



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 44 863 A 1**

51 Int. Cl. 7:
F 16 C 32/04

21 Aktenzeichen: 199 44 863.9
22 Anmeldetag: 18. 9. 1999
43 Offenlegungstag: 19. 4. 2001

DE 199 44 863 A 1

71 Anmelder:
Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich, DE
74 Vertreter:
Paul und Kollegen, 41464 Neuss

72 Erfinder:
Fremerey, Johan K., Dr., 53127 Bonn, DE

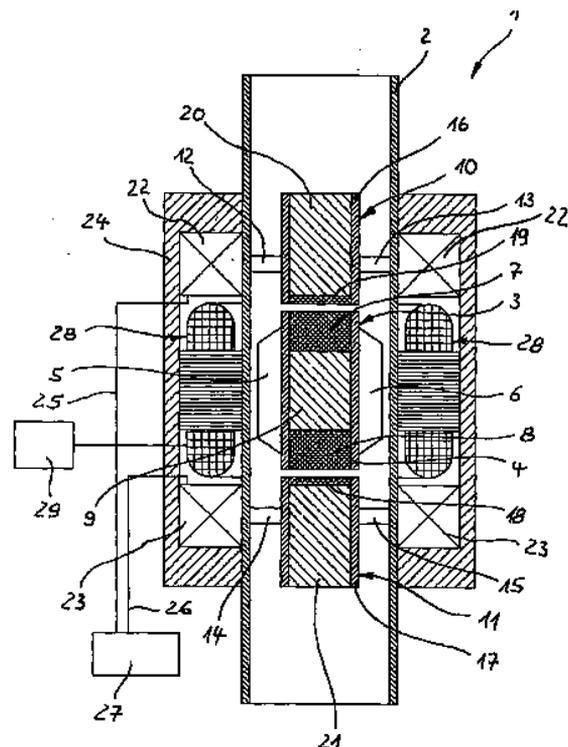
56 Entgegenhaltungen:
DE 25 37 367 C3
DE 24 57 783 C2
DE 29 19 236 A1
DE 24 44 099 A1
GB 20 88 017
US 35 12 851
WO 92 15 795

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 **Magnetlager**

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Magnetlager (1) mit einem Trägerrohr (2) und einem darin magnetisch gelagerten Rotor (3, 30, 32, 36), dessen Mantelfläche für die Interaktion mit einem durch das Trägerrohr (2) geleiteten Fluid ausgebildet ist, wobei der Rotor (3, 30, 32, 36) permanentmagnetische Rotormagnete (7, 8) für die radiale Stabilisierung des Rotors (3, 30, 32, 36) aufwärts und zusätzlich eine magnetische Axialstabilisierereinrichtung (22, 23, 27) vorhanden ist, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß in dem Trägerrohr (2) den beiden Stirnseiten des Rotors (3, 30, 32, 36) gegenüberliegend Radialstabilisatoren (10, 11) angeordnet sind, die axial magnetisierte Stabilisatormagnete (18, 19) und/oder Flußleitstücke aufweisen, wobei die Flußleitstücke über elektrische Magnetspulen axial magnetisierbar sind.



DE 199 44 863 A 1

Die Erfindung betrifft ein Magnetlager mit einem Trägerrohr und einem darin magnetisch gelagerten Rotor, dessen Mantelfläche für die Interaktion mit einem durch das Trägerrohr geleiteten Fluid ausgebildet ist, wobei der Rotor permanent magnetische Rotormagnete für die radiale Stabilisierung des Rotors aufweist und zusätzlich eine magnetische Axialstabilisierereinrichtung vorhanden ist.

Ein solches Magnetlager ist aus der DE-OS 29 19 236 bekannt. Bei Magnetlagern dieser Art wird der Rotor berührungslos und damit reibungsfrei durch magnetische Feldkräfte in einer Gleichgewichtslage gehalten. Für die radiale Stabilität weist der Rotor zwei beabstandete, als Permanentmagnete ausgebildete Rotormagnete auf, denen paarweise ebenfalls als Permanentmagnete ausgebildete Statormagnete zugeordnet sind, die das Trägerrohr umgeben. Dabei sind Rotor- und Statormagnete in axialer Richtung einander abstoßend magnetisiert.

Zwischen den Statormagneten ist eine elektrische Magnetspule angeordnet, die das Trägerrohr ringförmig umgibt.

