



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: F 16 C 17/03
F 16 C 32/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

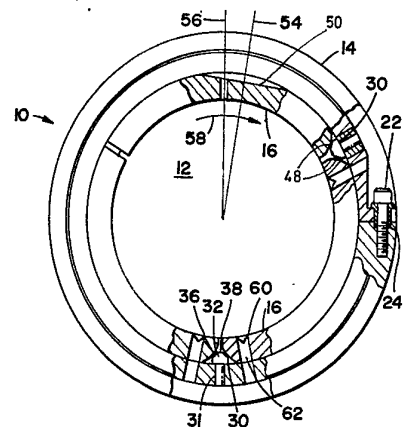
⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪ **622 863**

<p>⑳ Gesuchsnummer: 10677/77</p> <p>㉒ Anmeldungsdatum: 01.09.1977</p> <p>㉓ Priorität(en): 02.09.1976 US 719755</p> <p>㉔ Patent erteilt: 30.04.1981</p> <p>㉕ Patentschrift veröffentlicht: 30.04.1981</p>	<p>㉗ Inhaber: Pioneer Motor Bearing Co., South San Francisco/CA (US)</p> <p>㉘ Erfinder: Leon Winfield Hollingsworth, La Habra/CA (US)</p> <p>㉙ Vertreter: Bovard & Cie., Bern</p>
--	---

⑤④ **Wellenlager.**

⑤⑦ Das Wellenlager weist einen Kranz von in einem Tragring (14) kippbar angeordneten Lagersegmenten (16) auf, wobei die Abstützung der Lagersegmente (16) am Tragring hydrostatisch erfolgt unter Ausnutzung eines Druckes, der hydrodynamisch in einem Lagerfilm erzeugt wird. In der äusseren Mantelfläche jedes Lagersegmentes (16) ist eine längliche, sich in Umfangsrichtung erstreckende Ausnehmung (50) eingearbeitet, deren radiale Mittellinie (54) um 0 bis 12°, vorzugsweise 7°, gegenüber der radialen Längsmittlebene (56) des Lagersegmentes (16) versetzt ist, und zwar in Drehrichtung (58) der Welle. In den Bereichen, in denen Seitenflächen benachbarter Lagersegmente einander gegenüberliegen, sind am Tragorgan Nocken (30) befestigt, die eine geneigte Stützfläche (36) haben, an welcher eine konvex gekrümmte Fläche (48) an dem an diesen Nocken abzustützenden Ende jedes Lagersegmentes anliegt. Durch diese Ausbildung der Abstützung sind die Lagersegmente besser befähigt, um ihre Zentren zu kippen und so einen ungefähr vertikalen Verlauf der Ortskurve der Wellenachse unter variablen Lastverhältnissen zu gewährleisten.



PATENTANSPRÜCHE

1. Wellenlager mit einem Kranz von in einem Tragorgan (14) angeordneten Lagersegmenten (16), die im Betrieb in diesem Tragorgan hydrostatisch abgestützt sind unter Ausnützung des Druckes in einem hydrodynamisch erzeugten Lagerölfilm, dadurch gekennzeichnet, dass in der äusseren Mantelfläche (42) jedes Lagersegmentes (16) eine längliche, sich in Umfangsrichtung erstreckende Ausnehmung (50) eingearbeitet ist, deren radiale Mittellinie (54) um 0 bis 12° gegenüber der radialen Längsmittellinie (56) des Lagersegmentes versetzt ist, und zwar in Drehrichtung (58), der Welle, und dass eine Bohrung (52) diese Ausnehmung mit der als Lauffläche wirkenden Innenmantelfläche (40) des Lagersegmentes verbindet, damit im Betrieb des Wellenlagers der Druck, der im hydrodynamisch an der Lauffläche aufgebauten Ölfilm herrscht, in der Ausnehmung zur Wirkung gelangt zur hydrostatischen Abstützung des Lagersegmentes am Tragorgan (14), derart, dass dieses Lagersegment seine vom Tragorgan abgehobene und gekippte Lage einnimmt, die eine keilförmige Gestalt des Lagerfilmes ergibt.

2. Wellenlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Anzahl von Lagersegmenten gleich drei die Versetzung der Mittellinie der Ausnehmung zu jener des Lagersegmentes ungefähr 7° beträgt.

