

Hydrodynamisches Axiallager

BESCHREIBUNG

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der hydrodynamischen Axiallagerung von
5 rotierenden Wellen, wie sie etwa in Strömungsmaschinen, insbesondere in
Abgasturboladern eingesetzt werden.

Stand der Technik

Werden schnell drehende Rotoren mit axialen Schubkräften beaufschlagt, kommen
tragfähige Axiallager zum Einsatz. Beispielsweise bei Strömungsmaschinen, wie etwa
10 Abgasturboladern, werden hydrodynamische Axiallager zur Aufnahme von
strömungsbedingt hohen Axialkräften und zur Führung der Welle in axialer Richtung
eingesetzt. Um bei solchen Anwendungen das Schiefstellungsvermögen
und das Verschleissverhalten zu verbessern, können bei hydrodynamischen Axiallagern
zwischen einem mit Wellendrehzahl rotierenden Lagerkamm und einem nicht
15 rotierenden Axialanschlag am Lagergehäuse frei im Schmieröl schwimmende Scheiben,
sogenannte Schwimmscheiben, eingesetzt werden. Die Schmierpalte zwischen
rotierendem Lagerkamm und der Schwimmscheibe sowie zwischen der
Schwimmscheibe und dem stillstehenden Axialanschlag am Lagergehäuse sind
vorteilhafterweise jeweils von einer profilierten Kreisringfläche und einer der profilierten
20 Kreisringfläche gegenüberliegenden, ebenen Gleitfläche begrenzt sind. Die profilierte
Kreisringfläche dient der Optimierung des für die Tragkraft des Axiallagers
entscheidenden Druckaufbaus im Schmierpalt. Zur Verteilung des im radial innen
liegenden Bereichs der profilierten Kreisringfläche zugeführten Schmieröls sind radial
nach aussen führende Schmierölnuten vorhanden. Den Schmierölnuten benachbart
25 sind den Schmierpalt in Umfangsrichtung verengende Keilflächen ausgebildet, über
welche das in die Schmierölnuten eingebrachte Schmieröl austritt. Das Schmieröl wird
dabei möglichst über die gesamte radiale Höhe der Schmierölnuten in die Keilfläche
geführt. Der für die Tragfähigkeit des Axiallagers notwendige Druckaufbau erfolgt im
Wesentlichen im Bereich der Keilflächen. In Umfangsrichtung an die Keilflächen

angrenzend sind Rastflächen ausgebildet, welche eine ebene Fläche umfassen und welche die Tragfläche der profilierten Kreisringfläche ausmacht

Beispiele derartiger Axiallager finden sich unter anderem in GB1095999, EP0840027, EP1199486, EP1644647 und EP2042753. Die radiale Führung der Schwimmscheibe erfolgt entweder auf dem rotierenden Körper, d.h. auf der Welle bzw. auf dem Lagerkamm durch ein in die Schwimmscheibe integriertes Radiallager, wie es beispielsweise in EP0840027 offenbart ist, oder aber auf einem feststehenden, den rotierenden Körper konzentrisch umgebenden Lagerbund, wie es beispielsweise in EP1199486 offenbart ist. Die Schmierung eines solchen hydrodynamischen Axiallagers erfolgt in der Regel mittels Schmieröl aus einem eigenen Schmierölsystem oder bei Abgasturboladern via das Schmierölsystem einer mit dem Abgasturbolader verbundenen Brennkraftmaschine.

Alle Tragflächen herkömmlicher Axiallagerungen stehen im kalten Zustand, im Stillstand, senkrecht zur Rotationsachse des Rotors oder aber zumindest parallel zueinander. Im Betrieb können sich die Tragflächen wegen Temperaturgradienten, Flieh-, Schub- und weiteren Kräften verformen. Eine derartige Verformung der Lagertragflächen kann die Tragkraft der Lagerung beeinträchtigen. Besonders grosse Auswirkungen können Temperaturgradienten über dem Kamm des Kammlagers haben. Der gegenüber der Welle radial hervorstehende Kamm verformt sich aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen Tragfläche und Rückseite schirmförmig. Diese Verformung kann zum Anstreifen des Kammlagers an der Schwimmscheibe führen, besonders bei tiefem Ölversorgungsdruck. Die Verformung aufgrund des Temperaturgradienten ist mit einer herkömmlichen Kammlagerkonstruktion besonders kritisch, da sie einen gegen aussen sich erweiternden Schmier-spalt verursacht. Einerseits verkleinert diese Konstellation die Tragfähigkeit aus geometrischen Gründen und andererseits vermindert sie den fliehkraftbedingten Druckaufbau in radialer Richtung, da der Abflusswiderstand für das Schmieröl nach radial aussen reduziert wird.