Die Magnetspule wirkt mit einem ferromagnetischen Flußleitstück am Rotor zusammen, das zwischen den Rotormagneten angeordnet ist. Zusätzlich ist ein Sensor vorhanden, der die Axialposition des Rotors erfaßt und mit einer Regeleinrichtung zusammenwirkt, die den elektrischen Stromfluß in der Magnetspule steuert. Sobald die Feldkräfte der Rotor- und Statormagnete bei einer axialen Verschiebung des Rotors bestrebt sind, den Rotor aus der Gleichgewichtslage heraus in Axialrichtung zu beschleunigen, erzeugt die durch den Sensor gemessene Axialverschiebung des Rotors ein Signal, das in der Magnetspule eine entgegengesetzte stabilisierende Feldkraft bewirkt. Der Rotor wird also bei einer axialen Lageverschiebung in die eine oder die andere Richtung ständig in seine Sollage zurückgeführt. Dabei sind die stabilisierenden Axialkräfte gegenüber der axialen Lageverschiebung zeitlich in bekannter Weise derart phasenverschoben, daß sowohl rückstellende als auch dämpfende Kräfte den Rotor in seiner Sollage stabilisieren.

Ein Nachteil des vorbeschriebenen Magnetlagers besteht darin, daß der Rotor nur eine relativ geringe Lagersteifigkeit in radialer Richtung hat. Die Ursache hierfür ist der große Abstand zwischen den Stator- und Rotormagneten aufgrund des zwischen Trägerrohr und Rotor vorhandenen Ringkanals für die Durchführung des Fluids.

Ein anderes Magnetlager ist in der DE-OS 24 44 099 beschrieben. Dieses Magnetlager weist einen hülsenförmigen Rotor auf, dessen Stirnseiten Permanentmagnete aufweisende Polstücke gegenüberstehen, aufgrund deren Anziehungskräfte der Rotor in einer stabilen Lage gehalten wird. Mittels einer berührungslosen Lageabtastung können Abweichungen von der Gleichgewichtslage festgestellt werden. Solche Abweichungen werden durch eine leistungslose elektromagnetische Streufeldsteuerung ausgeglichen, wobei hierfür ringförmige Spulen vorgesehen sind, die an den Polstücken nahe den Spalten zu dem Rotor angeordnet sind. Ein solches Magnetlager ist für die Anordnung in einem Trägerrohr, durch das ein Fluid geleitet wird, aus räumlichen Gründen nicht geeignet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Magnetlager der eingangs genannten Art so zu gestalten, daß eine wesentlich höhere Lagersteifigkeit insbesondere in radialer Richtung erzielt wird und es sich deshalb sehr vielseitig einsetzen läßt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in dem Trägerrohr den beiden Stirnseiten des Rotors gegenüberliegend Radialstabilisatoren angeordnet sind, die

axial magnetisierte Stabilisatormagnete und/oder Flußleitstücke aufweisen, wobei die Flußleitstücke über elektrische Magnetspulen axial magnetisierbar sind. Dabei sollten die Radialstabilisatoren nicht über den Querschnitt des Rotors vorstehen.

Grundgedanke der Erfindung ist es also, mittels der vorbeschriebenen Radialstabilisatoren jeweils ein die Spalte zwischen Rotor und Radialstabilisatoren überbrückendes Magnetfeld in axialer Richtung zu erzeugen, das die Rotormagnete und die Stabilisatormagnete gegenseitig anzieht. Hierdurch wird die Lagersteifigkeit bei gleicher Geometrie gegenüber dem Magnetlager nach der DE-OS 29 19 236 um mindestens eine Zehnerpotenz erhöht, ohne daß hierdurch der Ringkanal zwischen Trägerrohr und Rotor wesentlich beeinträchtigt wird. Die Radialstabilisatoren können über strömungsgünstig ausgebildete Stege mit dem Trägerrohr verbunden sein.

In Ausbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß von den jeweils gegenüberliegenden Stirnseiten der Radialstabilisatoren und des Rotors zumindest jeweils eine sphärisch ausgebildet ist. Durch diese Ausbildung wird ein mechanisches Anlaufen von achsfernen Bereichen des Rotors und der Radialstabilisatoren bei axialer Auslenkung des Rotors vermieden. Zur Begrenzung der Radial- und/oder Axialbeweglichkeit des Rotors ist es zweckmäßig, daß die jeweils gegenüberliegenden Stirnflächen der Radialstabilisatoren und des Rotors mit ineinandergreifenden komplementären Lagerzapfen und Lagerausnehmungen versehen sind, wobei durch ein entsprechendes radiales Spiel sichergestellt wird, daß Lagerzapfen und Lagerausnehmungen sich nur bei relativ großen Auslenkungen des Rotors in radialer Richtung berühren.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Rotormagnete und die Stabilisatormagnete jeweils unmittelbar gegenüberliegend angeordnet sind, damit ein möglichst starkes Magnetfeld entsteht.

