(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 37 40 295 A1**

(51) Int. Cl. 4:
F 16 C 32/04
H 02 K 7/09

(21) Aktenzeichen: P 37 40 295.1
(22) Anmeldetag: 27. 11. 87
(43) Offenlegungstag: 8. 6. 89

DE 37 40 295 A1

(71) Anmelder:

Asea Brown Boveri AG, 6800 Mannheim, DE

(72) Erfinder:

Glass, Dieter, 6902 Sandhausen, DE; Eixelsberger, Wilfried, Ing.(grad.), 6945 Hirschberg, DE; Bührer, Peter, Dipl.-Ing. (FH), 6147 Lautertal, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Axiales Magnetlager

Bei einem axialen Magnetlager mit einer Axiallagerscheibe (50) ist die Axiallagerscheibe als Lüfterrad für die Förderung eines gasförmigen Kühlmittels ausgebildet. Hierdurch wird eine wirkungsvolle Kühlung des Magnetlagers mit einfachen Mitteln erreicht und gleichzeitig die Möglichkeit gegeben, weitere wärmeabgebende Bauteile, Baugruppen oder Aggregate mit Hilfe eines Kühlmittelstroms, der von der Axiallagerscheibe gefördert wird, zu kühlen.

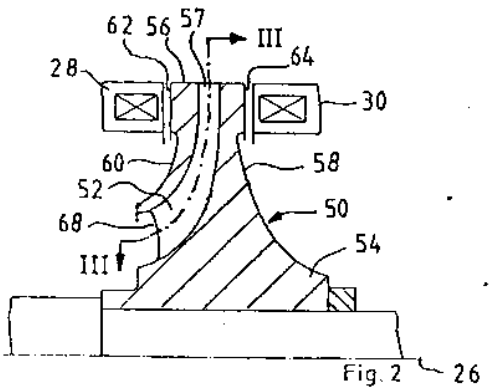

Fig. 2

DE 37 40 295 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein axiales Magnetlager mit einer Axiallagerscheibe, die mit einer zentralen Befestigungsnabe und mindestens einer peripheren Axiallagerfläche ausgerüstet ist und die mit mindestens einem Elektromagneten zusammenarbeitet.

Beim Betrieb von Magnetlagern wird durch deren Elektromagnete Verlustwärme abgegeben, die abgeführt werden muß. Werden solche Magnetlager für die Lagerung von Verlustwärme abgebenden Bauteilen, Baugruppen oder Aggregaten, insbesondere Elektromotoren eingesetzt, so muß diese Verlustwärme zusätzlich abgeführt werden. Gleiches gilt auch dann, wenn durch erhöhte Temperaturen am Einsatzort Wärmeströme in das Bauteil oder dergleichen von außen einfließen.

Aus dem allgemeinen Stand der Technik ist es bekannt, auf den Läufern von Bauteilen oder dergleichen, insbesondere Elektromotoren, gesonderte Lüfterräder anzubringen, die einen Kühlluftstrom über jene Stellen des Bauteils bewirken, die einer Kühlung bedürfen. Gleichgültig, ob es sich um einen Elektromotor oder um ein sonstiges, mit einer umlaufenden Welle versehenes Bauteil handelt und gleichgültig, an welcher Stelle das gesonderte Lüfterrad auf der Welle angeordnet ist, sind immer folgende Nachteile gegeben:

Verlängerung und Durchmesservergrößerung von Welle und Gehäuse, die Gefahr zusätzlicher Schwingungserregung, Begrenzung der maximal zulässigen Betriebsdrehzahl durch Biege- und Torsionsschwingungen, Verschlechterung der Zugänglichkeit von Teilen, die hinter dem Lüfterrad liegen, erhöhter Aufwand für das separate Lüfterrad und dessen Befestigung auf der Welle und erhöhter Platzbedarf für den Ein- und Ausbau der für die Aufnahme des Lüfterrades länger ausgebildeten Welle.

Ausgehend von diesem allgemeinen Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, unter Überwindung der Nachteile des Standes der Technik ein axiales Magnetlager der eingangs genannten Art anzugeben, dessen Verlustwärme ohne großen Aufwand abgeführt werden kann, und das beim Einsatz zur Lagerung von Verlustwärme abgebenden Bauteilen, Baugruppen oder Aggregaten, insbesondere Elektromotoren, einen kurzen, gedrängten Aufbau bei intensiver Kühlung und vermindertem Aufwand ermöglicht.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht erfindungsgemäß darin, daß die Axiallagerscheibe mit sich im wesentlichen in radialer Richtung vom Bereich der Befestigungsnabe zur Peripherie der Axiallagerscheibe erstreckenden Kanälen für die Förderung eines gasförmigen Mediums, insbesondere Kühlmittels, versehen ist, oder daß am äußeren Rand der Axiallagerscheibe axial fördernde Laufschaufeln (Axialschaufeln) für das gasförmige Medium angeordnet sind. Es ist also die für die axiale Lagerung einer Welle ohnehin erforderliche Axiallagerscheibe für die Erzeugung eines Gasstromes, insbesondere Kühlluftstromes, über die Verlustwärme oder Wärme abgebenden Bereiche der Bauteile oder dergleichen ausgebildet, es sind somit keine weiteren oder zusätzlichen Fördereinrichtungen für das gasförmige Medium erforderlich. Bei Elektromotoren kann das üblicherweise vorhandene Lüfterrad entfallen. Da der Kühlmittelstrom hierbei über die Axiallagerscheibe führt, wird ohne zusätzlichen Aufwand der Bereich des Magnetlagers gut gekühlt. Desweiteren wird durch die wahlweise Anordnung von radialen Kanälen oder Laufschaufeln die Möglichkeit der individuellen Abstimmung der Magnetlagerung auf den vorgegebenen Einsatzort ermöglicht.

Ist für die Lagerung eines Bauteils oder einer Baugruppe ein axiales Magnetlager erforderlich, das zu beiden Seiten der Axiallagerscheibe periphere Axiallagerbereiche erfordert, so ist es bei einer Magnetlagerscheibe, die radiale Kanäle aufweist, vorteilhaft, daß die Kanäle in axialer Richtung durch eine kreisförmige Grundscheibe und eine kreisförmige Deckscheibe, in radialer Richtung dagegen durch Radialschaufeln begrenzt sind, wobei an Grundscheibe und an der Deckscheibe die Axiallagerbereiche ausgebildet sind. Ist jedoch nur eine einseitige Lagerung mit Hilfe eines einzigen Axiallagerbereichs erforderlich, so ist es zweckmäßig, diesen Axiallagerbereich an der Grundscheibe anzuordnen und auf die Deckscheibe zu verzichten. Hierdurch verringert sich der Aufwand erheblich.

Die Radialschaufeln und somit die Kanäle haben zweckmäßig Krümmungen, die auf den gewünschten Massenstrom und die geforderte Druckerhöhung des gasförmigen Mediums abgestimmt sind. Sind nur geringe Drücke für die Erzeugung eines ausreichenden Mediumstromes erforderlich, so werden vorwärtsgekrümmte oder gerade Radialschaufeln bevorzugt. Da in den meisten Fällen zur Überwindung des Strömungswiderstandes hohe Überdrücke, z.B. 1,5 bar, erforderlich sind, ist es zweckmäßig, daß die Radialschaufeln rückwärts gekrümmt sind.