Kurze Darstellung der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Tragfähigkeit eines hydrodynamischen Axiallagers zur Lagerung einer drehbar in einem Lagergehäuse gelagerten Welle zu verbessern.

- 5 Wird der zwischen den Tragflächen des Axiallagers ausgebildete Spalt in radialer Richtung nach aussen verengt ausgebildet, indem die Tragflächen zumindest im radial äusseren Bereich schief relativ zueinander angeordnet sind, ergibt sich im Betrieb aufgrund der oben angesprochenen Deformation der rotierenden Tragfläche eine Reduktion der relativen Schiefstellung der Tragflächen. Die Verengung im radial
10 äusseren Bereich wird vermindert, so dass die Tragflächen im Betrieb gleichmässiger aufeinander aufliegen.

- Wird etwa der Lagerkamm mit einer konischen, also zur gegenüberliegenden Tragfläche hin geneigten Tragfläche gefertigt, kann die Temperaturdeformation im Kammlager kompensiert werden. Bei der Kompensation müssen die Deformationen
15 wegen Flieh-, Schub- und weiteren Kräften ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Da die Kammlagerdeformationen betriebspunktabhängig sind, wird der Schmierpalt unter gewissen Betriebsbedingungen in radialer Richtung kleiner. Diese Situation ist günstiger als die heutige mit erweitertem Schmierpalt, da die Tragfähigkeit weniger reduziert und der fliehkraftbedingte Druckaufbau in radialer Richtung begünstigt wird.

- 20 Die Kompensation wegen Tragflächendeformationen durch Temperaturgradienten, Flieh-, Schub- und weiteren Kräften kann auch an der Schwimmscheibe, beziehungsweise bei einem schwimmscheibenlosen Axiallager am Axialanschlag des Lagergehäuses erfolgen. Allfällige temperaturbedingte Deformationen im Bereiche des Axialanschlags am Lagergehäuse können in ähnlicher Weise ausgeführt werden wie
25 am Kammlager.

Falls eine doppelseitig konische Schwimmscheibe oder eine sehr dünne, sich im Betrieb an sich verändernde geometrische Verhältnisse anpassende Schwimmscheibe verwendet wird, kann die Kammlagerdeformation auch durch eine konische Ausbildung des Axialanschlags am Lagergehäuse kompensiert werden.

- 30 Dank Kompensation der Deformation wird die Axiallagerung gegen Anstreifen der Schwimmscheibe oder des Lagerkamms, beziehungsweise – bei einem

schwimmscheibenlosen Axiallager – des Axiallagers, an den benachbarten Lagerteilen robuster. Der Turbolader wird betriebssicherer und verschleissbedingte Kosten können reduziert werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

5 Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung anhand von Zeichnungen detailliert erläutert. Hierbei zeigt

Fig. 1 im rechten Teil einen entlang der Drehachse geführten Schnitt durch eine
gemäss dem Stand der Technik ausgebildete Ausführungsform eines
Axialgleitlagers mit einem rotierenden Lagerkamm, einem feststehenden
10 Axialanschlag sowie einer Schwimmscheibe, und im linken Teil eine
Frontansicht in axialer Richtung auf die entsprechende Schwimmscheibe mit
einer profilierten Kreisringfläche,

Fig. 2 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager nach Fig.1, wobei in dieser und
in allen nachfolgenden Figuren der Lagerkamm jeweils im kalten Zustand
15 dargestellt ist, und zusätzlich die Verformung des Lagerkamms im
Betriebszustand aufgrund der Erwärmung und der schnellen Rotation und
der daraus resultierende Schmierpalt mit gestrichelten Linien angedeutet ist,

Fig. 3 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager gemäss einer ersten,
erfindungsgemässen Ausführungsform, mit einem konisch geformten
20 Lagerkamm, und einem daraus resultierenden, sich radial nach aussen hin
verjüngenden Schmierpalt,

Fig. 4 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager gemäss einer zweiten,
erfindungsgemässen Ausführungsform mit einer lagerkammseitig konisch
geformten Schwimmscheibe, und einem daraus resultierenden, sich radial
25 nach aussen hin verjüngenden Schmierpalt,

Fig. 5 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager gemäss einer dritten,
erfindungsgemässen Ausführungsform, mit einem konisch geformten
Axiallager und einem konisch geformten Lagerkamm, und zwei daraus
resultierenden, sich radial nach aussen hin verjüngenden Schmierpalte,