Nach der Erfindung ist ferner vorgeschlagen, daß die Axialstabilisierereinrichtung wenigstens eine das Trägerrohr umgebende, elektrische Magnetspule sowie eine Regeleinrichtung mit einem die Axialbewegung des Rotors erfassenden Sensor aufweist, wobei die Regeleinrichtung den elektrischen Stromfluß in der Magnetspule bzw. den Magnetspulen derart beeinflußt, daß das Magnetfeld der Magnetspule(n) einer Axialbewegung des Rotors aus seiner Sollage entgegenwirkt. Eine solche Axialstabilisierereinrichtung ist prinzipiell schon aus der DE-OS 29 19 236 bekannt und hat sich bewährt. Zweckmäßigerweise sollte die Axialstabilisierereinrichtung zwei Magnetspulen aufweisen, die im Bereich der Radialstabilisatoren und/oder Stirnflächen des Rotors angeordnet sind, damit die Axialstabilisierung besonders wirksam ist. Vorzugsweise sollten die Radialstabilisatoren magnetisierbare Flußleitstücke in einer solchen Ausbildung und Anordnung aufweisen, daß das axiale Magnetfeld im Spalt zwischen den Stirnseiten von Radialstabilisatoren und Rotor durch das von den Magnetspulen erzeugte Magnetfeld in axialer Richtung überlagert wird, und zwar in der Weise, daß einer Axialbewegung des Rotors aus der Sollage entgegengewirkt wird. Dabei können die Magnetspulen selbst als Sensoren verwendet werden. Die Flußleitstücke sind zweckmäßigerweise auf Höhe der Magnetspulen angeordnet.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Trägerrohr in Höhe des Rotors einen mit Drehstrom speisbaren Drehfeldstator aufweist und der Rotor zwischen den Rotormagneten einen radial magnetisierten Polradmagneten aufweist. Hierdurch entsteht ein Synchronmotor, in dem durch Beaufschlagung des Drehfeldstators mit Drehstrom ein Drehfeld erzeugt werden kann, das den Rotor mitnimmt, so daß dem Rotor eine Drehbewegung aufgeprägt

werden kann. Das Magnetlager erhält hierdurch motorische Eigenschaften und kann durch entsprechende Ausbildung der Mantelfläche des Rotors nicht nur zu Meßzwecken, sondern auch zur Förderung des Fluids verwendet werden. Vorzugsweise sollte der Polradmagnet wenigstens vier in unterschiedlichen radialen Richtungen magnetisierte Magnetsegmente aufweisen, damit Taumelbewegungen des drehenden Rotors aufgrund magnetischer Feldasymmetrien im Bereich der Lagerspalte zwischen Rotor und Radialstabilisatoren entgegengewirkt wird. Der Drehfeldstator sollte mit einem elektronischen Drehstromgenerator verbunden sein, auf den eine Lastwinkelregelung einwirkt. Durch gezielte Regelung des Lastwinkels können sowohl Betrag als auch Richtung des auf den Rotor wirkenden Drehfeldes bzw. Drehmoments eingestellt und stabilisiert werden.

Die Mantelfläche des Rotors ist an den jeweiligen Einsatzzweck angepaßt. So kann der Rotor flügelartige Vorsprünge aufweisen, wenn das erfindungsgemäße Magnetlager als Flügelrad- bzw. Turbinenradmeßeinrichtung für die Durchflußmessung eingesetzt werden soll. Sofern das Magnetlager in oben beschriebener Weise durch einen Synchronmotor erweitert ist, kann es als Förderpumpe eingesetzt werden. Hierzu kann beispielsweise die Mantelfläche des Rotors mit wenigstens einem schraubenförmigen Steg versehen sein, so daß zwischen den einzelnen Stegwindungen Kanäle ausgebildet werden, die eine Förderung bewirken. Pumpen dieses Typs werden verbreitet zur Erzeugung von Hochvakuum eingesetzt.

Alternativ dazu können an der Mantelfläche des Rotors Schaufelkränze ausgebildet sein und sich diese mit komplementären Schaufelkränzen an der Innenwandung des Trägerrohrs axial überschneiden. Je nach Ausbildung der Schaufelkränze ergeben sich die verschiedensten Einsatzmöglichkeiten, z. B. in Gasturbinen oder Hochvakuumumpumpen. Die vorbeschriebene Schaufelkranzausbildung kann auch mit schraubenförmig verlaufenden Kanälen kombiniert werden. Man erhält auf diese Weise eine in der Vakuumtechnik unter der Bezeichnung "Compoundpumpe" bekannte Pumpe mit besonders hohem Kompressionsverhältnis.