3. Wellenlager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in den Bereichen, in denen Seitenflächen benachbarter Lagersegmente einander gegenüberliegen, am Tragorgan Nocken (30) befestigt sind, die von ihm einwärts ragen, und zur Abstützung der Lagersegmente gegen Mitnahme durch die drehende Welle dienen, wobei jeder solche Nocken mindestens eine Stützfläche (36) für das in Laufrichtung hinter ihm gelegene Lagersegment hat, welche Stützfläche in einer Ebene gelegen ist, welche die radiale Mittellinie des Nockens an einer Stelle schneidet, die zwischen dem inneren Ende des Nockens und dem Zentrum des Wellenlagers gelegen ist.

4. Wellenlager nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Abstützung an einem der Nocken (32) bestimmte Lagersegment-Seitenfläche im Querschnitt des Wellenlagers gesehen konvex gekrümmt ist.

Die Erfindung betrifft ein Wellenlager mit einem Kranz von in einem Tragorgan angeordneten Lagersegmenten, die im Betrieb in diesem Tragorgan hydrostatisch abgestützt sind unter Ausnützung des Druckes in einem hydrodynamisch erzeugten Lagerölfilm.

Die Lagerung von mit hoher Drehzahl rotierenden Wellen von hochentwickelten Maschinen, wie z. B. Kompressoren, Gasturbinen, Dampfturbinen, stellt die Entwicklungingenieure vor extrem komplexe Probleme. Die Komplexität dieser Probleme wird stets erhöht durch die Tendenz zu immer höheren Drehgeschwindigkeiten, die Verwendung von flexibleren Wellen, das Auftreten von kopfseitigen Lasten und von aerodynamischen Lasten und durch andere Parameter. Im Zuge der Entwicklung von geeigneten Lagern sind solche vorgeschlagen worden, die elliptische, gelappte und kippbare Lagersegmente aufweisen zwecks möglichst weitgehender Herabsetzung der Instabilitäten während dem Lauf. Von diesen vorgeschlagenen Lagerkonstruktionen sind jene als die aussichtsreichsten herausgefunden worden, die kippbare Lagersegmente aufweisen. Bekannte Lager dieser Bauart haben jedoch verschiedene Nachteile; u. a. sind sie mit einem hohen Leistungsverlust behaftet, haben sie einen hohen Ölbedarf und einen komplizierten Aufbau; mit diesen

Nachteilen sind auch hohe Herstellungs- und Betriebskosten verbunden. Des weiteren wurde ein hoher Lagerzapfenverschleiss und ein geringes Dämpfungsvermögen festgestellt.

Neuere Ausführungen von Wellenlagern mit kippbaren Lagersegmenten sind bereits so ausgebildet, dass sich zwischen der als Lauffläche wirkenden Innenmantelfläche jedes Lagersegmentes und der Welle unter hydrodynamischer Einwirkung ein Ölfilm von keilförmiger Gestalt aufbaut und dass der in diesen Film auftretende Druck ausgenützt wird zur hydrostatischen Abstützung des betreffenden Lagersegmentes. Dank dieser Abstützung kann sich das Lagersegment gewissen Ausbiegungen und/oder Ausrichtfehlern der Welle anpassen. Ein derartiges Lager ist in der US-PS 3 549 215 beschrieben.

Es hat sich aber gezeigt, dass dieses Lager noch immer nicht in jeder Beziehung befriedigt. Es hat sich z. B. herausgestellt, dass die Lagersegmente die rotierende Welle nicht unter allen auftretenden Exzentrizitäten und Belastungen korrekt stützen. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass Anschlagstücke, die am Tragorgan befestigt sind und an sich die Aufgabe haben, diese Segmente gegen Drehmitnahme durch die Welle abzustützen, auch die nachteilige Wirkung haben, dass sie die Lagersegmente in der Erfüllung ihrer Funktion behindern durch Behinderung der Abhebe- und Kippbewegungen. Diese Behinderung dürfte auf den Verlauf der zusammenarbeitenden Flächen an Anschlagstück und Lagersegment zurückzuführen sein; dieser Verlauf ist radial am Anschlagstück und dazu geneigt am Lagersegment.

Die Behinderung der Lagersegmente in ihren Bewegungen während dem Betrieb führt zu einer Verminderung des Vermögens des Lagers, die Welle bei allen auftretenden Exzentrizitäten führen zu können und ergibt eine nicht vertikale Ortskurve der Wellenachse und ungünstige Anstellwinkel unter wechselnden Belastungen. Damit soll gesagt sein, dass wenn auf die drehende Welle eine Last einwirkt, die im Idealfall eine vertikale Abwärtsbewegung der Last zur Folge hätte, diese Vertikalabwärtsbewegung gefälscht ist, weil auch eine horizontale Kraftkomponente zur Einwirkung gelangt. Dabei ergibt sich auch ein ungünstiger Anstellwinkel und damit einhergehend eine ungünstige Einwirkung hinsichtlich Steifheit und Dämpfungseffekt. Im gesamten wird das Dämpfungsvermögen des Lagers erheblich vermindert und die Instabilitätsschwelle herabgesetzt.

