



(10) **DE 10 2012 002 713 A1** 2013.08.14

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 002 713.3**

(22) Anmeldetag: **14.02.2012**

(43) Offenlegungstag: **14.08.2013**

(51) Int Cl.: **F16C 17/03 (2012.01)**  
**F01D 25/16 (2012.01)**

(71) Anmelder:

**Voith Patent GmbH, 89522, Heidenheim, DE**

(74) Vertreter:

**Dr. Weitzel & Partner, 89522, Heidenheim, DE**

(72) Erfinder:

**Rudolph, Ralph, 87549, Rettenberg, DE; Fuchs,  
Andreas, Dr., 87459, Pfronten, DE; Spörl, Klaus-  
Peter, 87439, Kempten, DE**

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

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Radiallager**

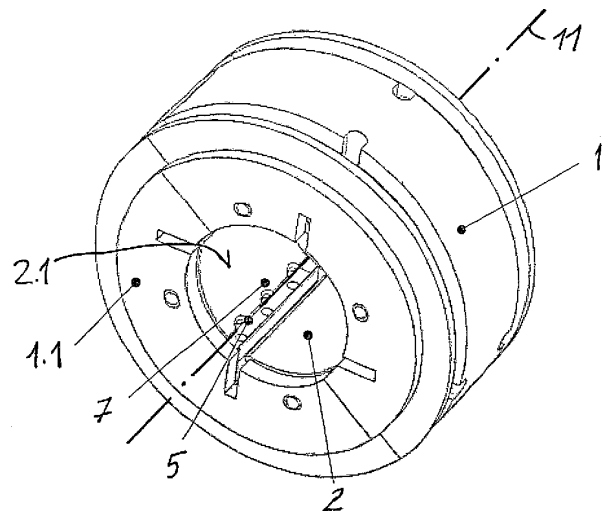
(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Radiallager, umfassend:

- 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.



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

<b>DE</b>	<b>195 14 830</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>601 10 751</b>	<b>T2</b>
<b>DE</b>	<b>695 03 138</b>	<b>T2</b>
<b>DE</b>	<b>60 2004 003 239</b>	<b>T2</b>
<b>DE</b>	<b>957 087</b>	<b>B</b>
<b>CH</b>	<b>558 481</b>	<b>A</b>
<b>GB</b>	<b>2 285 491</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>6 485 182</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>2 063 570</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>5 738 447</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>1 859 175</b>	<b>B1</b>
<b>EP</b>	<b>2 339 192</b>	<b>A1</b>

**Beschreibung**

**[0001]** 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.

**[0002]** 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 60 2004 003 239 T2  
EP 1859175 61  
CH 558481 A.

**[0003]** 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.

**[0004]** 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.

**[0005]** 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.

**[0006]** Die genannten Radialkippsegmentlager kommen insbesondere für überkritisch drehende Wellen in Betracht, deren Schwingungsverhalten durch die Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften der Lager entscheidend beeinflusst werden.

**[0007]** 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.

**[0008]** Diese Aufgabe wird mittels eines Radiallagers gemäß Anspruch 1 gelöst.

**[0009]** 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.

**[0010]** 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 Lager-

achse 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.

**[0011]** Somit können für die beiden Schnittkurven der Nebenkrümmung Krümmungskombinationen konvex zu konkav oder konkav zu eben oder konkav zu konvex oder eben zu konvex vorliegen.

**[0012]** Das Verhältnis der beiden Nebenkrümmungsradien im Berührungspunkt 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 Berührungspunkt vorliegt.

**[0013]** 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.

**[0014]** Entscheidend für diesen Gleichgewichtszustand ist, dass der zweite Hauptkrümmungsradius im Berührungspunkt der Tragfläche mit der radial äußeren Lagerfläche in einer Schnittebene senkrecht zur Lagerachse kleiner ist als der Abstand zwischen Lagerachse und dem Berührungspunkt.

**[0015]** 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.

**[0016]** 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.

**[0017]** Da sich jeweils Hauptkrümmungsradius und Nebenkrümmungsradius zweier gegenüberliegender Flächen untereinander unterscheiden, ergibt sich ausgehend von einem theoretischen Berührungspunkt beider Flächen ein zunehmender Abstand dieser zueinander.

**[0018]** 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.

**[0019]** 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.

[0020] Weiter kann der Haupt- und/oder Nebenkrümmungsradius wenigstens einer der besagten Flächen variieren.