Statt Schaufelkränzen und Stegen kann die Mantelfläche des Rotors auch glatt, insbesondere zylindrisch ausgebildet sein. Sofern das Magnetlager in oben beschriebener Weise als Synchronmotor ausgebildet ist, kann dann die Viskosität gasförmiger oder flüssiger Medien dadurch gemessen werden, daß die elektrische Leistungsaufnahme des Synchronmotors zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Rotordrehzahl gemessen wird. Diese ist zu der Reibleistung an der Mantelfläche des Rotors im wesentlichen proportional, wobei die Reibleistung ihrerseits ein Maß für die Viskosität des den Rotor umgebenden Mediums ist.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgeschlagen, daß die Mantelfläche des Rotors wenigstens einen radial nach außen vorstehenden Vorsprung aufweist und ein Sensor vorhanden ist, der die Axialposition des Rotors erfaßt und ein zur Axialposition proportionales Signal erzeugt. Der Vorsprung beispielsweise in Form eines Ringsteges bietet die Möglichkeit zur Messung der axialen Strömungsgeschwindigkeit eines gasförmigen oder flüssigen Mediums, indem die von der Strömung über den Vorsprung auf den Rotor übertragene Axialkraft über die entsprechende axiale Positionsverschiebung des Rotors ermittelt wird, indem die Axialstabilisatoreinrichtung ein entsprechendes Signal erzeugt. Beide Maßnahmen können auch miteinander kombiniert werden, sofern das Magnetlager in oben beschriebener Weise mit einem Synchronmotor versehen ist. Dann können die Axialverschiebung des Rotors sowie die dem Rotor zugeführte Antriebsleistung mit Hilfe des Syn-

chronmotors erfaßt werden, so daß sowohl die Strömungsgeschwindigkeit als auch die Viskosität des Fluids zeitgleich gemessen werden können.

In der Zeichnung ist die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher veranschaulicht. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch das erfindungsgemäße Magnetlager als Meßgerät;

Fig. 2 einen Längsschnitt durch die Kombination von Trägerrohr und Rotor in einer zweiten Ausführungsform als Pumpe;

Fig. 3 einen Längsschnitt durch die Kombination aus Rotor und Trägerrohr in einer dritten Ausführungsform als Pumpe;

Fig. 4 einen Längsschnitt durch die Kombination aus Trägerrohr und Rotor in einer vierten Ausführungsform als Meßgerät.

Fig. 1 zeigt ein insgesamt mit 1 bezeichnetes Magnetlager für den Einbau in ein flüssigkeits- oder gasführendes Rohr. Das Magnetlager 1 hat ein zylindrisches Trägerrohr 2, das über hier nicht näher dargestellte Flansche als Zwischenstück in das Rohr einbaubar ist, so daß die Flüssigkeit oder das Gas das Trägerrohr 2 durchströmt.

In dem Trägerrohr 2 befindet sich mittig ein Rotor 3, der eine zylindrische Rotorhülse 4 aufweist, an deren Außenseite Flügel 5, 6 angeformt sind. In den Endbereichen schließt die Rotorhülse 4 zwei als Permanentmagnete ausgebildete Rotormagnete 7, 8 ein, die axial magnetisiert sind. Zwischen beiden Rotormagneten 7, 8 ist ein weiterer Polradmagnet 9 angeordnet, der über den Umfang verteilt in vier radialen Richtungen magnetisiert ist.

Benachbart zu den beiden Stirnseiten des Rotors 3 sind Radialstabilisatoren 10, 11 angeordnet, die über Stege 12, 13, 14, 15 derart an der Innenseite des Trägerrohrs 2 und koaxial zum Rotor 3 befestigt sind, daß sie axialsymmetrisch zum Rotor 3 liegen. Die Radialstabilisatoren 10, 11 weisen zylindrische Stabilisatorhülsen 16, 17 auf, deren Durchmesser dem der Rotorhülse 4 entsprechen. Die Radialstabilisatoren 10, 11 bilden also hinsichtlich ihrer Außenkontur Fortsetzungen des Rotors 3. Die Stabilisatorhülsen 16, 17 schließen in dem dem Rotor benachbarten Bereich jeweils einen als Permanentmagnet ausgebildeten Stabilisatormagneten 18, 19 ein, wobei die Stabilisatormagnete 18, 19 derart axial magnetisiert sind, daß in den Spalten zwischen den Radialstabilisatoren 10, 11 und dem Rotor 3 ein axial gerichtetes, den Rotor 3 anziehendes Magnetfeld entsteht. Diese Magnetfelder sorgen dafür, daß der Rotor 3 immer mittig zur Achse des Trägerrohrs 2 gehalten wird, also eventuelle radiale Auslenkungen sofort wieder zurückgestellt werden. Dabei wird eine hohe Lagersteifigkeit in radialer Richtung erzielt.