Eine besonders einfache Herstellung einer Axiallagerscheibe mit geraden Schaufeln bzw. geraden Kanälen wird dadurch erreicht, daß die Kanäle jeweils aus ungefähr radial und axial in der Lagerscheibe verlaufenden Bohrungen bestehen.

Ist die Axiallagerscheibe mit Axialschaufeln versehen, so ist es wegen der einfachen Herstellbarkeit zweckmäßig, die Axialschaufeln gerade auszubilden und diese gleichmäßig verteilt am Umfang der Axiallagerscheibe zu befestigen. Die Axialschaufeln sind radial ausgerichtet.

Beim Einsatz des axialen Magnetlagers, dessen Axiallagerscheibe Kanäle aufweist, für einen Antrieb empfiehlt es sich, daß die Axiallagerscheibe von einer Ringöffnung für den Austritt des gasförmigen Mediums umgeben ist, die im wesentlichen radial verlaufende Leitschaufeln aufweist. Hierdurch wird die Förderung des gasförmigen Mediums, insbesondere Kühlmittels, wesentlich verbessert und der hierzu erforderliche Energieaufwand wesentlich verringert. Hierbei ist es zweckmäßig, daß im Falle von gekrümmten Radialschaufeln die Leitschaufeln eine Krümmung aufweisen, die entgegengesetzt jener Krümmung ist, die die Radialschaufeln besitzen. Da die Radialschaufeln meistens rückwärts gekrümmt sind, werden die Leitschaufeln mit einer Vorwärtskrümmung versehen. Bei geraden Radialschaufeln sind die Leitschaufeln ebenfalls vorwärts gekrümmt.

Um auch bei einem axialen Magnetlager, das Axialschaufeln aufweist, hohe Förderleistungen zu erzielen, ist es zweckmäßig, daß die Axialschaufeln in radialer Richtung mit geringem Spiel vom Gehäuse der Lagerstelle umgeben sind, und daß, in Strömungsrichtung des Mediums gesehen, vor und nach den Axialschaufeln Eintritts- bzw. Austrittsöffnungen für das Kühlmittel vorgesehen sind, die vorzugsweise mit Leitschaufeln versehen sind.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den schematischen

Zeichnungen hervor.

Hierbei zeigt:

Fig. 1 einen axialen Querschnitt durch ein axiales Magnetlager gemäß dem Stand der Technik, wobei nur die obere Hälfte des Magnetlagers dargestellt ist,

Fig. 2 einen axialen Querschnitt gemäß der Linie II-II der **Fig. 3** durch die obere Hälfte eines Magnetlagers gemäß der Erfindung mit Kanälen,

Fig. 3 einen teilweisen Schnitt durch den Gegenstand der **Fig. 2** gemäß einer rotationssymmetrischen Schnittfläche, deren Profil durch die Linie III-III angedeutet ist,

Fig. 4 eine Ausführungsvariante des Gegenstands der **Fig. 2** mit Kanälen in Form von Bohrungen,

Fig. 5 die obere Hälfte eines Magnetlagers gemäß der Erfindung mit Axialschaufeln im Querschnitt,

Fig. 6 die Anwendung eines Magnetlagers entsprechend **Fig. 2** zur axialen Lagerung eines Antriebes in Form eines Elektromotors,

Fig. 7 einen teilweisen Querschnitt durch den Gegenstand der **Fig. 6** gemäß einer Schnittebene, die durch die Linie VII-VII angedeutet ist,

Fig. 8 den Bereich VIII der **Fig. 6** als Einzelheit und als Ausführungsvariante mit Axialschaufeln und

Fig. 9 einen teilweisen Schnitt durch den Gegenstand der **Fig. 8** gemäß einer Schnittfläche, die durch die Linie IX-IX der **Fig. 8** angedeutet ist, wobei hinter der Schnittfläche liegende Teile nicht dargestellt sind.

Gleiche Teile sind in den einzelnen Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Darüber hinaus sind in den einzelnen Figuren wiederkehrende Einzelteile nur insoweit mit Bezugszeichen versehen, als dies für das Verständnis erforderlich ist.

In **Fig. 1** ist ein axiales Magnetlager gemäß dem Stand der Technik im Querschnitt gezeigt. Hierbei ist lediglich die obere Hälfte des Magnetlagers dargestellt, hinter der Schnittebene liegende Teile sind nicht abgebildet. Das Magnetlager weist eine kreisförmige Axiallagerscheibe **10** auf, die mit einer zentrischen Nabe **12** versehen ist. Mit Hilfe dieser Nabe **12** ist die Axiallagerscheibe **10** auf der Welle **14** befestigt, für deren Lagerung das Magnetlager vorgesehen ist. Zur axialen Fixierung der Magnetlagerscheibe **10** auf der Welle **14** ist die Nabe **12** zwischen einer Stufe **16** der Welle **14** und einem auf der Welle **14** befestigten Ring **18** angeordnet. Die radiale Fixierung erfolgt durch eine nicht dargestellte Paßfeder.

Ausgehend von der Befestigungsnabe **12** verjüngt sich die Axiallagerscheibe **10** im Querschnitt zu ihrem äußeren Rand **20** hin. Hierbei ist im Bereich des äußeren Randes **20** an der in der Zeichnung linken Seite der Axiallagerscheibe **10** eine linke, periphere Axiallagerfläche und auf der rechten Seite entsprechend eine rechte periphere Axiallagerfläche **24** angeordnet. Die beiden Lagerflächen **22, 24** weisen identische Abmessungen auf, sind kreisringförmig sowie eben ausgebildet und verlaufen senkrecht zur Achse **26** der Welle **14**, die beiden Axiallagerflächen **22, 24** sind daher parallel zueinander.

Der linken Axiallagerfläche **22** ist ein linker Elektromagnet **28**, der rechten Lagerfläche **24** dementsprechend ein rechter Elektromagnet **30** zugeordnet. Zwischen den Elektromagneten **28, 30** und den zugeordneten Axiallagerflächen **22, 24** ist jeweils ein kreisringförmiger Luftspalt **32** angeordnet. Die Elektromagnete **28, 30** sind kreisringförmig ausgebildet, ihre den Axiallagerflächen **22, 24** jeweils gegenüberliegenden, ebenen Flächen verlaufen in Ebenen, die senkrecht auf der Achse **26** stehen. Die elektrischen Spulen **34** der Elektromagnete sind angedeutet, die elektrischen Anschlußleitungen sind nicht gezeichnet.

In **Fig. 1** ist noch eine Ausführungsvariante des axialen Magnetlagers mit gestrichelten Linien eingezeichnet. Ist nämlich das Magnetlager für das Abfangen von schweren Axiallasten oder zur Erhöhung der Sicherheit vorgesehen, so ist der linke Elektromagnet **28** von mindestens einem weiteren linken Elektromagnet **38** und der rechte Elektromagnet **30** von mindestens einem rechten weiteren Elektromagneten **40** umgeben. Dementsprechend sind die Axiallagerflächen **22** und **24** in radialer Richtung vergrößert, so daß auch die weiteren Elektromagneten **38** und **40** auf die Axiallagerflächen **22, 24** einwirken. Die weiteren Elektromagnete **38, 40** sind genauso ausgebildet wie die Elektromagnete **28** und **30**. Sie weisen demnach auch elektrische Spulen **42** auf, die in **Fig. 1** angedeutet sind.