[0021] 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 Radialkippssegmentlagern. 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.

[0022] Weitere Merkmale ergeben sich aus der folgenden Beschreibung. Darin ist im Einzelnen folgendes dargestellt:

[0023] [Fig. 1](#) zeigt in isometrischer Darstellung ein Radialkippssegmentlager.

[0024] [Fig. 2](#) zeigt das Lager gemäß [Fig. 1](#) in Draufsicht auf eine Stirnseite.

[0025] [Fig. 3](#) zeigt das Lager gemäß [Fig. 1](#) in einer Seitenansicht.

[0026] [Fig. 4](#) ist ein Axialschnitt A-A durch das Lager gemäß [Fig. 1](#).

[0027] [Fig. 5](#) ist ein Radialschnitt B-B durch das Lager gemäß [Fig. 1](#).

[0028] [Fig. 6](#) zeigt in vergrößertem Maßstab eine Einzelheit einer Ölzufuhrleiste.

[0029] [Fig. 7](#) zeigt in vergrößerter Darstellung ein Kippsegment mit einem Druckblock.

[0030] [Fig. 8](#) zeigt in einer räumlichen Darstellung die Krümmungen der radial äußeren Lagerfläche sowie der Tragfläche.

[0031] [Fig. 9](#) zeigt symbolisch in einer räumlichen Darstellung den Krümmungsradiusverlauf der radial äußeren Lagerfläche sowie der Tragfläche.

[0032] 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 [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#). Es könnten auch mehrere Teilschalen sein.

[0033] Die ganz wesentlichen Elemente sind aus den [Fig. 4](#) und [Fig. 7](#) bis [Fig. 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.

[0034] Jedes Kippsegment **2** weist, wie besonders gut aus [Fig. 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.

[0035] 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.

[0036] Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] Damit das Radiallager im Betrieb die räumlichen Bewegungen der Welle aufnehmen und ausgleichen kann, ist jedes Kippsegment **2** relativ zum Gehäuse **1** beweglich angeordnet. **Fig. 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**.

[0040] Die Darstellung der **Fig. 8** und **Fig. 9** ist nicht maßstäblich, sodass insbesondere der erfindungsgemäße Unterschied der Krümmungsradien von beiden Flächen **2.2**, **3.1** nur angedeutet ist.

[0041] Wie in **Fig. 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).

[0042] 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 **Fig. 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.

[0043] 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 Berührungspunkt S bezeichnet.

[0044] Die beiden, in den **Fig. 8** und **Fig. 9** gezeigten und senkrecht zueinander verlaufenden Achsen **11a** und **12a** könnten auch, wie eingangs beschrieben, als Kippachsen des Kippsegments **2** aufgefasst werden.

[0045] Die Schnittebene **13** verläuft durch die Lagerachse **11a** und den Berührungspunkt S. Die Schnittebene **12** verläuft senkrecht zur Schnittebene **13** durch den Berührungspunkt S und die Achse **13a**.

[0046] 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**.

[0047] 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**.

[0048] Indem beide Bewegungen unabhängig voneinander überlagert werden, kann jedes Kippsegment **2** jede Wellenbewegung in vorgegebenen Grenzen ausgleichen.

**[0049]** 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.

**[0050]** 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.

**[0051]** Unabhängig von den in den Figuren dargestellten Ausführungsformen sind verschiedene Kombinationen der beiden Flächen **2.2**, **3.1** hinsichtlich der Ausgestaltung der Nebenkrümmung denkbar.

**[0052]** 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	$ R3  <  R4 $ *)
Fall 2	konvex	eben	
Fall 3	konkav	konvex	$ R3  >  R4 $ *)
Fall 4	eben	konvex	

\*)  $|R|$  entspricht dem Betrag von R

**[0053]** 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/Berührungspunkt S abnehmen. Alternativ oder zusätzlich kann der Betrag des Nebenkrümmungsradius R4 der hier konkav dargestellten Tragfläche **3.1** mit zunehmendem Abstand vom Schnittpunkt/Berührungspunkt S zunehmen.

**[0054]** Gleiches gilt für den Hauptkrümmungsradius:

Der Betrag des ersten Hauptkrümmungsradius R1 der hier konvex gekrümmten Lagerfläche **2.2** kann beispielsweise mit zunehmendem Abstand vom Schnittpunkt/Berührungspunkt 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/Berührungspunkt S zunehmen.