Die Radialstabilisatoren 10 weisen zusätzliche ferromagnetische Flußleitstücke 20, 21 auf, die mit ringförmigen, elektrischen Magnetspuln 22, 23 zusammenwirken, die auf Höhe der Flußleitstücke 20, 21 angeordnet sind und das Trägerrohr 2 außenseitig umgeben. Die Magnetspuln 22, 23 sitzen innerhalb eines das Trägerrohr 2 ringförmig umgebenden Gehäuses 24, das in den stirnseitigen Bereichen gleichzeitig als Flußleitstück für die Magnetspuln 22, 23 dient. Die beiden Magnetspuln 22, 23 sind über Elektroleitungen 25, 26 mit einer Regeleinrichtung 27 verbunden. Die Regeleinrichtung 27 speist die Magnetspuln 22, 23 mit Erregerstrom. Hierdurch wird der magnetische Fluß in den Spalten zwischen Rotor 3 und den Radialstabilisatoren 10, 11 so überlagert und geregelt, daß der Rotor 3 eine alleseitig berührungslose, stabile Position zwischen den Radialstabilisatoren 10, 11 einnimmt. Dabei werden die Magnetspuln 22, 23 nicht nur zur Flußregelung, sondern gleichzeitig auch als Sensorspuln für die berührungslose Abtastung der Axial-

alposition des Rotors 3 verwendet.

Zwischen den beiden Magnetspulen 22, 23 ist in dem Gehäuse 24 ein ringförmiger Drehfeldstator 28 angeordnet, der zusammen mit dem Polradmagnet 9 im Rotor 3 einen Synchronmotor bildet. Der Drehfeldstator 28 ist hierzu mit einem elektronischen Drehstromgenerator 29 verbunden. Dieser beaufschlagt den Drehfeldstator 28 mit einem Drehstrom, wobei mittels gezielter Regelung des Lastwinkels sowohl der Betrag als auch die Richtung des auf den Rotor 3 wirkenden Drehmoments eingestellt und stabilisiert werden kann.

Das vorbeschriebene Magnetlager 1 kann für verschiedene Zwecke eingesetzt werden. So kommt es zum Messen der Durchflußmenge von Flüssigkeiten und Gasen in Rohrleitungen in Frage. In diesem Fall sind die Flügel 5, 6 so ausgebildet, daß die in dem Ringkanal zwischen Rotor 3 und Trägerrohr 2 durchströmende Flüssigkeit den Rotor 3 in eine zur Geschwindigkeit der Flüssigkeit proportionalen Drehzahl versetzt, wobei die Durchströmgeschwindigkeit ein Maß für das Volumen des durchfließenden Mediums darstellt. Auch gasförmige Medien können gemessen werden. Die Messung der Drehzahl des Rotors 3 kann beispielsweise durch einen induktiven Impulsabgriff geschehen. Dabei wirkt sich für die Meßgenauigkeit vorteilhaft aus, daß der Rotor 3 des Magnetlagers 1 reibungslos gelagert ist und praktisch keinem Verschleiß ausgesetzt ist und somit auch keiner Wartung bedarf.

Sofern der Rotor 3 ohne Flügel 5, 6 ausgebildet ist, also eine glatte zylindrische Mantelfläche aufweist, kann das erfindungsgemäße Magnetlager 1 auch zur Messung der Viskosität gasförmiger bzw. flüssiger Medien eingesetzt werden. Zu diesem Zweck wird der Rotor 3 mit Hilfe des Drehstromgenerators 29 und dem aus Drehfeldstator 28 und Polradmagnet 9 bestehenden Synchronmotor in Gang gesetzt, und es wird die elektrische Leistungsaufnahme des Synchronmotors zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Rotordrehzahl gemessen. Diese ist der Reibleistung an der Mantelfläche des Rotors im wesentlichen proportional. Die Reibleistung ihrerseits ist wieder ein Maß für die Viskosität des den Rotor 3 umgebenden Mediums.

Die Ausführungsbeispiele gemäß den Fig. 2 bis 4 unterscheiden sich von dem gemäß Fig. 1 lediglich durch andere Formgebungen des Rotors, wobei die außerhalb des Trägerrohrs 2 liegenden Teile mit dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 identisch sind und aus Übersichtlichkeitsgründen weggelassen sind. In den Fig. 2 bis 4 werden diejenigen Teile mit den schon für Fig. 1 verwendeten Bezugsziffern versehen, die bei den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 2 bis 4 die gleiche Ausbildung und/oder Funktion haben.

