) auf oder weist entsprechend keine Krümmung auf, wobei

1.10 sich die beiden Nebenkrümmungsradien (R3, R4) voneinander unterscheiden.

2. Radiallager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptkrümmungsradius (R1, R2) und/oder Nebenkrümmungsradius (R3, R4) wenigstens einer der beiden Flächen (2.2, 3.1) variiert.

3. Radiallager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptkrümmungsradius (R1, R2) und/oder Nebenkrümmungsradius (R3, R4) der zweiten Fläche (3.1) mit zunehmendem Abstand von dem Schnittpunkt, den die beiden Schnittebenen (12, 13) mit der zweiten Fläche (3.1) bilden, abnimmt.

4. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Hauptkrümmungsradius (R2) der zweiten Fläche (3.1) im Berührpunkt in der Schnittebene (12) senkrecht zur Lagerachse (11a) kleiner ist als der Abstand zwischen der Lagerachse (11a) und dem Berührpunkt.

5. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Kippsegment (2) in Umfangsrichtung dadurch positioniert wird, dass die resultierende, hydrodynamische Kraft an der radial inneren Lagerfläche (2.1) mit der Reaktionskraft an der radial äußeren Lagerfläche (2.2), welche lediglich nur auf einem punktförmigen Kontakt zwischen der radial äußerer Lagerfläche (2.2) und Tragfläche (3.1) entsteht, im Gleichgewicht ist.

6. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Tragfläche (3.1) auf einem Druckblock (3) angeordnet ist, der an dem Gehäuse (1) befestigt ist, insbesondere in dieses eingelassen ist, oder einteilig mit dem Gehäuse (1) ausgeführt ist.

7. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kippsegmente (2) und/oder die Druckblöcke (3) ein Material aufweisen, dessen Elastizitätsmodul größer als 200 GPa ist, insbesondere 250 GPa oder mehr beträgt.

8. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass

8.1 die Schmier- und Kühlmittelversorgung des Radiallagers über mindestens eine Ringnut (4), die im Wesentlichen in Umfangsrichtung im Gehäuse (1) verläuft und sich in axialer Richtung im Wesentlichen nicht in Lagermitte befindet, erfolgt, und

8.2 die Schmier- und Kühlmittelversorgung des Kippsegments (2) über mindestens eine im Wesentlichen radial verlaufende Bohrung im Gehäuse (1), die Zugang zur Ringnut (4) hat, erfolgt.

9. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Radiallager eine erste Ölsperre (8) zum Abgreifen von relativ heißem Schleppöl aus einem von dem jeweiligen Kippsegment (2) und der Welle gebildeten Spalt umfasst, wobei die erste Ölsperre (8) zwischen zwei Kippsegmenten (2) angeordnet ist und mit ihrem freien Ende von radial außen im Bereich des Spalts hineinragt.

10. Radiallager nach einem der Anspruche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Radiallager eine weitere Ölsperre (9) zum Zuleiten von relativ kaltem Frischöl zu einem von dem jeweiligen Kippsegment (2) und der

Welle gebildeten Spalt umfasst, wobei die weitere Ölsperre (9) zwischen zwei Kippsegmenten (2) angeordnet ist und mit ihrem freien Ende von radial außen in einen Zwischenraum zwischen Gehäuse (1) und Kippsegment (2) hineinragt.

11. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet,

11.1 dass zwischen zwei Kippsegmenten (2) eine Ölzufuhrleiste (5) zum Zuführen von Kühl- oder Schmiermittel zu einem von dem jeweiligen Kippsegment (2) und der Welle gebildeten Spalt angeordnet ist; wobei

11.2 die Ölzufuhrleiste (5) im Bereich des Spalts mündet und deren Mündungsfläche auf eine Kante des Kippsegments (2), insbesondere die in Drehrichtung der Welle gesehen zuerst von der Welle überstrichene Einlaufkante, gerichtet ist.

12. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Haltemittel (2.3) vorgesehen ist, damit das Kippsegment (2) während des Transportes oder der Montage nicht aus dem Gehäuse (1) heraus fällt.

13. Radiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils auf der axialen Gehäusefläche ein Seitendeckel (1.1), der geteilt ausgeführt sein kann und für jedes Kippsegment (2) mindestens eine Ölablaufnut (10) aufweisen kann, angebracht ist.

14. Radiallager nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Kippsegmente (2) im Bereich der Einlaufkante Aussparungen (7) zum Zuführen von aus der Ölzufuhrleiste (5) austretendem Öl in den Spalt aufweist.

15. Radiallager nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass

die Ölzufuhrleiste (5) Mündungsöffnungen aufweist, welche sich mit den Aussparungen (7) in Richtung der Längsachse der Mündungsöffnungen überdecken.

16. Radiallager nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Ölsperren (8, 9) gegen die Radiale der Lagerachse (11) geneigt ist.

17. Radiallager nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das radial innere Ende wenigstens einer der Ölsperren (8, 9) sich an oder radial außerhalb der radial inneren Lagerfläche (2.1) befindet, wobei insbesondere die Ölsperren (8, 9) an der Ölzufuhrleiste (5) angeordnet sind oder mit dieser oder dem Gehäuse (1) einteilig ausgeführt sind.

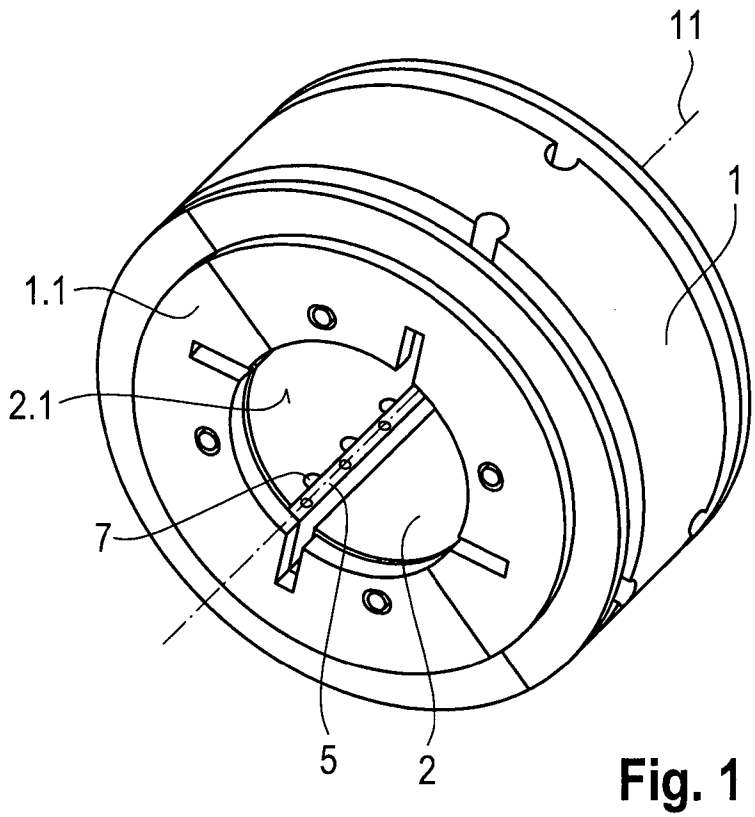


Fig. 1

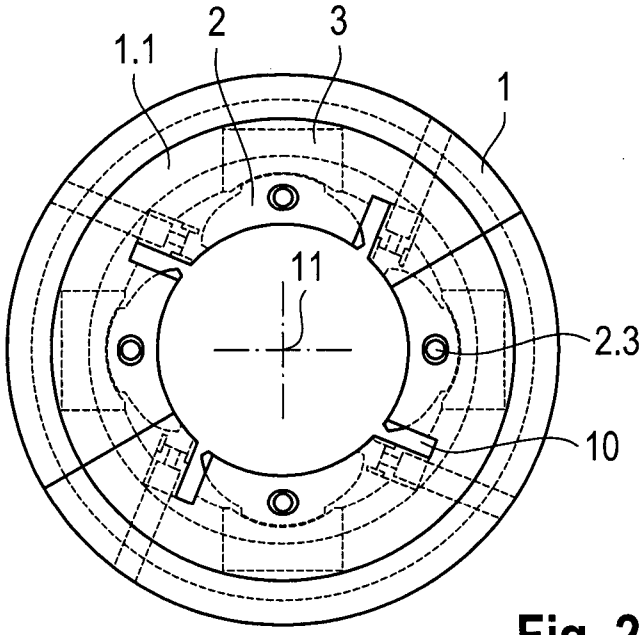


Fig. 2

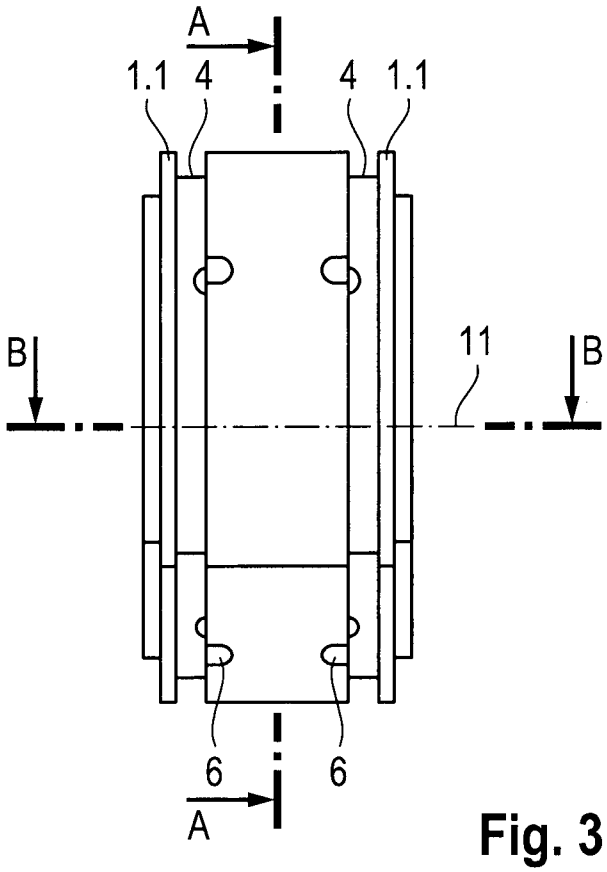


Fig. 3

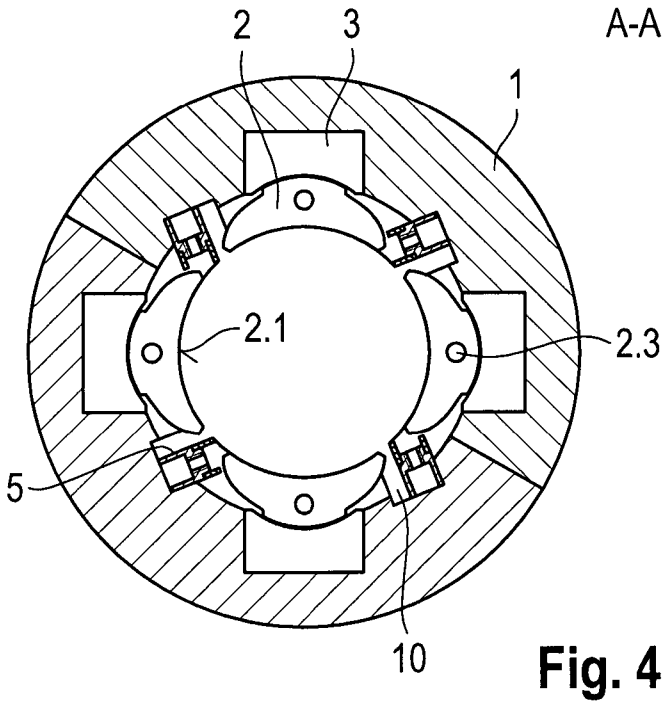


Fig. 4

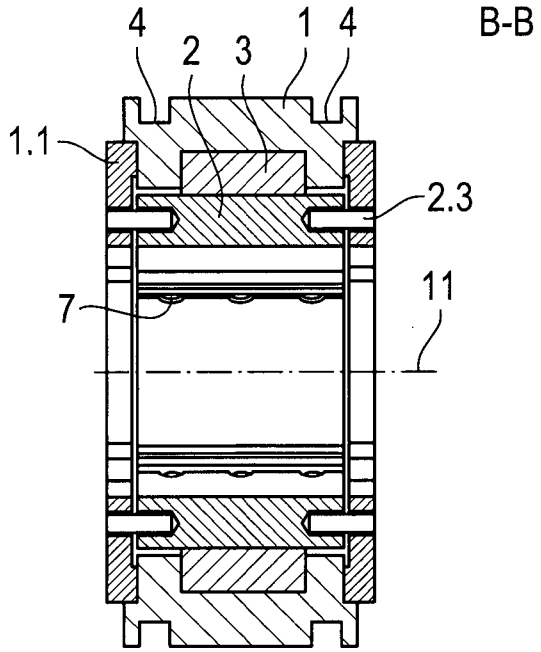


Fig. 5

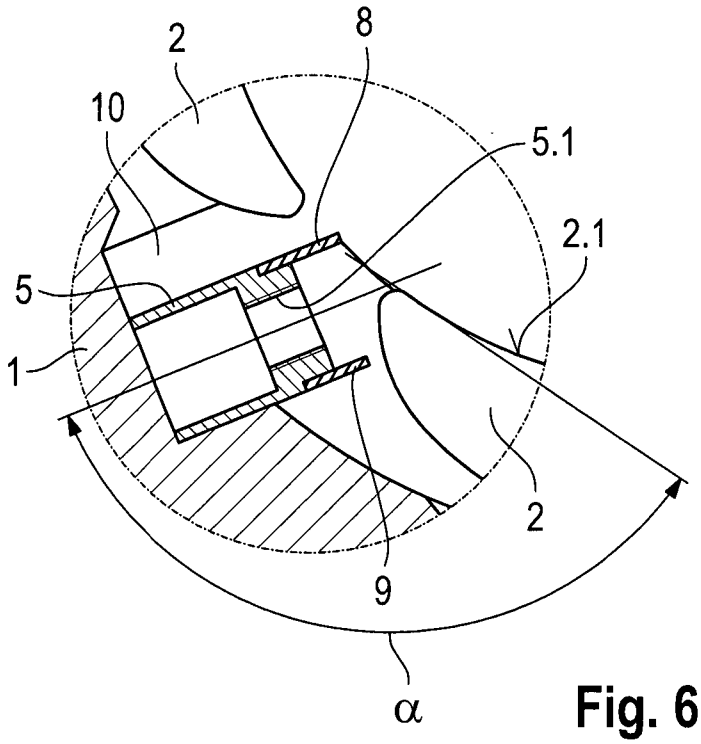


Fig. 6

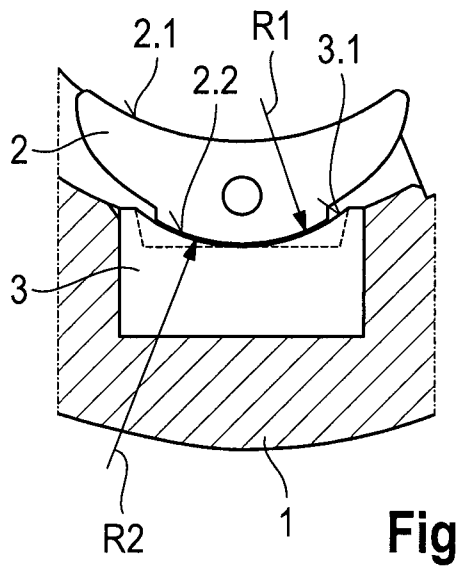


Fig. 7

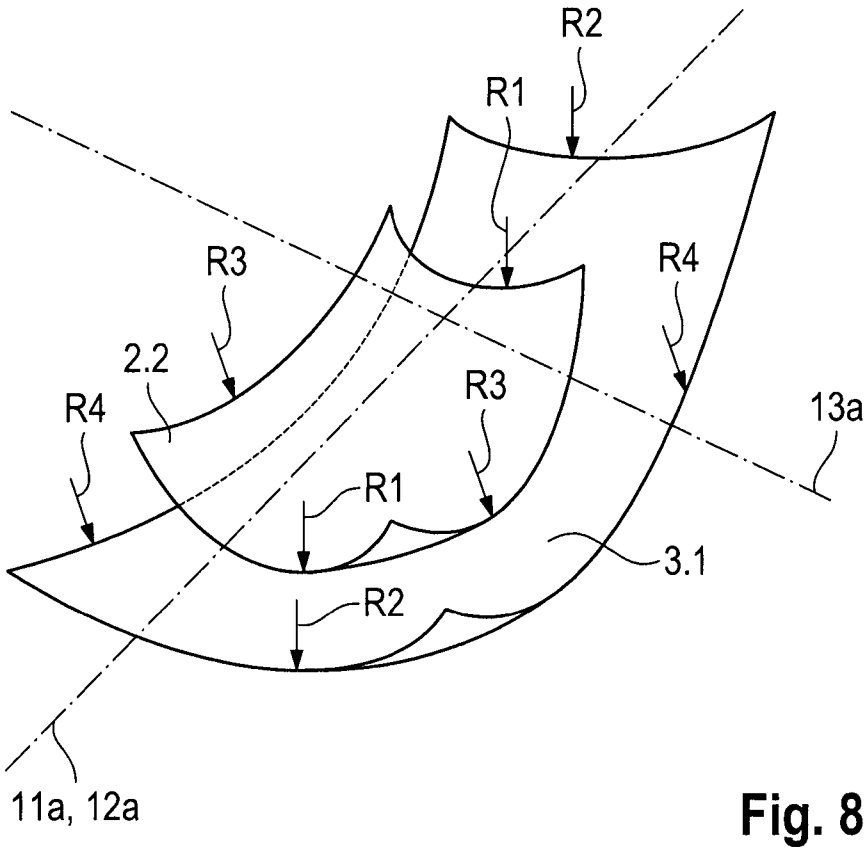


Fig. 8

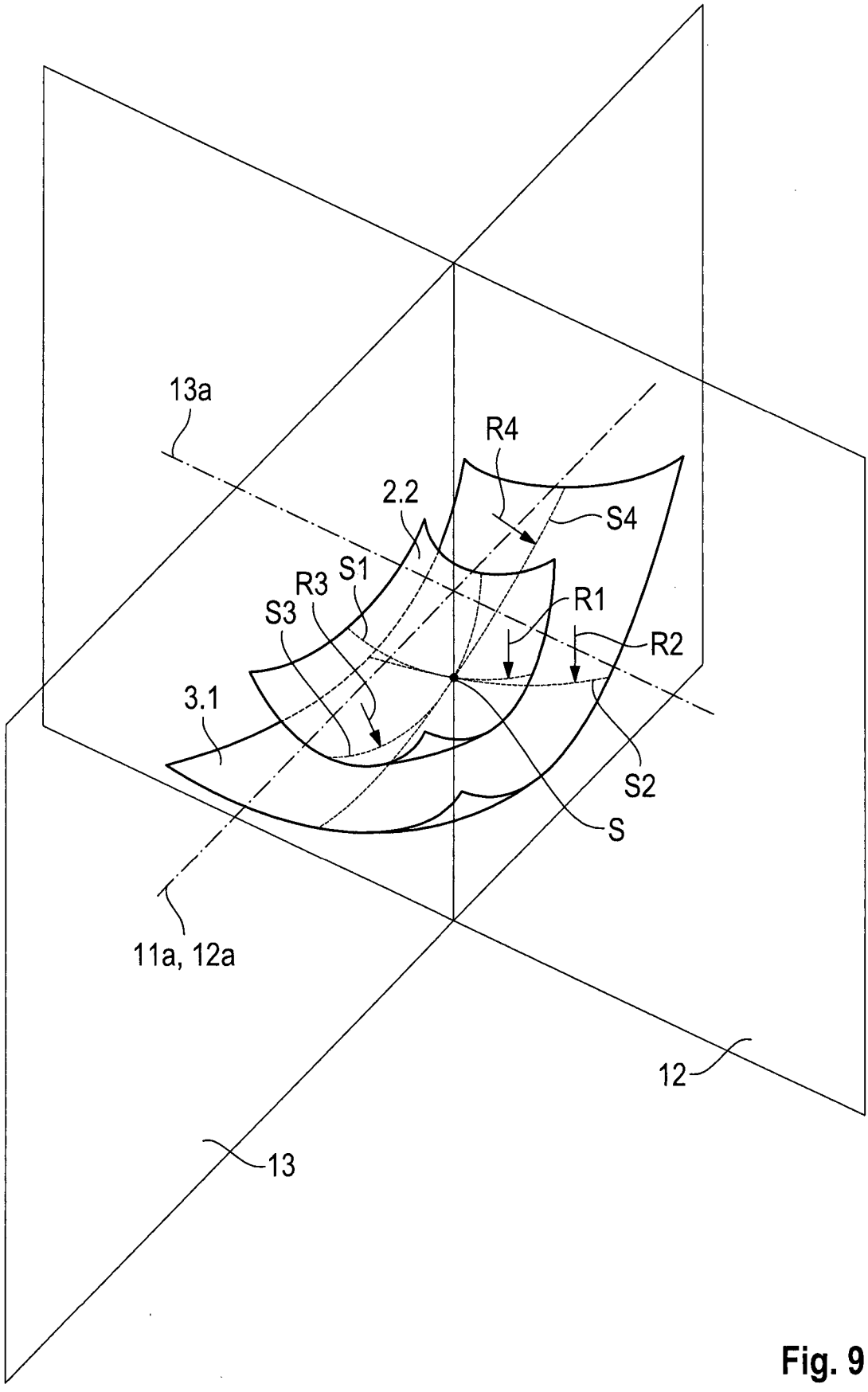


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/051607

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16C17/03
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP 1 369 605 A2 (MAIN METALL GIESSEREI FRITZ SC [DE]) 10 December 2003 (2003-12-10) paragraphs [0028], [0031] - [0033], [0036] - [0039]; figures 2,3A,3C	1-3,5,6, 11-13 8-10,16, 17
X	US 2011/019950 A1 (HIRAI TAKAMASA [JP] ET AL) 27 January 2011 (2011-01-27) paragraphs [0056] - [0063], [0066], [0072]; figures 2,5,9	1,4-6,12
X	JP 2009 257349 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 5 November 2009 (2009-11-05) paragraphs [0034], [0037], [0040] - [0045]; claim 2; figures 3,4,5	1,4-7

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 April 2013	25/04/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schlossarek, M

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/051607

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP S58 102819 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 18 June 1983 (1983-06-18) abstract; figures 3-5,7	1,5,6, 14,15
Y	JP S58 180815 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 22 October 1983 (1983-10-22) figures 3-5	8-11,16
Y	US 4 247 157 A (SIGG HANS) 27 January 1981 (1981-01-27) column 5, line 51 - column 6, line 34; figures 1,2	9-11,16, 17