**[0055]** 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.

**[0056]** 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.

**[0057]** Die Bewegungsfreiheit der Kippsegmente **2** in axialer Richtung wird durch die Seitendeckel **1.1** (**Fig. 1–Fig. 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.

**[0058]** 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 aufwei-



sen, 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.

**[0059]** Das für das erfindungsgemäße Radiallager verwendete Schmier- beziehungsweise Kühlmittel ist in der Regel Öl. Es kann aber auch ein anderes Schmierbeziehungsweise Kühlmittel, wie zum Beispiel Wasser, zur Anwendung kommen. Beispielhaft wird in der Beschreibung Öl als Schmier- beziehungsweise Kühlmittel verwendet.

**[0060]** Insbesondere die [Fig. 2](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) veranschaulichen das erfindungsgemäße Ölversorgungssystem.

**[0061]** 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 [Fig. 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 [Fig. 1](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 6](#). Die Ölzufuhrleisten **5** stehen mit den Ringnuten **4** über Ölkanäle **6** in leitender Verbindung.

**[0062]** Die Ölzufuhrleisten **5** wie auch die Ölkanäle **6** sind gegenüber einem Radialstrahl geneigt – siehe in [Fig. 6](#) den Neigungswinkel  $\alpha$ . Man könnte auch sagen, dass die Längsachse der Ölkanäle **6** in einem achsenkrechten Schnitt durch die Lagerachse **11a** nach Art von Sekanten an den von der Mantelfläche der Welle begrenzten Kreis verläuft. Dabei ist der Winkel  $\alpha$  der Winkel zwischen der Ölzufuhrichtung 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  $\alpha$  ist größer als  $90^\circ$ . 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**.

**[0063]** Um ein Überschwappen von heißem Schleppöl, das über die Auslaufkante aus dem Schmier spalt 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.

**[0064]** 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.

**[0065]** 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.



**[0066]** 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 [Fig. 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.

**[0067]** 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.

**[0068]** 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 Temperaturüberschwingen im instationären Betrieb deutlich reduzieren.

**[0069]** 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 weitere 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

<b>1</b>	Gehäuse
<b>1.1</b>	Seitendeckel
<b>2</b>	Kippsegment
<b>2.1</b>	radial innere Lagerfläche
<b>2.2</b>	radial äußere Lagerfläche
<b>2.3</b>	Segmenthaltetestift
<b>3</b>	Druckblock
<b>3.1</b>	Tragfläche
<b>3.2</b>	Mittellinie
<b>4</b>	Ringnut
<b>5</b>	Ölzufuhrleiste
<b>5.1</b>	Gewindebohrung
<b>6</b>	Ölkanal
<b>7</b>	Aussparung
<b>8</b>	Sperre
<b>9</b>	Sperre
<b>16</b>	Ölablaufnut
<b>11a</b>	Lagerachse
<b>12a</b>	Drehachse der Welle
<b>13a</b>	Achse senkrecht auf die Lagerachse <b>11a</b>

<b>12, 13</b>	Schnittebenen
<b>R1</b>	Krümmungsradius der radial äußeren Lagerfläche <b>2.2</b> quer zur Lagerachse
<b>R2</b>	Krümmungsradius der Tragfläche <b>3.1</b> quer zur Lagerachse
<b>R3</b>	Krümmungsradius der radial äußeren Lagerfläche <b>2.2</b> senkrecht zur Lagerachse
<b>R4</b>	Krümmungsradius der Tragfläche <b>3.1</b> senkrecht zur Lagerachse
<b>S</b>	Schnittpunkt
<b>S1, S2</b>	Schnittkurven in Ebene <b>12</b>
<b>S3, S4</b>	Schnittkurven in Ebene <b>13</b>

## ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

### Zitierte Patentliteratur

- US 5738447 A [0002]
- US 6485182 B [0002]
- DE 60110751 T2 [0002]
- DE 69503138 T2 [0002]
- EP 2339192 A1 [0002]
- DE 19514830 C2 [0002]
- GB 2285491 A [0002]
- DE 602004003239 T2 [0002]
- EP 185917561 [0002]
- CH 558481 A [0002]

## 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 Berührungspunkt in der Schnittebene (12) senkrecht zur Lagerachse (11a) kleiner ist als der Abstand zwischen der Lagerachse (11a) und dem Berührungspunkt.
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 äußeren 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 Ansprüche 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 Kippsegmentes (2), insbesondere die in Drehrichtung der Weile 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.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