In Fig. 2 hat der Rotor 30 einen Außendurchmesser, der nahezu dem Innendurchmesser des Trägerrohrs 2 entspricht. In seine Mantelfläche sind schraubenartig verlaufende Kanäle – beispielhaft mit 31 bezeichnet – eingeformt. Der Rotor 30 kann über den aus Drehfeldstator 28 und Polradmagnet 9 bestehenden Synchronmotor in Drehbewegung versetzt werden und wirkt dann als Förderpumpe. Ein solches Magnetlager 1 kann dann zur Erzeugung von Hochvakuum eingesetzt werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 ist ein Rotor 32 mit insgesamt acht im Abstand zueinander angeordneten Schaufelkränze – beispielhaft mit 33 bezeichnet – ausgebildet, die aus einer Vielzahl von Einzelschaufeln – beispielhaft mit 34 bezeichnet – bestehen. In die Zwischenräume zwischen den Schaufelkränzen 33 ragen an dem Trägerrohr 4 befestigte Schaufelkränze – beispielhaft mit 35 bezeichnet – hinein. Sie bestehen ebenfalls aus Einzelschaufeln. Die Schaufelkränze 33 und 35 bilden die strömungstechnischen Teile eines Turbokompressors. Durch Antrieb des Rotors 32

mittels des aus Drehfeldstator 28 und Polradmagnet 9 bestehenden Synchronmotors kann die Förderung eines gasförmigen Mediums nach Art eines Turbokompressors bewirkt werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 ist ein Rotor 36 vorgesehen, dessen Außenkontur sich von der des Rotors 3 gemäß Fig. 1 nur dadurch unterscheidet, daß die im wesentlichen glatte zylindrische Mantelfläche in der axialen Mitte mit einem nach außen vorstehenden Ringsteg 37 versehen ist. Dieser Ringsteg 37 bildet einen Widerstand in der Strömung eines Mediums durch das Trägerrohr 2. Hierdurch wird auf den Rotor 36 eine Axialkraft übertragen, die zu einer entsprechenden axialen Positionsverschiebung des Rotors 36 führt. Diese wird über die Magnetspulen 22, 23 erfaßt und löst in der Regeleinrichtung 27 ein zur Axialverschiebung proportionales elektrisches Signal aus, das wiederum proportional zur Durchströmgeschwindigkeit ist.

Da die vom durchströmenden Medium auf den Rotor 36 ausgeübte Axialkraft nicht nur von der Strömungsgeschwindigkeit des Mediums, sondern auch von dessen Viskosität abhängig ist, ist es zweckmäßig, daß gleichzeitig auch die Viskosität des durchströmenden Mediums erfaßt wird. Dies geschieht – wie oben schon zu dem glatten Rotor 3 beschrieben – dadurch, daß der Rotor 36 mit Hilfe des Synchronmotors in eine bestimmte Drehbewegung versetzt wird und die hierfür erforderliche Antriebsleistung erfaßt und als Maß für die Viskosität des durchströmenden Mediums herangezogen wird.

Um ein mechanisches Anlaufen von achsfernen Bereichen des Rotors 36 zu vermeiden, hat er eine ballig ausgebildete Stirnseite 38. Sofern es zu einer Berührung zwischen Rotor 36 und Radialstabilisator 10 kommt, bleibt sie durch diese Ausbildung auf den Mittenbereich mit geringer Umfangsgeschwindigkeit begrenzt. Es versteht sich, daß auch die untere Stirnseite 39 entsprechend ballig ausgebildet sein kann.

Der untere Radialstabilisator 11 weist in der axialen Mitte an der dem Rotor 36 benachbarten Stirnseite einen Lagerstift 40 auf, der in eine Lagerausnehmung 41 im Rotor 36 einfaßt. Zwischen Lagerstift 40 und Lagerausnehmung 42 ist ein so großes Spiel, daß bei normalen radialen Abweichungen des Rotors 36 keine Berührung stattfindet. Nur wenn die radiale Auslenkung zu groß wird, verhindern Lagerstift 40 und Lagerausnehmung 41 eine weitere radiale Bewegung. Eine solche Radiallagerung kann selbstverständlich auch im Bereich des oberen Radialstabilisators 10 vorgesehen werden.

Patentansprüche

1. Magnetlager (1) mit einem Trägerrohr (2) und einem darin magnetisch gelagerten Rotor (3, 30, 32, 36), dessen Mantelfläche für die Interaktion mit einem durch das Trägerrohr (2) geleiteten Fluid ausgebildet ist, wobei der Rotor (3, 30, 32, 36) permanentmagnetische Rotormagnete (7, 8) für die radiale Stabilisierung des Rotors (3, 30, 32, 36) aufweist und zusätzlich eine magnetische Axialstabilisierereinrichtung (22, 23, 27) vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem Trägerrohr (2) den beiden Stirnseiten des Rotors (3, 30, 32, 36) gegenüberliegend Radialstabilisatoren (10, 11) angeordnet sind, die axial magnetisierte Stabilisator-magnete (18, 19) und/oder Flußleitstücke aufweisen, wobei die Flußleitstücke über elektrische Magnetspulen axial magnetisierbar sind.
2. Magnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Radialstabilisatoren (10, 11) nicht über den Querschnitt des Rotors (3, 36) vorstehen.