Während des Betriebs wird elektrischer Strom durch die Spulen **34** und gegebenenfalls durch die elektrischen Spulen **42** geleitet, so daß die Elektromagnete aktiviert sind. Hierdurch werden auf die Axiallagerflächen **22** und **24** magnetische Kräfte ausgewirkt, welche die Axiallagerscheibe **10** in der Schwebe halten, so daß das Magnetlager axiale Kräfte aufnehmen kann, ohne daß die Axiallagerflächen **22** und **24** während des Umlaufs der Axiallagerscheibe **10** an den Elektromagneten **28** und **30** sowie gegebenenfalls an den Elektromagneten **38** und **40** anstreifen.

Durch die elektrischen Spulen **34** sowie gegebenenfalls **42** erwärmen sich die Elektromagnete. Diese Wärme wird durch Strahlung und Konvektion auf die Axiallagerflächen **22** und **24** übertragen, so daß auch die Lagerscheibe eine Erwärmung erfährt. Zusätzlich wird die Lagerscheibe **10** durch die von den Elektromagneten ausgehenden Kraftfeldern und durch Reibung mit dem die Axiallagerscheibe umgebenden gasförmigen Medium erwärmt, so daß eine Kühlung wünschenswert ist.

Fig. 2 zeigt ein axiales Magnetlager gemäß der Erfindung in einer Darstellung entsprechend **Fig. 1**. Zum Unterschied gegenüber dem Magnetlager gemäß **Fig. 1** ist die Axiallagerscheibe **50** mit einer Vielzahl von im wesentlichen in radialer Richtung verlaufenden Kanälen **52** versehen. Diese Kanäle sind gleichmäßig verteilt und erstrecken sich vom Bereich der Befestigungsnabe **54** bis hin zum äußeren, zylinderförmigen Rand **56** der Axiallagerscheibe **50** und münden dort durch eine Austrittsöffnung **57** aus. Es kann somit das gasförmige Kühlmittel vom Bereich der Befestigungsnabe **54** zum äußeren Rand **56** der Axiallagerscheibe **50** strömen. Die Kanäle **52** verlaufen innerhalb der Axiallagerscheibe **50** und teilen diese in eine Grundscheibe **58** und eine Deckscheibe **60**, wobei die linke periphere Axiallagerscheibe **62** an der Deckscheibe **60**, die rechte periphere Axiallagerfläche **64** dagegen an der Grundscheibe **58** vorgesehen ist.

Der Verlauf der Kanäle **52** innerhalb der Axiallagerscheibe **50** ist in der Schnittdarstellung gemäß **Fig. 3** deutlich zu erkennen. Danach sind die Kanäle **52** in peripherer Richtung durch Radialschaufeln **66** begrenzt, die gemäß der durch den Pfeil **68** angedeuteten Umlaufrichtung der Axiallagerscheibe **50** rückwärts gekrümmt sind. Die Begrenzung der Kanäle **52** in Richtung der Achse **26** wird durch die Grundscheibe **58** und die Deckscheibe **60** übernommen, wie deutlich aus **Fig. 2** zu entnehmen ist. Wie weiter zu erkennen ist, verengen sich gemäß **Fig. 2** die Kanäle **52** in axialer Richtung vom Bereich der Befestigungsnabe **54** zum äußeren Rand **56** hin. Die Austrittsöffnung **57** der Kanäle **52** ist dort in der Mitte zwischen den beiden Axiallagerflächen **62** und **64**.

Die Grundscheibe **58**, die Deckscheibe **60** sowie die die beiden Scheiben **58, 60** verbindenden Radialschaufeln **66** sind zweckmäßig aus einem Stück, das heißt im Gießverfahren hergestellt. In manchen Fällen, insbesondere bei kleineren Lagern, ist es jedoch günstiger, die Grundscheibe **58**, die Deckscheibe **62** sowie die Radialschaufeln **66** als Einzelteile herzustellen und durch Lötung, Schweißung oder Vernietung zur Axiallagerscheibe zu verbinden.

Während des Betriebs, bei dem die Axiallagerscheibe **50** eine Rotationsbewegung um die Achse **26** ausführt, wird diese, genau wie beim Magnetlager gemäß **Fig.** 1, durch die Elektromagnete **28** und **30** in der Schwebe gehalten.

Gleichzeitig wird durch die Öffnungen **68**, die sich im Bereich der Befestigungsnabe **54** befinden, das gasförmige Medium, insbesondere Kühlmittel, das vorzugsweise aus Luft besteht, in die Kanäle **52** eingesaugt und zum äußeren Rand **56** hin gefördert, wo es aus den Kanälen **52** austritt. Hierbei wird eine intensive Kühlung der Axiallagerscheibe **50** erreicht, so daß diese in der Lage ist, Verlustwärme der Elektromagnete **28** und **30** und der Axiallagerscheibe aufzunehmen und an das Kühlmittel weiterzuleiten.

Die Kanäle **52** gemäß **Fig.** 2 weisen im Bereich der Befestigungsnabe **54** Öffnungen **68** auf, die sämtlich auf der in der Zeichnung linken Seite der Axiallagerscheibe **50** angeordnet sind. Das Medium wird daher von der linken Seite der Axiallagerscheibe **50** angesaugt. Ist jedoch ein Ansaugen von der rechten Seite der Axiallagerscheibe **50** erforderlich, so sind die Kanäle zur rechten Seite der Axiallagerscheibe **50** zu führen. Soll dagegen das Medium sowohl von der linken als auch von der rechten Seite der Axiallagerscheibe **50** angesaugt werden, so empfiehlt es sich, daß die Kanäle **52** ihre Öffnungen **68** abwechselnd auf der linken und rechten Seite der Axiallagerscheibe haben.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsvariante des Gegenstands der **Fig.** 2 bezüglich der Kanäle. Der Unterschied des Magnetlagers gemäß **Fig.** 4 gegenüber dem gemäß **Fig.** 2 besteht darin, daß die Kanäle **53** jeweils ein erstes Teilstück **70** und ein zweites Teilstück **72** aufweisen. Das erste Teilstück besteht aus einer Vielzahl von radial verlaufenden Bohrungen, die senkrecht auf der Achse **16** stehen und die gleichmäßig auf den Umfang verteilt angeordnet sind. Die Bohrungen des ersten Teilstücks **70** gehen vom zylindrischen äußeren Rand **74** der Axiallagerscheibe **76** aus und enden im Bereich der Befestigungsnabe **78**. Von der in der Zeichnung linken Seite der Axiallagerscheibe **76** sind in Richtung der Achse **16** verlaufende Bohrungen im Bereich der Befestigungsnabe **78** vorgesehen. Diese Bohrungen bilden jeweils das zweite Teilstück eines Kanals **52**, es führt daher jeweils eine dieser axialen Bohrungen zu einer radial verlaufenden Bohrung, die das erste Teilstück **70** des Kanals **53** bildet. Mit Hilfe dieser Bohrungen ist es ohne großen Aufwand möglich, die Axiallagerscheibe **76** mit Kanälen für die Förderung des Mediums zu versehen. Im vorliegenden Falle sind die radialen Kanäle gerade, ebenso die Radialschaufeln.