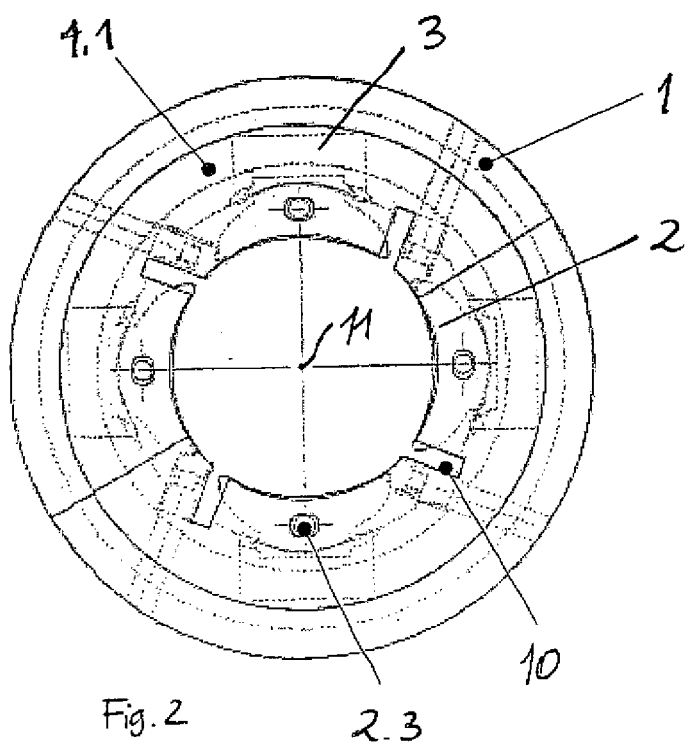
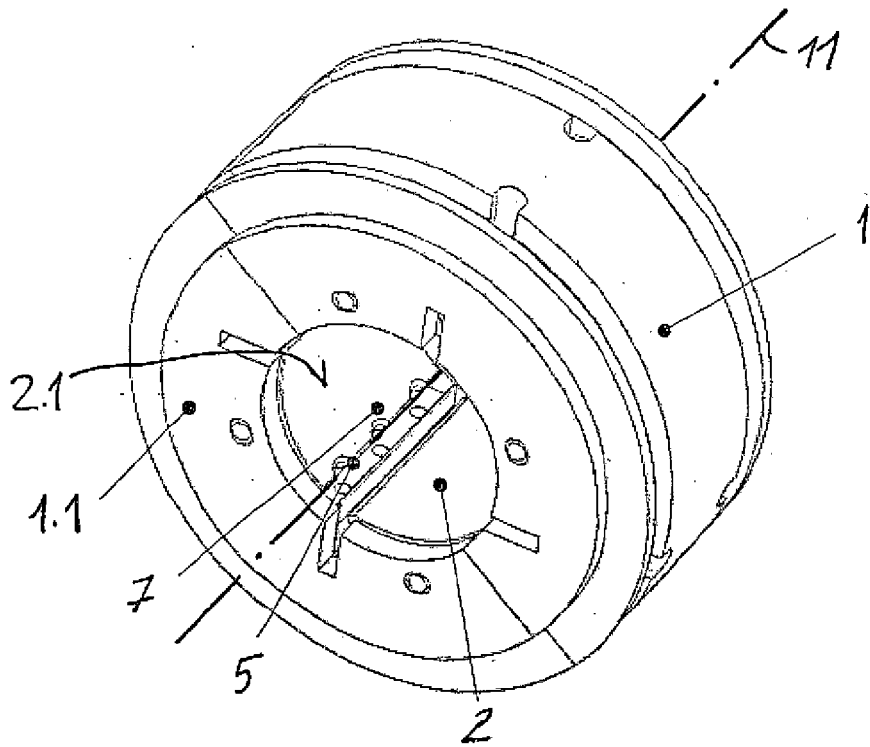