- Fig. 6 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager gemäss einer vierten, erfindungsgemässen Ausführungsform mit einem konisch geformten Axiallager und einer lagerkammseitig konisch geformten Schwimmscheibe, und zwei daraus resultierenden, sich radial nach aussen hin verjüngenden Schmierspalt,
- Fig. 7 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager gemäss einer fünften, erfindungsgemässen Ausführungsform mit einer beidseitig konisch geformten Schwimmscheibe, und zwei daraus resultierenden, sich radial nach aussen hin verjüngenden Schmierspalt,
- Fig. 8 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager gemäss einer sechsten, erfindungsgemässen Ausführungsform mit einem konisch geformten Lagerkamm und einer axiallagerseitig konisch geformten Schwimmscheibe, und zwei daraus resultierenden, sich radial nach aussen hin verjüngenden Schmierspalt,
- Fig. 9 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager gemäss einer siebten, erfindungsgemässen Ausführungsform, ohne Schwimmscheibe, mit einem konisch geformten Lagerkamm, und einem daraus resultierenden, sich radial nach aussen hin verjüngenden Schmierspalt, und
- Fig. 10 ein schematisch dargestelltes Axialgleitlager gemäss einer achten, erfindungsgemässen Ausführungsform, wiederum ohne Schwimmscheibe, mit einem konisch geformten Axialanschlag, und einem daraus resultierenden, sich radial nach aussen hin verjüngenden Schmierspalt.

Weg zur Ausführung der Erfindung

- Fig. 1 zeigt beispielhaft ein hydrodynamisches Axiallager gemäss dem Stand der Technik, wobei im rechten Teil der Figur in einem axial entlang der Rotationswelle geführten Schnitt die drei wesentlichen Komponenten des Axiallagers sichtbar gemacht sind. Der Lagerkamm 10 ist auf der rotierenden Welle 40 aufgesetzt - oder optional mit der Welle stoffschlüssig verbunden bzw. mit der Welle aus einem Stück gefertigt - und rotiert mit der Welle mit. Axial zwischen einem Axialanschlag 21 an dem Lagergehäuse 20 und dem Lagerkamm ist eine Schwimmscheibe 30 angeordnet. Zwischen Axialanschlag und Schwimmscheibe einerseits, und Schwimmscheibe und Lagerkamm

andererseits, ist jeweils ein Schmierspalt ausgebildet, in welchem sich zwischen den Tragflächen eine dünne Schmierölschicht befindet. In der dargestellten Ausführungsform weisen die Tragfläche 22 am Axialanschlag und die Tragfläche 11 am Lagerkamm jeweils eine in Umfangsrichtung eben ausgestaltete Gleitfläche auf, während die beiden Tragflächen der Schwimmscheibe Teil einer profilierten Kreisringfläche sind. Dieser grundsätzliche Aufbau der beiden Schmierspalt wird auch in allen nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen der erfindungsgemässen hydrodynamischen Axialgleitlager mit Schwimmscheibe übernommen. Für alle diese Ausführungsformen gilt, dass die Gleitflächen und die profilierten Kreisringflächen bei einem oder beiden der Schmierspalt auch auf der jeweils anderen Seite des Schmierspalt angeordnet sein können, so dass beispielsweise die Schwimmscheibe beidseitig je eine ebene Gleitfläche aufweist während die profilierte Kreisringfläche auf der Tragfläche des Lagerkamms und dem Axialanschlag des Lagergehäuses angebracht sind. In einer Ausführungsform ohne Schwimmscheibe, wäre entsprechend die profilierte Kreisringfläche auf dem rotierenden Lagerkamm angeordnet und die ebene Gleitfläche auf dem Axialanschlag des Lagergehäuses oder allenfalls umgekehrt, also die ebene Gleitfläche auf dem rotierenden Lagerkamm und die profilierte Kreisringfläche auf dem Axialanschlag des Lagergehäuses.

Der Aufbau der profilierten Kreisringfläche ist aus dem linken Teil der Fig.1 ersichtlich, in welchem die Schwimmscheibe um 90° gedreht, so dass in einer Aufsicht die eine der Stirnseiten der Schwimmscheibe zu sehen ist.

Die profilierte Kreisringfläche dient der Optimierung des für die Tragkraft des Axiallagers entscheidenden Druckaufbaus im Schmierspalt zwischen den Tragflächen. Die Profilierung der Kreisringfläche umfasst mehrere Segmente mit jeweils einer radial nach aussen führenden Schmierölnut 33 zum Verteilen des im radial innen liegenden Bereichs der profilierten Kreisringfläche zugeführten Schmieröls. Entgegen der mit dem schwarzen Pfeil angedeuteten Rotationsrichtung der profilierten Kreisringfläche sind den Schmierölnuten 33 benachbart den Schmierspalt in Umfangsrichtung verengende Keilflächen 34 ausgebildet, über welche das in die Schmierölnuten 33 eingebrachte Schmieröl gemäss den dicken Pfeilen austritt. Das Schmieröl wird dabei möglichst über die gesamte radiale Höhe der Schmierölnuten 33 in die Keilfläche 34 geführt. Der für die Tragfähigkeit des Axiallagers notwendige Druckaufbau erfolgt im Wesentlichen im