3. Magnetlager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß von den jeweils gegenüberliegenden Stirnseiten der Radialstabilisatoren (10, 11) und des Rotors (36) zumindest jeweils eine sphärisch ausgebildet ist.
4. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils gegenüberliegenden Stirnflächen der Radialstabilisatoren (10, 11) und des Rotors (36) mit ineinandergreifenden komplementären Lagerzapfen (40) und Lagerausnehmungen (41) versehen sind, die die Radial- und/oder Axialbeweglichkeit des Rotors (36) begrenzen.
5. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotormagnete (7, 8) und die Stabilisatormagnete (18, 19) unmittelbar gegenüberliegend angeordnet sind.
6. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Axialstabilisierereinrichtung wenigstens einen das Trägerrohr (2) umgebende, elektrische Magnetspule (22, 23) sowie eine Regeleinrichtung (27) mit einem die Axialbewegung des Rotors (3, 30, 36) erfassenden Sensor aufweist, wobei die Regeleinrichtung (27) den elektrischen Stromfluß in der Magnetspule bzw. den Magnetspulen (22, 23) derart beeinflusst, daß das Magnetfeld der Magnetspule(n) (22, 23) einer Axialbewegung des Rotors (3, 30, 32, 36) aus seiner Sollage entgegenwirkt.
7. Magnetlager nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Axialstabilisierereinrichtung zwei Magnetspulen (22, 23) aufweist, die im Bereich der Radialstabilisatoren (10, 11) und/oder der Stirnflächen des Rotors (3, 30, 32, 36) angeordnet sind.
8. Magnetlager nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Radialstabilisatoren (10, 11) magnetisierbare Flußleitstücke (20, 21) in einer solchen Ausbildung und Anordnung aufweisen, daß das axiale Magnetfeld im Spalt zwischen den Stirnseiten von Radialstabilisatoren (10, 11) und Rotor (3, 30, 32, 36) durch das von den Magnetspulen (22, 23) erzeugte Magnetfeld in axialer Richtung überlagert wird.
9. Magnetlager nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Flußleitstücke (20, 21) auf Höhe der Magnetspulen (22, 23) angeordnet sind.
10. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägerrohr (2) in Höhe des Rotors (3, 30, 32, 36) einen mit Drehstrom speisbaren Drehfeldstator (28) aufweist und der Rotor (3, 30, 32, 36) zwischen den Rotormagneten (7, 8) einen radial magnetisierten Polradmagneten (9) aufweist.
11. Magnetlager nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Polradmagnet (9) wenigstens vier in unterschiedlichen Radialrichtungen magnetisierte Magnetsegmente aufweist.
12. Magnetlager nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehfeldstator (28) mit einem elektronischen Drehstromgenerator (29) verbunden ist, auf den eine Lastwinkelregelung einwirkt.
13. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein schraubenförmiger Steg zwecks Bildung schraubenförmiger Kanäle (31) an der Mantelfläche des Rotors (30) vorgesehen ist.
14. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß an der Mantelfläche des Rotors (32) Schaufelkränze (33) ausgebildet sind und sich diese mit komplementären Schaufelkränzen (35) an der Innenwandung des Trägerrohrs (2) axial überschneiden.

15. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelfläche des Rotors glatt, insbesondere zylindrisch ausgebildet ist.
16. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelfläche des Rotors (36) wenigstens einen radial nach außen vorstehenden Vorsprung (37) aufweist und ein Sensor vorhanden ist, der die Axialposition des Rotors (36) erfaßt und ein zur Axialposition proportionales Signal erzeugt.
17. Verwendung des Magnetlagers nach einem der Ansprüche 1 bis 16 als Meßeinrichtung für die Strömungsgeschwindigkeit und/oder die Viskosität des durch das Trägerrohr (2) geleiteten Fluids.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 2