Im übrigen gelten auch hier die zum Magnetlager gemäß **Fig.** 2 gegebenen Erläuterungen, so daß sich hier weiteres erübrigt.

Fig. 5 zeigt ein axiales Magnetlager mit axial fördernden Laufschaufeln oder Axialschaufeln **80** in einer Darstellung entsprechend den **Fig.** 1 oder 2. Die Axialschaufeln **80**, von denen eine in **Fig.** 5 dargestellt ist, sind am ringzylindrischen, äußeren Rand **82** der Axiallagerscheibe **84** angeordnet, die hierbei keinerlei Kanäle aufweist. Im äußeren Rand **82** ist eine umlaufende Ringnut **86** vorgesehen, in der die Füße **88** der Axialschaufeln durch angedeutete Schrauben oder Nieten **90** befestigt sind. Am Umfang der Axiallagerscheibe ist eine Vielzahl von Axialschaufeln **80** gleichmäßig verteilt angeordnet, sie bilden einen Schaufelkranz. Das Profil der Axialschaufeln ist in **Fig.** 5 schraffiert eingezeichnet.

Während des Betriebs wird das gasförmige Medium, insbesondere Kühlmittel, vorzugsweise Luft, durch die Axialschaufeln **80** in axialer Richtung, das heißt in Richtung der Achse **16** gefördert. Hierbei beaufschlagt das Medium die beiden Elektromagnete **92** zumindest an der radial außenliegenden Seite, so daß die in den Elektromagneten **92** entstehende Verlustwärme vom Medium aufgenommen und abgeführt wird. Die in der Axiallagerscheibe **84** anfallende und gegebenenfalls von den Elektromagneten herrührende Verlustwärme wird durch Wärmeleitung in die Axialschaufeln abgeführt, die diese Verlustwärme an das Medium weitergeben. Auf diese Weise wird eine gute Kühlung des Magnetlagers erzielt.

In **Fig.** 6 ist ein Antrieb in Form eines Elektromotors **94** mit vertikal verlaufender Motorwelle **96** im vertikalen Zentralschnitt gezeigt. Der Antrieb ist hierbei mit einem axialem Magnetlager entsprechend der **Fig.** 2 ausgerüstet. Ein Unterschied gegenüber **Fig.** 2 besteht darin, daß das Magnetlager hier jeweils zwei Elektromagnete aufweist, die jeweils auf eine Axiallagerfäche einwirken.

Der Elektromotor **94** weist ein geschlossenes Gehäuse auf, das mit Hilfe eines Flansches **98** an der angedeuteten Wand **100** eines nicht dargestellten Bauteils, insbesondere eines Gebläses oder Verdichters, durch angedeutete Schrauben **101** befestigt ist. Die Motorwelle **96** ist hierbei durch eine Öffnung **102** in das Bauteil eingeführt und trägt dort z.B. die Schaufeln des Gebläses oder Verdichters. Im Bereich des Flansches **98** ist am Motorgehäuse ein erstes Lagerschild **104** vorgesehen, das scheibenförmig ausgebildet ist und ungefähr senkrecht zur Vertikalachse **106** der Motorwelle verläuft. Im Zentrum des ersten Lagerschildes **104** sind zwei Kugellager **108** befestigt, die die Motorwelle **96** in radialer Richtung führen. Hierbei ist zwischen den Kugellagern **108** und dem Lagerschild ein Gleitsitz vorhanden, so daß sich die Motorwelle in axialer Richtung (Richtung der Vertikalachse **106**) ungehindert bewegen kann. Um den Innenraum **172** des Elektromotors abzudichten, sind im Bereich der Kugellager **108** nicht dargestellte Dichtungen angeordnet.

In dem dem ersten Lagerschild gegenüberliegenden, in der Zeichnung unteren Ende des Elektromotors **94** ist ein scheibenförmiges, zweites Lagerschild **110** angeordnet, das ebenfalls ungefähr senkrecht zur Vertikalachse **106** verläuft. Im Zentrum dieses zweiten Lagerschildes **110** ist das in der Zeichnung untere Ende der Motorwelle **96** mit Hilfe eines dort befestigten Kugellagers **112** in radialer Richtung gelagert. Auch hier ist es durch geeignete Ausbildung des Lagersitzes möglich, daß sich die Motorwelle in axialer Richtung leicht bewegen kann. Der Bereich des Kugellagers **112** ist durch einen äußeren Lagerdeckel **114** zum Außenraum hin verschlossen.

Das zweite Lagerschild **110** ist an einem ungefähr ringzylindrischen Lagergehäuse **116** angeordnet, das Bestandteil des Elektromotorgehäuses ist. Das Lagergehäuse ist hierzu durch einen ringförmigen Flansch **118** durch angedeutete Schrauben an jenem ringzylindrischen Gehäuseteil **120** des Elektromotors befestigt, in

dem das Statorblechpaket **122** des Elektromotors samt nicht eingezeichneter elektrischer Wicklung mit Hilfe von zwei kreisringförmigen Scheiben **124** befestigt ist. Die Scheiben **124** sind senkrecht zur Vertikalachse **106** im Gehäuseteil **120** festgelegt und halten das Statorblechpaket zwischen sich eingeschlossen. Zwischen dem Statorblechpaket **122** und dem Gehäuseteil **120** ist ein Ringraum **123** gebildet, der durch eine Vielzahl von Öffnungen **125**, die in den Scheiben **124** angeordnet sind, mit dem Innenraum **172** des Elektromotors verbunden ist. Innerhalb des Statorblechpaketes **122** ist der Läufer **127** des Elektromotors auf der Motorwelle **96** angeordnet.

Im Lagergehäuse **116** ist mit Abstand zum zweiten Lagerschild **110** eine ungefähr senkrecht zur Vertikalachse **106** verlaufende kreisringförmige erste Tragscheibe **126** angeordnet, die die Motorwelle **96** mit ausreichendem Abstand umgibt. Mit axialem Abstand zur ersten Tragscheibe **126** ist im Lagergehäuse **116** noch eine zweite Tragscheibe **128** vorgesehen, die genauso ausgebildet und angeordnet ist wie die erste Tragscheibe **126**. An den einander zugewandten ebenen Flächen der Tragscheiben **126**, **128**, die senkrecht auf der Vertikalachse **106** stehen, sind jeweils die Elektromagnete **130** des axialen Magnetlagers befestigt. Die Elektromagnete enthalten jeweils zwei elektrische Spulen. In den kreisringförmigen Zwischenraum zwischen den Elektromagneten **130** greift die Axiallagerscheibe **132** des Magnetlagers ein, wobei zwischen der Axiallagerscheibe und den Elektromagneten ausreichend axiales Spiel für eine berührungslose, axiale Lagerung vorgesehen ist. Die Axiallagerscheibe **130** ist auf der Motorwelle **96** befestigt und so ausgebildet, wie es im Zusammenhang mit **Fig.** 2 beschrieben wurde. Die elektrischen Anschlußleitungen der Elektromagnete sind in **Fig.** 6 nicht eingezeichnet.