Bereich der Keilflächen. In Umfangsrichtung an die Keilflächen 34 angrenzend sind Rastflächen 35 ausgebildet, welche eine ebene Fläche umfassen, die den geringsten Abstand zur Gegenkontur, als der oben beschriebenen Gleitfläche aufweisen. Die axiale Ausdehnung (Dicke) des Schmierpaltes kann somit als Abstand zwischen den

5 Rastflächen 35 und der gegenüberliegenden Gleitfläche beschrieben werden. Zur Optimierung des Druckaufbaus in radialer Richtung in der Schmierölnut sowie über den Keilflächen können Schmierölnut und Keilfläche radial nach aussen mit einem den Schmierpalt verengenden Steg abgeschlossen sein. Der Steg kommt dabei typischerweise bis auf die Höhe der Rastfläche zu liegen, so dass Rastfläche und Steg

10 in einer Ebene liegen.

Für die nachfolgend beschriebenden Ausführungsformen wird die Ausbildung der Schmierölnut und der Keilfläche vernachlässigt. Entsprechend werden nachfolgend die Begriffe der profilierten Kreisringfläche und der Gleitfläche nicht mehr verwendet. Für die praktische Umsetzung wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Schmierpalte, wie

15 oben beschrieben, vorteilhafterweise jeweils von einer profilierten Kreisringfläche und einer ebenen Gleitfläche begrenzt sind. Beim nachfolgend verwendeten Begriff der wirksamen Tragfläche ist derjenige Bereich der profilierten Kreisringfläche gemeint, welcher allgemein als Rastfläche bezeichnet wird. Die Rastflächen befinden sich typischerweise in Flussrichtung des Schmieröls gesehen anschliessend an die

20 Keilflächen.

Wie in Fig. 1 und im vergrösserte dargestellten Detail gemäss Fig. 2 angedeutet, sind die Tragflächen der Axiallagerungen im kalten Zustand, also im Stillstand des Rotors, senkrecht zur Rotationsachse des Rotors oder aber zumindest parallel zueinander ausgebildet. Im Betrieb kann sich die Tragfläche im Lagerkamm wegen

25 Temperaturgradienten, Flieh-, Schub- und weiteren Kräften verformen. Der gegenüber der Welle radial hervorstehende Kamm verformt sich aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen der für das Axiallager relevanten Tragfläche und der dieser abgewandten Rückseite schirmförmig. Diese Verformung, in der Fig. 2 mit gestrichelten Linien angedeutet, kann zum Anstreifen des Kammlagers an der Schwimmscheibe im radial

30 inneren Bereich führen, da die Tragkraft des Schmierpalts aufgrund der radial nach aussen divergierenden Tragflächen 31 und 11' des Axiallagers und dem damit verbundenen ungehinderten Austreten des Schmieröls nachlässt, besonders bei tiefem

Ölversorgungsdruck, bei welchem nicht ausreichend Schmieröl nachgeführt werden kann.

- Fig. 3 zeigt ein schematisch dargestelltes hydrodynamisches Axialgleitlager gemäss einer ersten, erfindungsgemässen Ausführungsform. Dabei ist die wirksame Tragfläche 31 auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite der Schwimmscheibe 30 streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet. Die Tragfläche 11 des Lagerkamms hingegen, ist zur Schwimmscheibe 30 hin geneigt geformt, so dass sich im radial äusseren Bereich des Schmierspalt 52 eine Verengung in axialer Richtung ergibt. Die Neigung der Tragfläche 11 des Lagerkamms kann in dieser Ausführungsform, ebenso wie in den nachfolgend beschriebenen, weiteren Ausführungsformen durch eine gleichmässige, gerade Neigung oder durch eine kurvenförmige Neigung realisiert sein. In den Figuren sind die Verformungen der rotierenden Bauteile sowie die Verengungen der Schmierspalt stark übertrieben dargestellt. Tatsächlich bewegen sich die erfindungsgemäss vorgesehenen Neigungswinkel über dem gesamten Radius des geneigten Bauteils im Bereich einiger hundertstel Grad, wodurch sich etwa bei einer Scheibe mit einem Durchmesser von 200 Millimeter eine Verengung des Schmierspalt am radial äusseren Rand von einigen hundertstel Millimeter ergibt. Im Betrieb ergibt sich aufgrund der oben beschriebenen Erwärmung des Lagerkamms sowie durch Einwirkung der genannten Kräfte eine Verformung des Lagerkamms, welche wiederum mit gestrichelten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäss streckt sich die im kalten Zustand zur Schwimmscheibe hin geneigte Tragfläche 11 des Lagerkamms derart, dass sich im Nennbetrieb der Winkel der Verengung des Schmierspalt 52' verringert und die beiden Tragflächen 31 und 11' des Lagers parallel zueinander oder, unter Aufrechterhaltung einer gegenüber dem kalten Zustand weniger stark ausgeprägten Schmierspaltverengung, zumindest nahezu parallel zueinander verlaufen. Dass im kalten Zustand, also im Stillstand und auch bei kleinen Drehzahlen, die erfindungsgemässe Ausbildung des Axialgleitlagers zu einer Verengung des Schmierspalt im radial äusseren Bereich führt, ist kein Problem, da das aufgestaute Schmieröl für einen zusätzlichen Druckaufbau sorgt.
- Fig. 4 zeigt ein schematisch dargestelltes hydrodynamisches Axialgleitlager gemäss einer zweiten, erfindungsgemässen Ausführungsform. Dabei ist die Tragfläche 11 des Lagerkamms streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40