Mit der vorliegenden Erfindung wurde angestrebt eine Lagerausbildung zu schaffen, die zu einer im wesentlichen vertikalen Ortskurve der Wellenachse führt unter variablen Lasten, die auf die Welle einwirken.

Zu diesem Zweck wird erfindungsgemäss in der äusseren Mantelfläche jedes Lagersegmentes eine längliche, sich in Umfangsrichtung erstreckende Ausnehmung eingearbeitet, deren radiale Mittellinie um 0 bis 12° gegenüber der radialen Längsmittellinie des Lagersegmentes versetzt ist, und zwar in Drehrichtung der Welle, und dass eine Bohrung diese Ausnehmung mit der als Lauffläche wirkenden Innenmantelfläche des Lagersegmentes verbindet, damit im Betrieb des Wellenlagers der Druck, der im hydrodynamisch an der Lauffläche aufgebauten Ölfilm herrscht, in der Ausnehmung zur Wirkung gelangt zur hydrostatischen Abstützung des Lagersegmentes am Tragorgan, derart, dass dieses Lagersegment seine vom Tragorgan abgehobene und gekippte Lage einnimmt, die eine keilförmige Gestalt des Lagerfilmes ergibt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass bei einer Anzahl von Lagersegmenten gleich drei die Versetzung der Mittellinie der Ausnehmung zu jener des Lagersegmentes ungefähr 7° beträgt. In Weiterausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, dass in den Bereichen, in denen Seitenflächen benachbarter Lagersegmente einander

gegenüberliegen, am Tragorgan Nocken befestigt sind, die von ihm einwärts ragen, und zur Abstützung der Lagersegmente gegen Mitnahme durch die drehende Welle dienen, wobei jeder solche Nocken mindestens eine Stützfläche für das in Laufrichtung hinter ihm gelegene Lagersegment hat, welche Stützfläche in einer Ebene gelegen ist, welche die radiale Mittellinie des Nockens an einer Stelle schneidet, die zwischen dem inneren Ende des Nockens und dem Zentrum des Wellenlagers gelegen ist. Hierbei ist vorzugsweise vorgesehen, dass die zur Abstützung an einem der Nocken bestimmte Lagersegment-Seitenfläche im Querschnitt des Wellenlagers gesehen konvex gekrümmt ist.

In einem derart ausgebildeten Wellenlager sind die Lagersegmente freier in ihren Bewegungen, die sie im Betrieb ausführen sollen, um die Welle bei allen auftretenden Exzentrizitäten und Belastungen zu führen. Ausserdem wird in einem Wellenlager, das drei Lagersegmente aufweist, bei einer Anordnung der Ausnehmungsmitten in einem Abstand von 57 % der in Umfangsrichtung gemessenen Länge der äusseren Mantelfläche von der vorderen Kante des Lagersegmentes eine vorzügliche Ausnützung des erzeugten hydrodynamischen Druckes erzielt. Bei dieser Anordnung wird die wirksamste Unterdrucksetzung aller Lagersegmente über den ganzen Bereich von Lastorientierungen erzielt. Es wird mit diesen Verbesserungen auch ein beinahe vertikaler Verlauf der Otskurve der Achse der drehenden Welle bei praktisch allen Exzentrizitäten erreicht.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beiliegenden Zeichnung beispielsweise erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Stirnansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemässen Wellenlagers, teilweise im Schnitt,

Fig. 2 einen Aufriss zu Fig. 2 teilweise im Schnitt,

Fig. 3 eine Draufsicht eines der Lagersegmente,

Fig. 4 einen Längsschnitt nach der Linie 4—4 der Fig. 3, und

Fig. 5 eine Untenansicht eines Endabschnittes dieses Lagersegmentes.

In der Zeichnung ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Wellenlagers dargestellt und zusammenfassend mit 10 bezeichnet. Die zugehörige Welle ist mit 12 bezeichnet. Das Lager weist ein Tragorgan auf, das aus einem Tragring 14 besteht, der leicht in ein (nicht gezeigtes) Maschinengehäuse eingebaut werden kann. Zum Wellenlager gehört sodann auch ein Kranz von Lagersegmenten 16; vorzugsweise sind wie im gezeigten Beispiel drei solche Lagersegmente vorgesehen.