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/051607

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1369605 A2	10-12-2003	DE 10225008 A1	24-12-2003
		EP 1369605 A2	10-12-2003
US 2011019950 A1	27-01-2011	CN 101932839 A	29-12-2010
		EP 2241770 A1	20-10-2010
		JP 5072630 B2	14-11-2012
		JP 2009185843 A	20-08-2009
		US 2011019950 A1	27-01-2011
		WO 2009099094 A1	13-08-2009
JP 2009257349 A	05-11-2009	JP 4929223 B2	09-05-2012
		JP 2009257349 A	05-11-2009
JP S58102819 A	18-06-1983	NONE	
JP S58180815 A	22-10-1983	NONE	
US 4247157 A	27-01-1981	AR 222356 A1	15-05-1981
		BE 879943 A1	03-03-1980
		BR 7907295 A	02-06-1981
		CA 1130845 A1	31-08-1982
		CH 633867 A5	31-12-1982
		DE 2851901 A1	14-05-1980
		DE 2857672 C2	24-03-1983
		DE 2964115 D1	30-12-1982
		DK 471779 A	11-05-1980
		EP 0011605 A1	28-05-1980
		FR 2441090 A1	06-06-1980
		GB 2039631 A	13-08-1980
		GB 2109483 A	02-06-1983
		IN 151820 A1	06-08-1983
		IT 1124941 B	14-05-1986
		JP S5569317 A	24-05-1980
		JP S5834685 B2	28-07-1983
		MX 151531 A	13-12-1984
		NL 7908162 A	13-05-1980
		SE 7909229 A	11-05-1980
		SU 942606 A3	07-07-1982
		US 4247157 A	27-01-1981

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/051607

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F16C17/03
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 369 605 A2 (MAIN METALL GIESSEREI FRITZ SC [DE]) 10. Dezember 2003 (2003-12-10)	1-3,5,6, 11-13
Y	Absätze [0028], [0031] - [0033], [0036] - [0039]; Abbildungen 2,3A,3C	8-10,16, 17
X	US 2011/019950 A1 (HIRAI TAKAMASA [JP] ET AL) 27. Januar 2011 (2011-01-27) Absätze [0056] - [0063], [0066], [0072]; Abbildungen 2,5,9	1,4-6,12
X	JP 2009 257349 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 5. November 2009 (2009-11-05) Absätze [0034], [0037], [0040] - [0045]; Anspruch 2; Abbildungen 3,4,5	1,4-7

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. April 2013	25/04/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schlossarek, M

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/051607

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP S58 102819 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 18. Juni 1983 (1983-06-18) Zusammenfassung; Abbildungen 3-5,7	1,5,6, 14,15
Y	JP S58 180815 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 22. Oktober 1983 (1983-10-22) Abbildungen 3-5	8-11,16
Y	US 4 247 157 A (SIGG HANS) 27. Januar 1981 (1981-01-27) Spalte 5, Zeile 51 - Spalte 6, Zeile 34; Abbildungen 1,2	9-11,16, 17

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/051607

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1369605 A2	10-12-2003	DE 10225008 A1	24-12-2003
		EP 1369605 A2	10-12-2003
US 2011019950 A1	27-01-2011	CN 101932839 A	29-12-2010
		EP 2241770 A1	20-10-2010
		JP 5072630 B2	14-11-2012
		JP 2009185843 A	20-08-2009
		US 2011019950 A1	27-01-2011
		WO 2009099094 A1	13-08-2009
JP 2009257349 A	05-11-2009	JP 4929223 B2	09-05-2012
		JP 2009257349 A	05-11-2009
JP S58102819 A	18-06-1983	KEINE	
JP S58180815 A	22-10-1983	KEINE	
US 4247157 A	27-01-1981	AR 222356 A1	15-05-1981
		BE 879943 A1	03-03-1980
		BR 7907295 A	02-06-1981
		CA 1130845 A1	31-08-1982
		CH 633867 A5	31-12-1982
		DE 2851901 A1	14-05-1980
		DE 2857672 C2	24-03-1983
		DE 2964115 D1	30-12-1982
		DK 471779 A	11-05-1980
		EP 0011605 A1	28-05-1980
		FR 2441090 A1	06-06-1980
		GB 2039631 A	13-08-1980
		GB 2109483 A	02-06-1983
		IN 151820 A1	06-08-1983
		IT 1124941 B	14-05-1986
		JP S5569317 A	24-05-1980
		JP S5834685 B2	28-07-1983
		MX 151531 A	13-12-1984
		NL 7908162 A	13-05-1980
		SE 7909229 A	11-05-1980
		SU 942606 A3	07-07-1982
		US 4247157 A	27-01-1981