Fig. 2

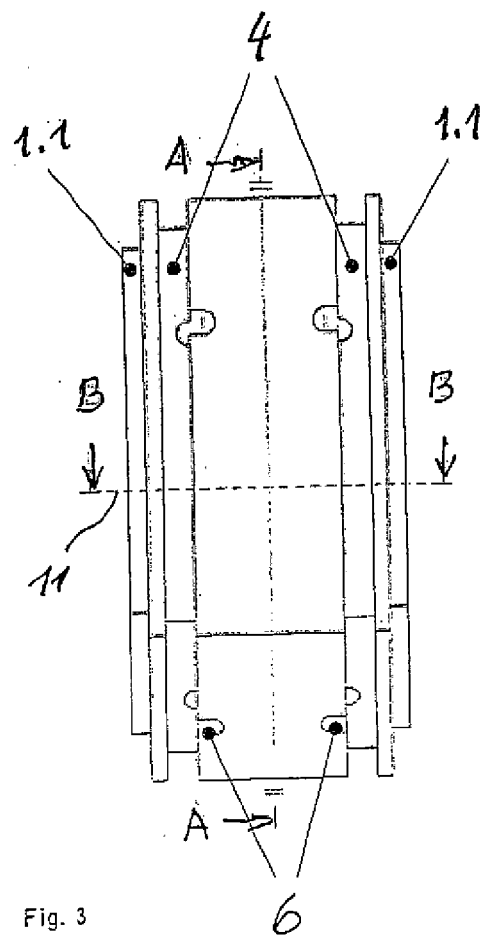


Fig. 3

Fig. 4

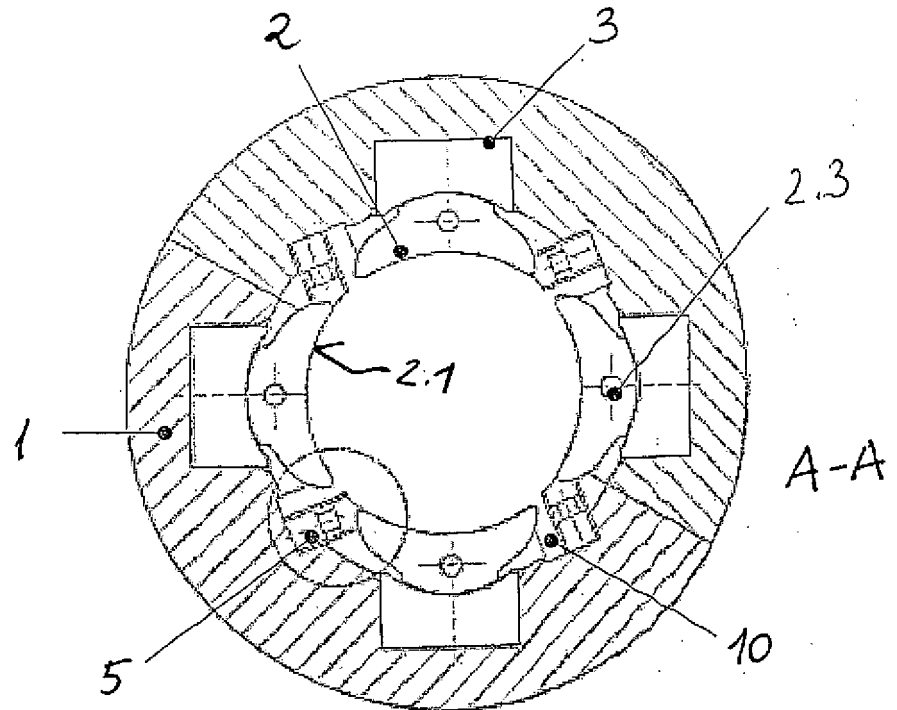