ausgerichtet. Dafür ist die Tragfläche 31 auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite der Schwimmscheibe 30 in dieser Ausführungsform zum Lagerkamm 10 hin geneigt ausgebildet, so dass sich im radial äusseren Bereich des Schmierspalt 52 wiederum die Verengung in axialer Richtung ergibt. Die Schwimmscheibe ist somit auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite konusförmig ausgebildet, während sie auf der anderen, dem Axialanschlag am Lagergehäuse zugewandten Seite senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet ist. Im Betrieb ergibt sich aufgrund der oben beschriebenen Erwärmung des Lagerkamms sowie durch Einwirkung der genannten Kräfte eine Verformung des Lagerkamms, welche wiederum mit gestrichelten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäss biegt sich die im kalten Zustand senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtete Tragfläche 11 des Lagerkamms derart, dass sich im Nennbetrieb der Winkel der Verengung des Schmierspalt 52' verringert und die beiden Tragflächen 31 und 11' des Lagers parallel oder nahezu parallel zueinander verlaufen.

In den Ausführungsformen gemäss den Fig. 5 bis 8 ist neben dem Schmierspalt 52 zwischen der Schwimmscheibe 30 und dem Lagerkamm 10 auch der Schmierspalt 51 zwischen dem Axialanschlag 21 und der Schwimmscheibe 30 mit einer Verengung in axialer Richtung im radial äusseren Bereich ausgebildet.

Fig. 5 zeigt ein schematisch dargestelltes hydrodynamisches Axialgleitlager gemäss einer dritten, erfindungsgemässen Ausführungsform. Dabei ist die Tragfläche 31 auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite der Schwimmscheibe 30 streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet. Die Tragfläche 11 des Lagerkamms hingegen, ist zur Schwimmscheibe 30 hin geneigt geformt, so dass sich im radial äusseren Bereich des Schmierspalt 52 eine Verengung in axialer Richtung ergibt. Der zweite, ebenfalls mit einer Verengung in axialer Richtung im radial äusseren Bereich versehene Schmierspalt erstreckt sich zwischen der streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40, ausgerichteten Tragfläche 32 auf der dem Axialanschlag zugewandten Seite der Schwimmscheibe 30 und der zur Schwimmscheibe 30 hin geneigten Tragfläche 22 des Axialanschlages 21 an dem Lagergehäuse. Die Schwimmscheibe ist somit mit zwei senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichteten, parallel zueinander verlaufenden Seiten versehen. Im Betrieb ergibt sich aufgrund der oben beschriebenen Erwärmung des Lagerkamms sowie durch Einwirkung der genannten Kräfte eine Verformung des Lagerkamms 10, welche

wiederum mit gestrichelten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäss streckt sich die im kalten Zustand zur Schwimmscheibe hin geneigte Tragfläche 11 des Lagerkamms derart, dass sich im Nennbetrieb der Winkel der Verengung des Schmierspalt 52' verringert und die beiden Tragflächen 31 und 11' des Lagers parallel zueinander oder

5 nahezu parallel zueinander verlaufen.