Der Tragring 14 ist in zwei Hälften aufgeteilt, die durch Schrauben 22 aneinander befestigt sind, wobei diese Schrauben Passdübel 24 durchsetzen. Anstatt dessen könnte der Tragring einteilig ausgeführt sein. An der Aussenmantelfläche 26 des Tragringes 14 ist eine Ringnut 28 vorgesehen, die im eingebauten Zustand des Lagers als Ölverteilkanal dient, aus welchem Öl durch Bohrlöcher 29 hindurch zu den Lagersegmenten gelangen kann.

In den Bereichen, in denen Seitenflächen benachbarter Lagersegmente 16 einander gegenüber liegen, sind Nocken 30 vorgesehen, die am Tragring 14 befestigt sind; im gezeigten Ausführungsbeispiel ist diese Befestigung dadurch gegeben, dass jeder Nocken 30 einen Schaft 34 hat, der in eine zugehörige Bohrung 31 des Tragringes eingepresst ist. Der Kopf 32 jedes Nockens 30 hat geeignete Seitenflächen 36, die zum Kulminationspunkt 38 hin gegeneinander konvergieren. Jedes Lagersegment 16 hat eine innere Mantelfläche 40, eine äussere Mantelfläche 42, zwei nicht bezeichnete zueinander parallele Stirnflächen und an beiden Enden eine Seitenfläche 44. Die innere Mantelfläche hat im wesentlichen den gleichen Durchmesser wie die Welle 12. Die Aussenmantelfläche jedes Lagersegmentes ist der Innenoberfläche

18 des Tragringes 14 angepasst, wobei aber zwischen diesen Flächen ein gewisses Spiel vorgesehen ist, das für den korrekten Betrieb des Lagers ebenso unentbehrlich ist wie ein gewisses Spiel zwischen der inneren Mantelfläche 40 und der Lauffläche der Welle. Diese beiden Spiele ermöglichen es den Lagersegmenten 16, sich abzuheben und zu kippen in einem Ausmass, das von den dynamischen Lagerbetriebsbedingungen abhängig ist, und zwar unter der Einwirkung von Ölfilmen, so wie dies weiter unten im einzelnen erläutert wird.

In jede Seitenfläche 44 jedes Lagersegmentes ist ausgehend von der an die Aussenmantelfläche 42 angrenzenden Kante 45 eine Ausnehmung 46 eingearbeitet, die mittig zwischen den beiden Stirnflächen gelegen ist. Der Boden 48 jeder solchen Ausnehmung 46 ist, in einem Querschnitt des Lagers gesehen, konvex gekrümmt, und zwar mit einem Radius 49, welcher von der Längsmittle des Lagersegmentes ausgeht und 1,0104 mal so gross ist wie der Krümmungsradius 51 der inneren Mantelfläche 40. Jeder solche Ausnehmungsboden 48 liegt einer benachbarten geneigten Seitenfläche 36 eines der Nocken 30 gegenüber.

In die äussere Mantelfläche 42 jedes Lagersegmentes 16 ist eine wenig tiefe, auch mittig zwischen den Stirnflächen gelegene Ausnehmung 50 eingearbeitet, die durch einen Kanal bzw. eine Bohrung 52 mit der inneren Mantelfläche 40 verbunden ist. Wie am besten aus Fig. 1 hervorgeht ist die Ausnehmung 50 an solcher Stelle im Lagersegment eingearbeitet, dass ihre radiale Mittellinie 54 um einen Winkelbetrag von 0 bis 12°, vorzugsweise 7°, gegenüber der radialen Längsmittlebene 56 des Lagersegmentes versetzt ist, und zwar in Drehrichtung 58 der Welle 12.