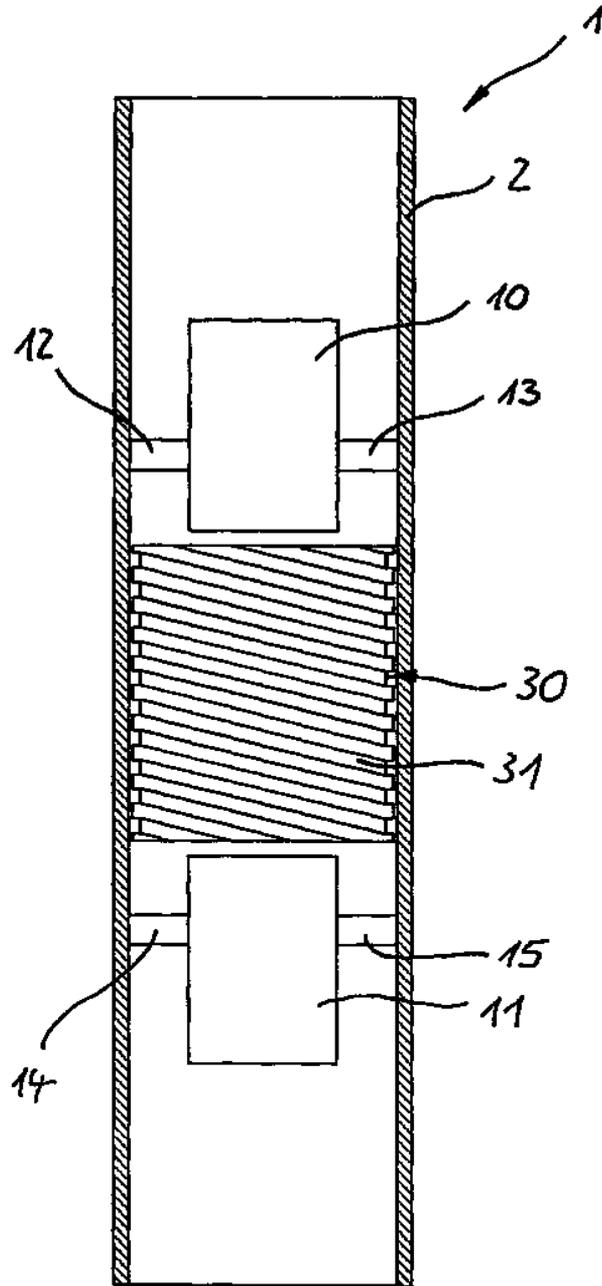


Fig. 3

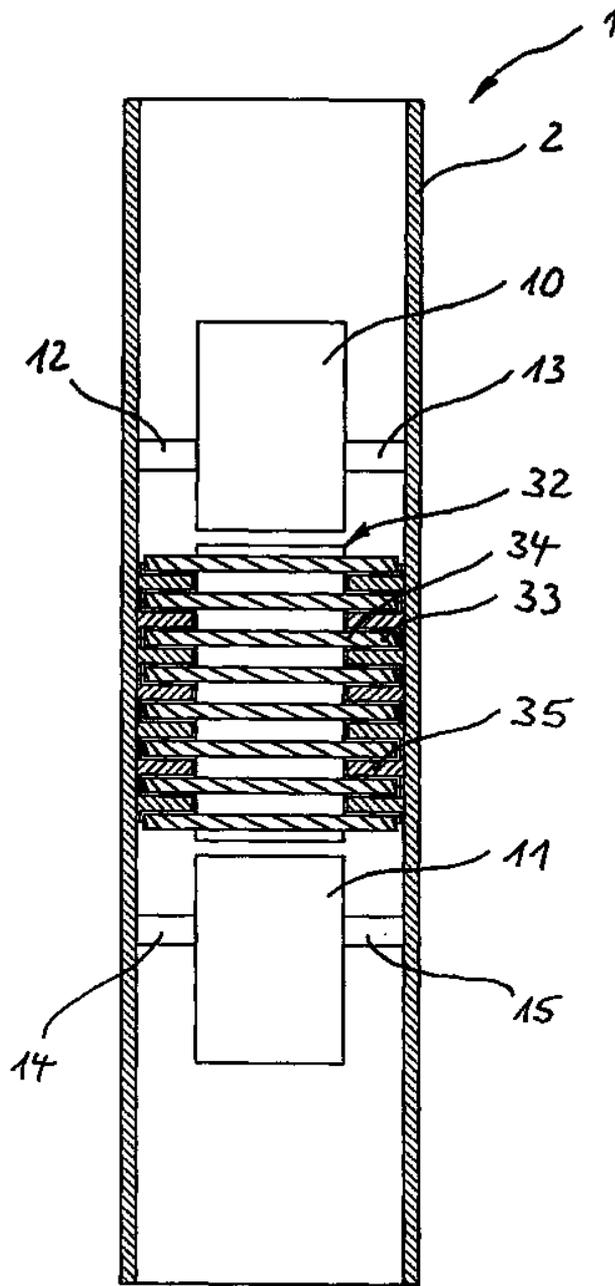


Fig. 4