Fig. 6 zeigt ein schematisch dargestelltes hydrodynamisches Axialgleitlager gemäss einer vierten, erfindungsgemässen Ausführungsform, welches sich von der vorhergehenden dadurch unterscheidet, dass die Tragfläche 11 des Lagerkamms streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet und dafür

10 die Tragfläche 31 auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite der Schwimmscheibe 30 zum Lagerkamm 10 hin geneigt ausgebildet ist. Der zweite, ebenfalls mit einer Verengung in axialer Richtung im radial äusseren Bereich versehene Schmierspalt erstreckt sich wiederum zwischen der streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichteten Tragfläche 32 auf der dem Axialanschlag zugewandten

15 Seite der Schwimmscheibe und der zur Schwimmscheibe 30 hin geneigten Tragfläche 22 des Axialanschlags 21 an dem Lagergehäuse. Die Schwimmscheibe ist somit auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite konusförmig ausgebildet, während sie auf der anderen, dem Axialanschlag am Lagergehäuse zugewandten Seite senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet ist. Im Betrieb ergibt sich aufgrund der oben

20 beschriebenen Erwärmung des Lagerkamms sowie durch Einwirkung der genannten Kräfte eine Verformung des Lagerkamms, welche wiederum mit gestrichelten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäss biegt sich die im kalten Zustand senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtete Tragfläche 11 des Lagerkamms derart, dass sich im Nennbetrieb der Winkel der Verengung des Schmierspalt 52' verringert und die

25 beiden Tragflächen 31 und 11' des Lagers parallel zueinander oder nahezu parallel zueinander verlaufen.

Fig. 7 zeigt ein schematisch dargestelltes hydrodynamisches Axialgleitlager gemäss einer fünften, erfindungsgemässen Ausführungsform. Dabei ist die Tragfläche 11 des Lagerkamms streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40

30 ausgerichtet. Die Tragfläche 31 auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite der Schwimmscheibe 30 hingegen ist zum Lagerkamm 10 hin geneigt ausgebildet, so dass sich im radial äusseren Bereich des Schmierspalt 52 eine Verengung in axialer

Richtung ergibt. Der zweite, ebenfalls mit einer Verengung in axialer Richtung im radial äusseren Bereich versehene Schmierspalt erstreckt sich zwischen der streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet Tragfläche des Axialanschlags 21 an dem Lagergehäuse und der zum Axialanschlag hin geneigten

5 Tragfläche 32 auf der dem Axialanschlag zugewandten Seite der Schwimmscheibe. Die Schwimmscheibe 30 ist somit beidseitig konusförmig ausgebildet. Im Betrieb ergibt sich aufgrund der oben beschriebenen Erwärmung des Lagerkamms sowie durch Einwirkung der genannten Kräfte eine Verformung des Lagerkamms 10, welche wiederum mit gestrichelten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäss biegt sich die im

10 kalten Zustand senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtete Tragfläche 11 des Lagerkamms derart, dass sich im Nennbetrieb der Winkel der Verengung des Schmierspalts 52' verringert und die beiden Tragflächen 31 und 11' des Lagers parallel zueinander oder nahezu parallel zueinander verlaufen.

Fig. 8 zeigt ein schematisch dargestelltes hydrodynamisches Axialgleitlager gemäss

15 einer sechsten, erfindungsgemässen Ausführungsform, welches sich von der vorhergehenden dadurch unterscheidet, dass die Tragfläche 31 auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite der Schwimmscheibe 30 streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet und dafür die Tragfläche 11 des Lagerkamms, zur Schwimmscheibe 30 hin geneigt geformt ist, so dass sich im radial

20 äusseren Bereich des Schmierspalts 52 wiederum eine Verengung in axialer Richtung ergibt. Der zweite, ebenfalls mit einer Verengung in axialer Richtung im radial äusseren Bereich versehene Schmierspalt erstreckt sich wiederum zwischen der streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet Tragfläche 22 des Axialanschlags 21 an dem Lagergehäuse und der zum Axialanschlag hin geneigten

25 Tragfläche 32 auf der dem Axialanschlag zugewandten Seite der Schwimmscheibe. Die Schwimmscheibe ist somit auf der dem Axialanschlag am Lagergehäuse zugewandten Seite konusförmig ausgebildet, während sie auf der anderen, dem Lagerkamm zugewandten Seite senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet ist. Im Betrieb ergibt sich aufgrund der oben beschriebenen Erwärmung des Lagerkamms sowie durch

30 Einwirkung der genannten Kräfte eine Verformung des Lagerkamms, welche wiederum mit gestrichelten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäss streckt sich die im kalten Zustand zur Schwimmscheibe hin geneigte Tragfläche 11 des Lagerkamms derart, dass sich im Nennbetrieb der Winkel der Verengung des Schmierspalts 52' verringert und die

beiden Tragflächen 31 und 11' des Lagers parallel zueinander oder nahezu parallel zueinander verlaufen.

Die beiden letzten Figuren zeigen jeweils ein hydrodynamisches Axialgleitlager ohne Schwimmscheibe, bei denen eine Tragfläche 12 auf dem rotierenden Lagerkamm 10 und eine Tragfläche 22 auf dem Axialanschlag 21 des Lagergehäuses 20 angeordnet ist. Der sich dazwischen ergebende Schmierspalt 53 ist erfindungsgemäss wiederum radial nach aussen konvergierend ausgebildet, das heisst, dass sich der Schmierspalt im radial äusseren Bereich verjüngt.