In die Innenmantelfläche 40 jedes Lagersegmentes ist in der Nähe der Lagersegmentsenden eine achsparallele Nut 60 eingearbeitet, die sich nicht ganz bis zu den Stirnflächen hin erstreckt. Jede solche Nut ist durch einen Kanal 62 mit der Aussenmantelfläche verbunden. Jede solche Nut dient zum Schmieren der Welle und erleichtert die Erzeugung des wohlbekannten keilförmigen Ölfilmes, der zur Abstützung der Welle an den Lagersegmenten dient, so wie dies weiter unten noch im einzelnen erläutert wird. Im Betrieb des beschriebenen Wellenlagers wird der Nut 28, die dabei an ihrem Aussenumfang durch einen Gehäuseeteil begrenzt ist und somit einen Kanal bildet, Öl unter Druck zugeführt. Dieses Öl gelangt durch die im Tragring vorhandenen Bohrungen 29 hindurch und auch durch die auf solche Bohrungen ausgerichteten Bohrungen 62 der Lagersegmente 16 hindurch zu den Ausbreitnuten 60, die an der Innenmantelfläche 40 der Lagersegmente 16 vorgesehen sind. Bei eintretender Drehung der Welle 12 nimmt diese Öl aus diesen Nuten 60 mit zwecks Bildens eines keilförmigen Ölfilmes zwischen ihrer Lauffläche und der benachbarten Innenmantelfläche jedes Lagersegmentes. Im Inneren dieser keilförmigen Lagerfilme steht das Öl unter einem gewissen Druck, weshalb Öl aus jedem solchen Film durch den zugeordneten Kanal 52 hindurch zur entsprechenden Ausnehmung 50 gelangt zwecks Bildens eines hydrostatischen Ölfilmes oder -kissens am Rücken jedes Lagersegmentes. Dieses Ölkissen erlaubt es jedem Lagersegment, sich vom Tragring abzuheben und sich anzustellen innerhalb der Grenzen, die durch das schon erwähnte Spiel zwischen Lagersegmenten und Welle einerseits und das Spiel zwischen Lagersegmenten und Tragring andererseits, vorgegeben sind. Das Aufstellen und Anheben erfolgt im Ausmass von Ausrichtfehlern der Welle bis ein Kräftegleichgewicht und ein Momentengleichgewicht erreicht ist für jeden Belastungszustand.

Es sei hier darauf hingewiesen, dass ein solches Abheben und Anstellen der Lagersegmente bei dem vorliegenden Wellenlager mit seinen Nocken 30 freier ist als in vorbe-

kannten Wellenlagern, deren Lagersegmentanschlage durch die nun vorgesehenen Nocken ersetzt sind; dies dürfte davon herrühren, dass bei den bekannten Wellenlagern die Anlageflächen zwischen den Lagersegmenten und den zugehörigen Anschlägen radial verlaufen und die Lagersegmente bei ihrem Anheben und Anstellen zwingen, einer Bahn zu folgen, die durch den Anschlag vorbestimmt ist, mit der Folge, dass das Lagersegment daran gehindert ist, um seine Mitte zu kippen und deshalb die Tendenz hat, um seine Enden zu kippen.

Demgegenüber ermöglichen in dem hier vorgeschlagenen Wellenlager die geneigten Seitenflächen 36 der Nocken 30 und die zugeordneten, konvex gekrummtten Bodenflächen 48 eine Schwenkung bzw. Kippung der Lagersegmente um ihre Zentren anstatt um ihre Vorderkanten. Die Lagersegmente des hier vorgeschlagenen Wellenlagers sind bei ihrem Wirken geführt durch einen Kontakt mit einer der Nocken-seitenflächen 36, so dass sie ähnlich kippen oder anstellen wie Lagersegmente in Lagern, in denen Lagersegmente mechanisch gekippt werden, was zu dem gewünschten ungefähr vertikalen Verlauf der Ortskurve führt. Die Wirksamkeit im Betrieb wird auch verbessert durch die besondere An-

ordnung der Ausnehmung 50, so dass deren radiale Mittel-
linie 54 um 0 bis 12° , vorzugsweise 7° , gegenüber der radialen Längsmittlebene 56 des betreffenden Lagersegmente versetzt ist, und zwar in Drehrichtung der Welle. Der vorhin angegebene Betrag von 7° wird gegenwärtig als Optimalwert dieser Versetzung angesehen. Durch die Anordnung einer solchermaßen versetzten Ausnehmung wird es offenbar den Lagersegmenten ermöglicht, freier zu schwimmen, zu kippen und wird auch eine geeignete Unterdrucksetzung aller Lagersegmente über den ganzen Bereich der auftretenden Belastungsrichtungen erreicht.

Es wurde eine Anzahl von nach den Lehren der vorliegenden Erfindung ausgebildeten Wellenlagern hergestellt und einer praktischen Probung unterworfen. Bei dieser letzten zeigte sich, dass die Wellenlager es tatsächlich ermöglichen, einen praktisch vertikalen Verlauf der Ortskurve der Wellenachse zu verwirklichen, was mit einem besonders vorteilhaften Verhalten unter verschiedensten Bedingungen verbunden ist. Es hat sich bestätigt, dass die Lagersegmente freier sind in ihrer Kippbewegung und die Welle besser führen, wobei sie ungefähr um ihre Zentren kippen.