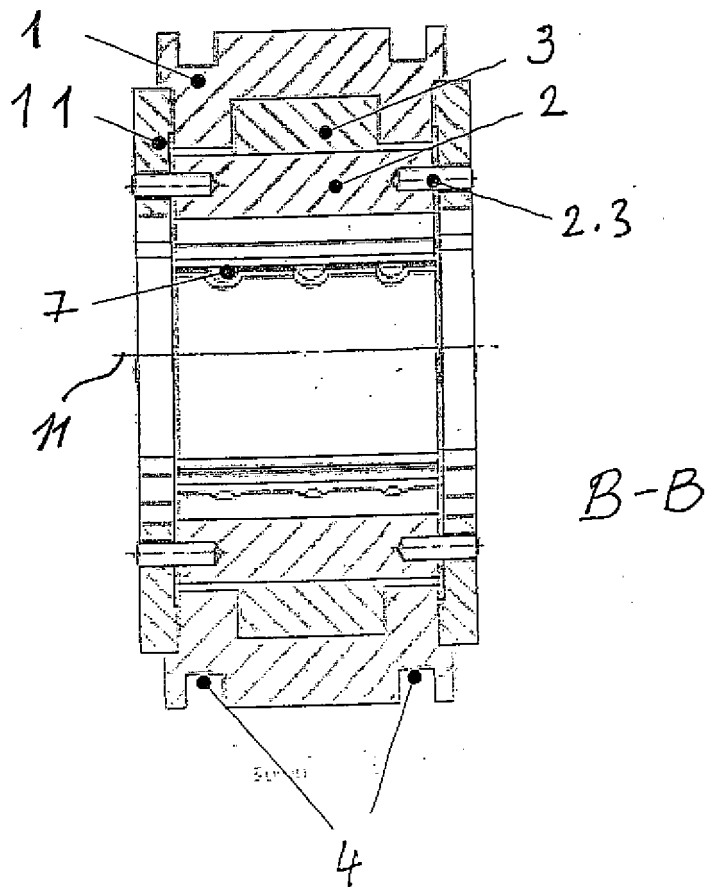
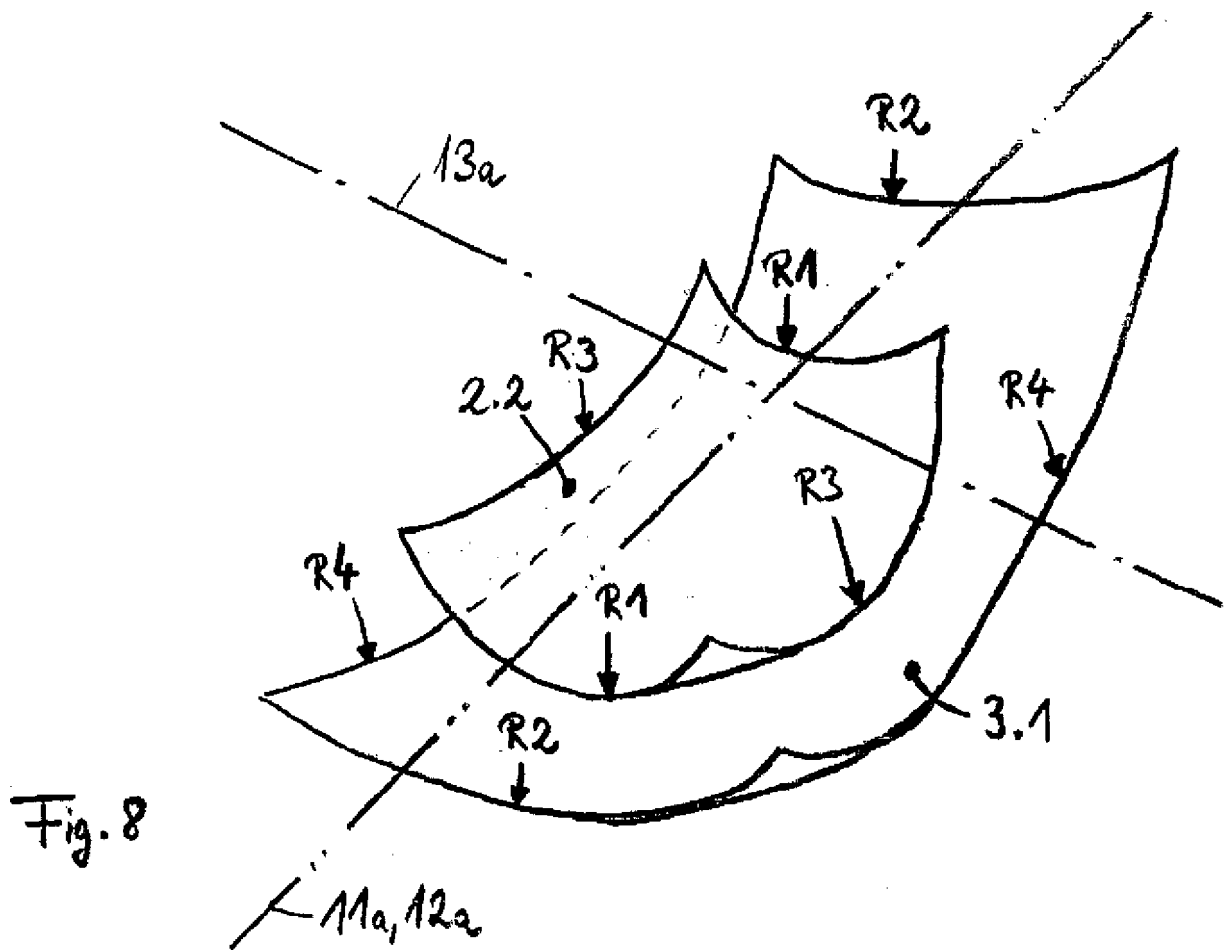