Die in der Fig. 9 gezeigte, siebte erfindungsgemässe Ausführungsform eines hydrodynamischen Axialgleitlagers weist eine Tragfläche 12 des Lagerkamms 10 auf, welche zum Axialanschlag 21 des Lagergehäuses 20 hin geneigt geformt ist, so dass sich im radial äusseren Bereich des Schmierspalt 53 die Verengung in axialer Richtung ergibt. Die Tragfläche 22 des Axialanschlages 21 des Lagergehäuses 20 ist in dieser Ausführungsform streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet. Im Betrieb ergibt sich aufgrund der oben beschriebenen Erwärmung des Lagerkamms sowie durch Einwirkung der genannten Kräfte wiederum eine Verformung des Lagerkamms, welche wiederum mit gestrichelten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäss streckt sich die im kalten Zustand zur Tragfläche des Axialanschlages 21 hin geneigte Tragfläche 12 des Lagerkamms derart, dass sich im Nennbetrieb der Winkel der Verengung des Schmierspalt 53' verringert und die beiden Tragflächen 12' und 22 des Lagers parallel zueinander oder nahezu parallel zueinander verlaufen.

Die in der Fig. 10 gezeigte, achte erfindungsgemässe Ausführungsform eines hydrodynamischen Axialgleitlagers weist eine Tragfläche 12 des Lagerkamms 10 auf, welche streng radial, das heisst senkrecht zur Drehachse der Welle 40 ausgerichtet ist. Dafür ist die Tragfläche 22 des Axialanschlages 21 am Lagergehäuse 20 in dieser Ausführungsform zum Lagerkamm 10 hin geneigt ausgebildet, so dass sich im radial äusseren Bereich des Schmierspalt 53 wiederum die Verengung in axialer Richtung ergibt. Der Axialanschlag ist somit auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite konusförmig ausgebildet. Im Betrieb ergibt sich aufgrund der oben beschriebenen Erwärmung des Lagerkamms sowie durch Einwirkung der genannten Kräfte wiederum eine Verformung des Lagerkamms, welche wiederum mit gestrichelten Linien angedeutet ist. Erfindungsgemäss biegt sich die im kalten Zustand senkrecht zur

Drehachse der Welle 40 ausgerichtete Tragfläche 12 des Lagerkamms 10 derart, dass sich im Nennbetrieb der Winkel der Verengung des Schmierspalt 53' verringert und die beiden Tragflächen 12' und 22 des Lagers parallel zueinander oder nahezu parallel zueinander verlaufen.

- 5 In allen Ausführungsformen ist jeweils eine der Tragflächen als von der Ebene abweichend, welche senkrecht zur Drehachse der Welle ausgerichtet ist und die andere Tragfläche als streng radial, also entlang ebendieser Ebene verlaufend, welche senkrecht zur Drehachse der Welle ausgerichtet ist, beschrieben. Erfindungsgemäss können die sich verengenden Schmierspalt auch realisiert werden, indem die
- 10 jeweiligen Tragflächen beide von jeweiligen Ebenen, welche senkrecht zur Drehachse der Welle ausgerichtet sind, abweichen, jedoch in einem Winkel zueinander stehen. Beispielsweise können in der Ausführungsform mit einer Schwimmscheibe sowohl die Tragfläche auf der dem Lagerkamm zugewandten Seite der Schwimmscheibe als auch die Tragfläche auf dem Lagerkamm zum Schmierspalt hin geneigt gegenüber der
- 15 Ebene, welche senkrecht zur Drehachse der Welle ausgerichtet ist, verlaufen und so den sich verengenden Schmierspalt begrenzen.

Auch wenn in allen oben genannten Ausführungsformen jeweils nur von Tragflächen die Rede war, sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass falls eine oder beide der einen jeweiligen Schmierspalt begrenzenden Bauteile eine profilierte Oberfläche mit

20 Schmierölnut, Keilflächen und Rastflächen auf, so ist mit dem Begriff Tragfläche jeweils derjenige Bereich der profilierten Oberfläche gemeint, welcher als Rastfläche bezeichnet wird. Bei fehlender Rastfläche erstreckt sich die Tragfläche entlang der maximalen Erhebung der Keilflächen im Übergangsbereich zu den jeweils nächsten Schmierölnut.