Der zylindrische äußere Rand **134** der Axiallagerscheibe **132** und somit jener Bereich, in dem sich die Austrittsöffnungen **136** der radialen Kanäle **138** befinden, verläuft mit geringem Spiel zur ringförmigen Innenwand **140** des Lagergehäuses **116**. Dies ist deutlich aus **Fig.** 7 zu erkennen, die einen Schnitt gemäß der Schnittlinie VII-VII durch **Fig.** 6 zeigt. Auch erkennt man dort die rückwärts gekrümmten Radialschaufeln **142** sehr deutlich.

In der ringzylindrischen Wand **144** des Lagergehäuses **116** ist gegenüber den Austrittsöffnungen **136** der Kanäle **138** eine kreisringförmige Ringöffnung **146** vorgesehen, deren axiale, vorzugsweise gleichbleibende lichte Weite mindestens genauso groß ist wie die axiale lichte Weite der Austrittsöffnugnen **136**. Hierbei ist die Lage der Ringöffnung **146** so gewählt, daß die Austrittsöffnungen **136** und die Ringöffnung **146** während des Betriebs fluchten und das von den Kanälen **138** austretende Medium leicht in die Ringöffnung **146** übertreten kann. Die Ringöffnung **146** durchdringt die zylindrische Wand **124** und mündet in den Raum **174**.

Im radial äußeren Bereich **148** der Ringöffnung **146** ist eine Vielzahl von vorwärtsgekrümmten, feststehenden Leitschaufeln **150** gleichmäßig verteilt angeordnet, die die Ringöffnung **146** in axialer Richtung überbrücken und den Zusammenhalt des Lagergehäuses **116** aufrechterhalten (vergl. **Fig.** 7). Im radial inneren Bereich **152** der Ringöffnung sind dagegen keine Leitschaufeln angeordnet. Die radialen Längen der Bereiche **148** und **152** sind ungefähr gleich. Um der Ringöffnung **146** in radialer Richtung ausreichende Länge zu geben, ist das Lagergehäuse **116** außen mit einem Ringwulst **154** versehen, in den sich die Ringöffnung **146** erstreckt.

Um das Gehäuseteil **120** ist außen eine Wicklung von Kühlrohren **156** angebracht, wobei die Kühlrohre mit äußeren, radialen Rippen **158** versehen sind. In **Fig.** 6 sind nur einige der Kühlrohrwindungen angedeutet. Die Enden des Kühlrohres sind mit Anschlußleitungen **160** versehen.

Zwischen dem Ende der Kühlrohrwicklung und dem Flansch **98** ist im ringzylindrischen Gehäuseteil **120** eine Vielzahl von radialen Öffnungen **162**, vorzugsweise Bohrungen, gleichmäßig am Umfang verteilt angeordnet, die von außen in den Innenraum **172** des Elektromotors **94** führen. Die Kühlrohrwicklung ist von einem ringzylindrischen Mantel **164** umgeben, der an den Rippen **158** dicht anliegt. Das dem Lagergehäuse **116** benachbarte Ende des Mantels **164** ist offen und bildet eine ringförmige Eintrittsöffnung **166** für das Kühlmedium. Das entgegengesetzte Ende des Mantels **164** ist mit dem Gehäuseteil **120** derart dicht verbunden, daß sich die Öffnungen **162** innerhalb des Mantels **162** befinden und in den zwischen dem Mantel **162** und dem Gehäuseteil **120** gebildeten Ringraum **168** münden.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel steht der Elektromotor **94** mit der Umgebungsluft nicht in Berührung, er ist z.B. in einer luftdichten Kaverne angeordnet oder von einem luftdichten Gehäuse mit Abstand umgeben. Dies ist in **Fig.** 6 durch das Gehäuse **170** schematisch angedeutet. Man erkennt weiter, daß die Anschlußleitungen **160** durch das Gehäuse **170** nach außen geführt sind.

Während des Betriebs des Elektromotors **94** übernehmen die Kugellager **108** und **112** die radiale Führung der vertikalen Motorwelle **96**, wogegen die Axiallagerscheibe **132** im Zusammenwirken mit den von elektrischem Strom durchflossenen Elektromagneten **130** die berührungslose axiale Lagerung der Motorwelle bewirkt. Gleichzeitig saugt die Axiallagerscheibe **132** mit Hilfe der in ihr vorgesehenen Kanäle **138** gasförmiges Medium vorzugsweise Luft, Stickstoff oder Helium, das sich im Innenraum befindet, aus dem Innenraum **172** des Elektromotors ab und fördert es durch die Ringöffnung **146** in den Raum **174** zwischen Elektromotor **94** und Gehäuse **170**. Von hier strömt das Medium durch den Ringraum **168** zwischen Mantel **162** und Gehäuseteil **120** zu den Öffnungen **162** und tritt in den Innenraum **172** des Elektromotors ein. Während der Strömung im Ringraum **168** ist das gasförmige Medium in Kontakt mit den Kühlrohren **156** und deren Rippen **158** und gibt Wärme an das durch die Kühlrohre fließende Kühlwasser oder Kältemittel ab, das heißt, das Medium wird abgekühlt. Die Zuund Abfuhr des Kühlwassers oder Kältemittels durch die Anschlußleitungen **160** erfolgt hierbei derart, daß der Wärmetausch im Gegenstrom erfolgt.

Das gasförmige Medium nimmt während seiner Strömung von den Öffnungen **162** zu der Axiallagerscheibe **132** (siehe Pfeile) die Verlustwärme des Elektromotors auf, beim Durchströmen der Kanäle **138** der Axiallagerscheibe wird zusätzlich noch die Verlustwärme des Magnetlagers aufgenommen. Diese Verlustwärme wird dann mit Hilfe der Kühlrohre **156** an das Kühlwasser oder Kältemittel abgegeben und dann aus dem System abgeführt. Aus Vorstehendem ergibt sich ohne weitere Erläuterung ganz klar, daß durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Magnetlagers das Kühlproblem auf einfache Weise gelöst wurde, und daß zusätzliche Fördereinrichtungen für das Medium nicht erforderlich sind. Insbesondere ist ein gesondertes Lüfterrad, das übli-

cherweise Bestandteile eines Elektromotors ist, nicht erforderlich.

Ist der Elektromotor **94** der Umgebungsluft unmittelbar ausgesetzt, so entfällt zweckmäßig die Kühlschlange **156** und der Mantel **162**. Aus der Ringöffnung **146** strömt jetzt das erhitzte Medium, das im vorliegenden Fall aus Luft besteht, in die Umgebung aus, während gleichzeitig Luft aus der Umgebung durch die Offnungen **162** in den Innenraum **172** eintritt und die Verlustwärme von Elektromotor und Magnetlager aufnimmt und an die Umgebung abführt.