Fig. 5









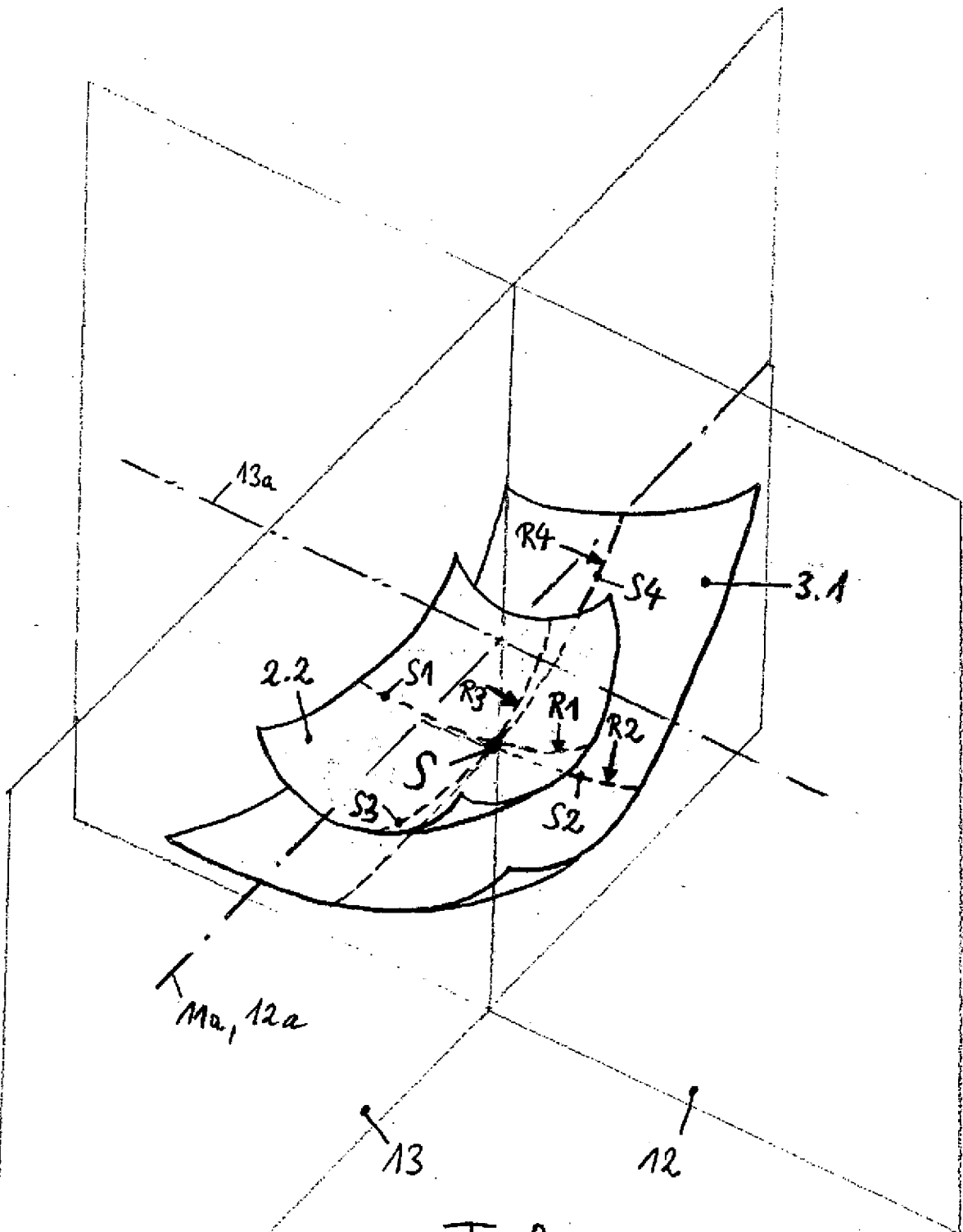


Fig. 9