Bezugszeichenliste

10	Lagerkamm
11, 12	Tragfläche am Lagerkamm
11', 12'	Tragfläche am Lagerkamm (im Betriebszustand)
20	Lagergehäuse
21	Axialanschlag
22	Gleitfläche
30	Schwimmscheibe
31, 32	Tragfläche der Schwimmscheibe
33	Schmierölnut
34	Keilfläche
35	Rastfläche
40	Welle
51	Schmierspalt zwischen Axialanschlag und Schwimmscheibe
52	Schmierspalt zwischen Schwimmscheibe und Lagerkamm
52'	Schmierspalt zwischen Schwimmscheibe und Lagerkamm (im Betriebszustand)
53	Schmierspalt zwischen Axialanschlag und Lagerkamm
53'	Schmierspalt zwischen Axialanschlag und Lagerkamm (im Betriebszustand)

PATENTANSPRÜCHE

1. Hydrodynamisches Axiallager zur Lagerung einer drehbar in einem Lagergehäuse (20) gelagerten Welle (40), umfassend einen Axialanschlag (21) des Lagergehäuses (20) sowie einen mit der Welle drehenden Lagerkamm (10), wobei zwischen dem
5 Axialanschlag (21) und dem Lagerkamm (10) mindestens ein durch eine profilierte Kreisringfläche und eine der profilierten Kreisringfläche gegenüberliegende, ebene Gleitfläche (22) begrenzter, mit Schmieröl beaufschlagter Schmierspalt (51, 52, 53) ausgebildet ist, wobei die profilierte Kreisringfläche um die oder mit der Welle (40) rotierend ausgebildet ist, wobei die Profilierung der Kreisringflächen mehrere
10 Segmente mit jeweils einer radial verlaufenden Schmierölnut (33), einer in Umfangsrichtung mit der Schmierölnut (33) verbundenen Keilfläche (34) und einer in Umfangsrichtung an die Keilfläche (34) angrenzende Rastflächen (35) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass bei mindestens einem Schmierspalt (51, 52, 53) die Rastflächen (35) und die ebene Gleitfläche (22) derart ausgebildet sind, dass sich
15 der durch die Rastflächen (35) und die ebene Gleitfläche (22) begrenzte Schmierspalt (52) radial nach aussen bezüglich der axialen Richtung verengt.
2. Hydrodynamisches Axiallager nach Anspruch 1, wobei eine ebene Gleitfläche (22) des Axialanschlags, welche den sich radial nach aussen verengenden Schmierspalt (51, 53) begrenzt, zumindest in einem radial äusseren Teil abweichend von der
20 Ebene, welche senkrecht zur Rotationsachse steht, zum Lagerkamm (10) hin geneigt ausgebildet ist.
3. Hydrodynamisches Axiallager nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei eine ebene Gleitfläche (22) des Lagerkamms (10), welche den sich radial nach aussen verengenden Schmierspalt (52, 53) begrenzt, abweichend von der Ebene, welche
25 senkrecht zur Rotationsachse steht, zum Axialanschlag (21) hin geneigt ausgebildet ist.
4. Hydrodynamisches Axiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei axial zwischen dem Axialanschlag (21) und dem Lagerkamm (10) eine Schwimmscheibe (30) angeordnet ist, und wobei ein durch eine profilierte Kreisringfläche und eine
30 gegenüberliegende, ebene Gleitfläche (22) begrenzter und sich radial nach aussen

verengender Schmierspalt (52) zwischen der Schwimmscheibe (30) und dem Lagerkamm (10) ausgebildet ist.

- 5 5. Hydrodynamisches Axiallager nach Anspruch 4, wobei die profilierte Kreisringfläche der Schwimmscheibe (30) und eine ebene Gleitfläche des Lagerkamms (10) den sich radial nach aussen verengenden Schmierspalt (52) begrenzen, und wobei die ebene Gleitfläche zumindest in einem radial äusseren Teil abweichend von der Ebene, welche senkrecht zur Rotationsachse steht, zum Axialanschlag (21) hin geneigt ausgebildet ist.
- 10 6. Hydrodynamisches Axiallager nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei von dem Axialanschlag (21) und der Schwimmscheibe (30) ein weiterer Schmierspalt (51) begrenzt ist, wobei die diesen weiteren Schmierspalt (51) begrenzende ebene Gleitfläche (22) des Axialanschlags (21), abweichend von der Ebene, welche senkrecht zur Rotationsachse steht, zur Schwimmscheibe (30) hin geneigt ausgebildet ist.
- 15 7. Strömungsmaschine, umfassend eine in einem Gehäuse (20) drehbar gelagerte Welle (40), mit einem hydrodynamischen Axiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
8. Abgasturbolader, umfassend eine in einem Gehäuse (20) drehbar gelagerte Welle (40), mit einem hydrodynamischen Axiallager nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
- 20 9. Abgasturbolader nach Anspruch 8, wobei der Lagerkamm (10) und die Welle (40) stoffschlüssig verbunden oder aus einem Stück gefertigt sind.