In **Fig. 8** ist der Bereich VIII der **Fig. 6** als Einzelheit und als Ausführungsvariante dargestellt. Die Axiallagerscheibe **176** ist hier so ausgebildet, wie es im Zusammenhang mit **Fig. 5** näher erläutert wurde. Die Axiallagerscheibe weist demnach einen Kranz von Axialschaufeln **188** auf, der mit geringem Spiel vor der zylindrischen Innenwand des Gehäuses **120** endet, das sich jetzt mit unverändertem Durchmesser bis zum zweiten radial verlaufenden Lagerschild **178** erstreckt, das am Gehäuseteil **120** befestigt ist. Im zweiten Lagerschild **178** ist noch eine Vielzahl gleichmäßig am Umfang verteilter Öffnungen **180** vorgesehen, durch die das gasförmige Medium, insbesondere Kühlmittel, aus dem Innenraum **182** des Elektromotors austreten kann.

Die in der Zeichnung obere Tragscheibe **184** sowie die untere Tragscheibe **186**, die jeweils die Elektromagnete des axialen Magnetlagers tragen, sind im Bereich der Axialschaufeln **188** jeweils mit einer Vielzahl gleichmäßig am Umfang verteilter Durchtrittsöffnungen **190** bzw. **192** versehen. Durch die Durchtrittsöffnungen **190** strömt das Kühlmittel während des Betriebs des Motors vom Innenraum **182** des Elektromotors zu den Axialschaufeln **188** und wird von diesen durch die in der unteren Tragscheibe angeordneten Durchtrittsöffnungen **192** und die Öffnung **180** nach außen gefördert. Um eine möglichst verlustlose Strömung des gasförmigen Mediums zu erreichen, sind die Durchtrittsöffnungen **190** und **192** mit Leitschaufeln **194** bzw. **196** versehen, die sich in axialer Richtung bis in die Nähe der Axialschaufeln **188** erstrecken. Die Leitschaufeln sind jeweils zu einem Kranz von Leitschaufeln zusammengesetzt. Die Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe des gasförmigen Mediums geschieht beim Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 8** genauso, wie es im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 6** beschrieben wurde. Desweiteren gelten auch hier die im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 6** gegebenen Erläuterungen.

Im Schnitt gemäß **Fig. 9** erkennt man die feststehenden Leitschaufeln **194** und **196**, zwischen denen die umlaufenden Axialschaufeln **188** angeordnet sind. Es ist jeweils eine Vielzahl von Axialschaufeln **188** und Leitschaufeln **194** und **196** gleichmäßig am Umfang verteilt angeordnet. Das Profil der Schaufeln ist hierbei nur schematisch eingezeichnet.

Für die Dimensionierung der Axiallagerscheiben in den obengenannten Beispielen können folgende Richtwerte angenommen werden.

Die axiale Dicke der Axiallagerscheibe im Bereich der Axiallagerflächen **62, 64** beträgt ungefähr das 0,5 bis 1-fache des Durchmessers der Welle, auf der die Axiallagerscheibe befestigt ist. Die axiale lichte Weite der Radialkanäle beträgt im Bereich des äußeren Randes der Axiallagerscheibe ungefähr das 0,2 bis 0,7-fache der dortigen Dicke der Axiallagerscheibe.

Die Anzahl der Radialschaufeln liegt ungefähr zwischen 8 und 30 Stück, entsprechendes gilt auch für die Leitschaufeln. Die maximale Dicke der Lauf- und Leitschaufeln beträgt ungefähr das 0,2 bis 0,4-fache der Dikke der Axiallagerscheibe im Bereich der Axiallagerflächen.

Die radiale Länge der Axialschaufeln beträgt ungefähr das 0,1 bis 0,3fach des Durchmessers der Axiallagerscheibe. Die Anzahl der Axialschaufeln wird so gewählt, daß eine ausreichende Förderung des Kühlmittels erzielt wird, die Anzahl der Leitschaufeln wird auf die Anzahl der Axialschaufeln abgestimmt.

Die Lehre vorliegender Erfindung wird zusammenfassend folgendermaßen definiert:

Bei einem axialen Magnetlager mit einer Axiallagerscheibe ist die Axiallagerscheibe als Lüfterrad für die Förderung eines gasförmigen Mediums, insbesondere Kühlmittels, ausgebildet. Hierdurch wird eine wirkungsvolle Kühlung des Magnetlagers mit einfachen Mitteln erreicht und gleichzeitig die Möglichkeit gegeben, weitere wärmeabgebende Bauteile, Baugruppen oder Aggregate mit Hilfe eines Mediumstromes, der von der Axiallagerscheibe gefördert wird, zu kühlen. Weitere Fördereinrichtungen für das gasförmige Medium sind daher nicht erforderlich.

Patentansprüche

1. Axiales Magnetlager mit einer Axiallagerscheibe **(50; 76; 84; 132; 176)**, die mit einer zentralen Befestigungsnabe **(54; 78)** und mindestens einer peripheren Axiallagerfläche **(62, 64)** ausgerüstet ist, und die mit mindestens einem Elektromagneten **(28, 30; 38, 40; 92; 130)** zusammenarbeitet, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Axiallagerscheibe **(50; 76; 132)** mit im wesentlichen sich in radialer Richtung vom Bereich der Befestigungsnabe **(54; 78)** zur Peripherie der Axiallagerscheibe **(50; 76; 132)** erstreckenden Kanälen **(52; 53; 138)** für die Förderung eines gasförmigen Mediums, insbesondere Kühlmittels, versehen ist, oder daß an der Axiallagerscheibe **(84; 176)** axial fördernde Laufschaufeln **(80; 188)** (Axialschaufeln) für das gasförmige Medium angeordnet sind.

2. Magnetlager nach Anspruch 1 mit Kanälen, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle **(52; 138)** in axialer Richtung durch eine kreisförmige Grundscheibe **(58)** und eine kreisförmige Deckscheibe **(60)**, in radialer Richtung durch Radialschaufeln **(66; 142)** begrenzt sind, wobei an der Grundscheibe **(58)** und an der Deckscheibe **(60)** die Axiallagerflächen **(62, 64)** angeordnet sind **(Fig. 2, 3 und 6)**.

3. Magnetlager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Radialschaufeln **(66; 142)** rückwärts gekrümmt sind **(Fig. 3 und 7)**.

4. Magnetlager nach Anspruch 1 mit Kanälen, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle **(53)** jeweils aus ungefähr radial und axial verlaufenden geraden Teilstücken **(70 bzw. 72)** bestehen und vorzugsweise als Bohrungen ausgebildet sind **(Fig. 4)**.

5. Magnetlager nach Anspruch 1 mit Axialschaufeln, dadurch gekennzeichnet, daß die Axialschaufeln **(80; 188)** gerade ausgebildet sind und vorzugsweise gleichmäßig verteilt am Umfang der Axiallagerscheibe **(84; 176)** befestigt sind **(Fig. 5 und 8)**.

6. Mit einem Magnetlager, dessen Axiallagerscheibe Kanäle nach einem der Ansprüche 1 bis 4 aufweist, ausgerüsteter Antrieb, insbesondere Elektromotor, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetlager im Innenraum **(172)** des Antriebs **(94)** angeord-

net ist, und daß die Axiallagerscheibe (132) von einer Ringöffnung (146) umgeben ist, die mit im wesentlichen radial verlaufenden Leitschaufeln (150) versehen ist (Fig. 6 und 7).

7. Antrieb nach Anspruch 6 mit Radialschaufeln, dadurch gekennzeichnet, daß die Krümmung der Leitschaufeln (150) entgegengesetzt ist zur Krümmung der Radialschaufeln (142).

8. Mit einem Magnetlager, dessen Axiallagerscheibe Axialschaufeln nach Anspruch 1 oder 5 aufweist, ausgerüsteter Antrieb, insbesondere Elektromotor, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetlager im Innenraum (182) des Antriebes angeordnet ist, daß die Axialschaufeln (188) in radialer Richtung mit geringem Spiel von der Innenwand des Gehäuses des Antriebs umgeben sind, und daß, in Strömungsrichtung des gasförmigen Mediums gesehen, vor und nach den Axialschaufeln (188) Durchtrittsöffnungen (190 bzw. 192) für das gasförmige Medium in den die Elektromagnete haltenden Tragscheiben (184, 186) vorgesehen sind.

9. Antrieb nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchtrittsöffnungen (190; 192) mit Leitschaufeln (194, 196) versehen sind.

— Leerseite —

Nummer: 37 40 295
Int. Cl.⁴: F 16 C 32/04
Anmeldetag: 27. November 1987
Offenlegungstag: 8. Juni 1989

3740295

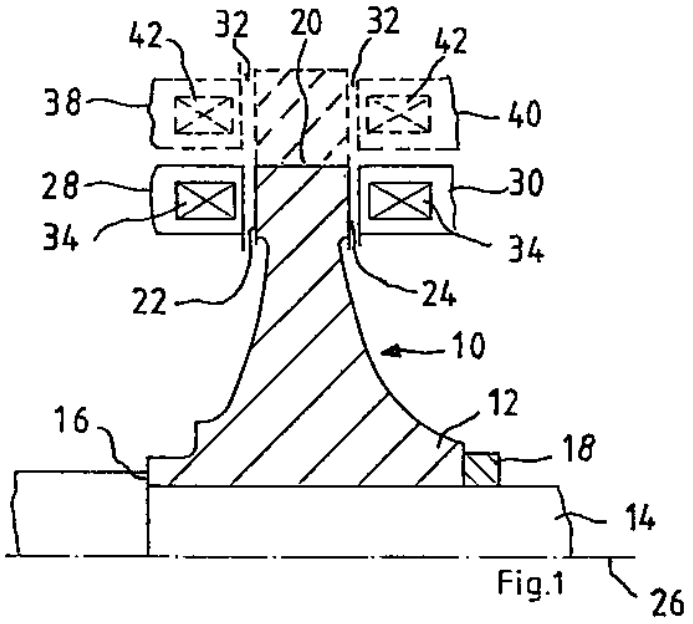

Fig.1

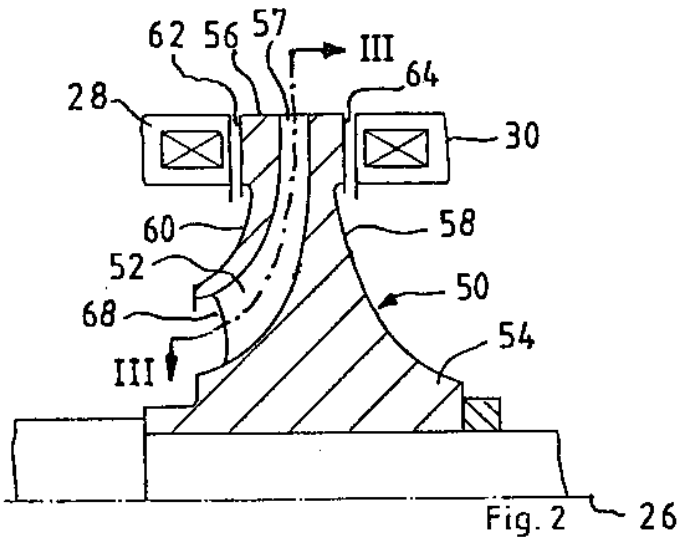

Fig. 2

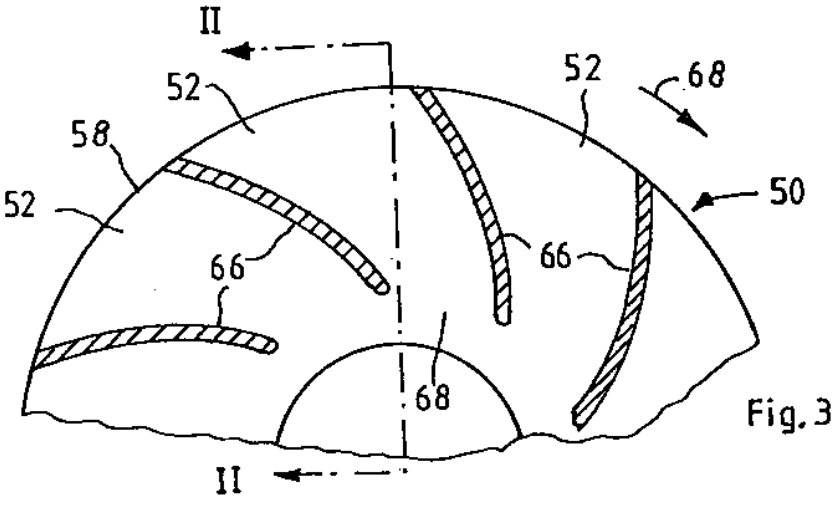

Fig. 3

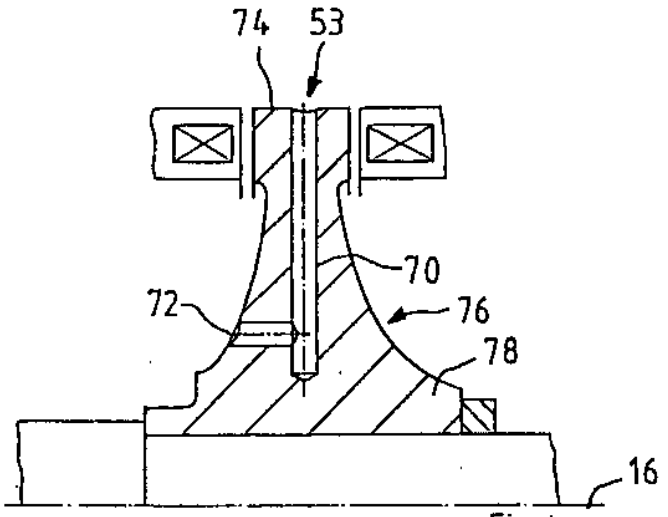

Fig.4

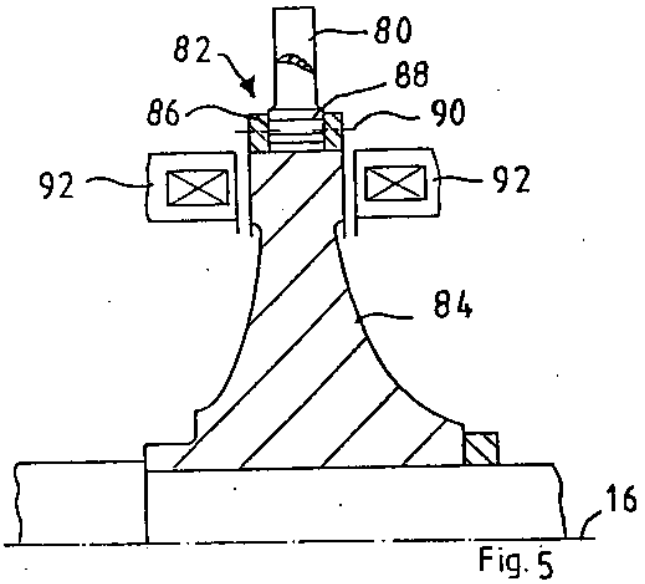

Fig. 5

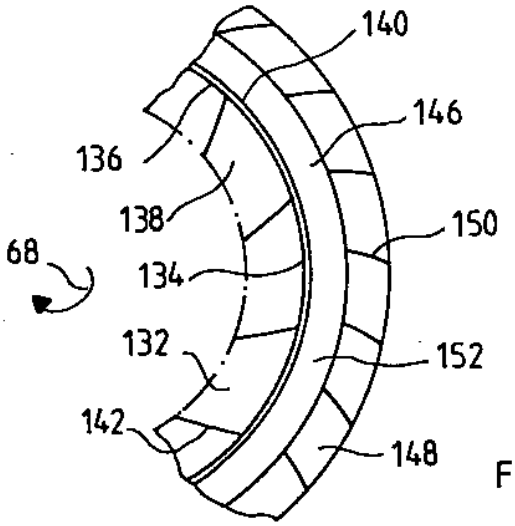
140
146
136
138
150
68
134
132
152
142
148

Fig.7

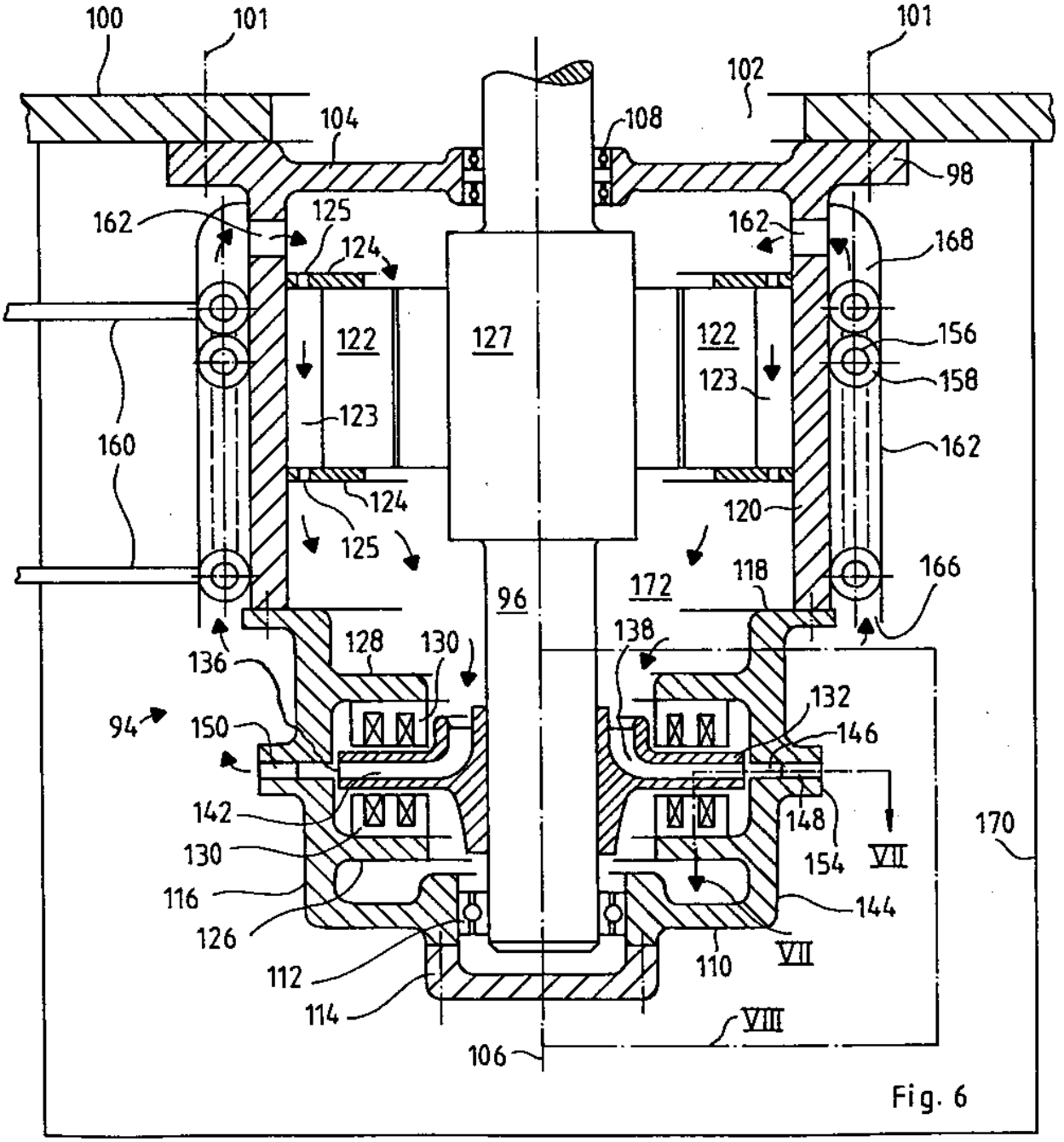
100
101
101
102
104
108
98
162
125
124
162
168
122
127
122
156
123
123
158
160
162
124
120
125
172
118
166
96
128
130
138
136
132
94
150
146
142
148
170
130
154
VII
116
144
126
110
VII
112
114
VIII
106

Fig. 6

3740295
27*

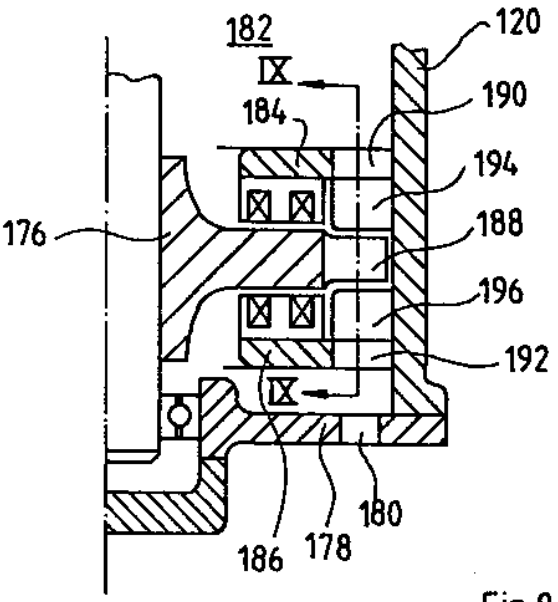

Fig.8

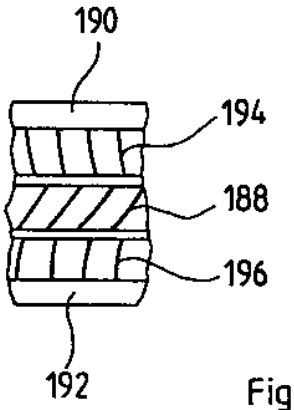

Fig.9