



PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

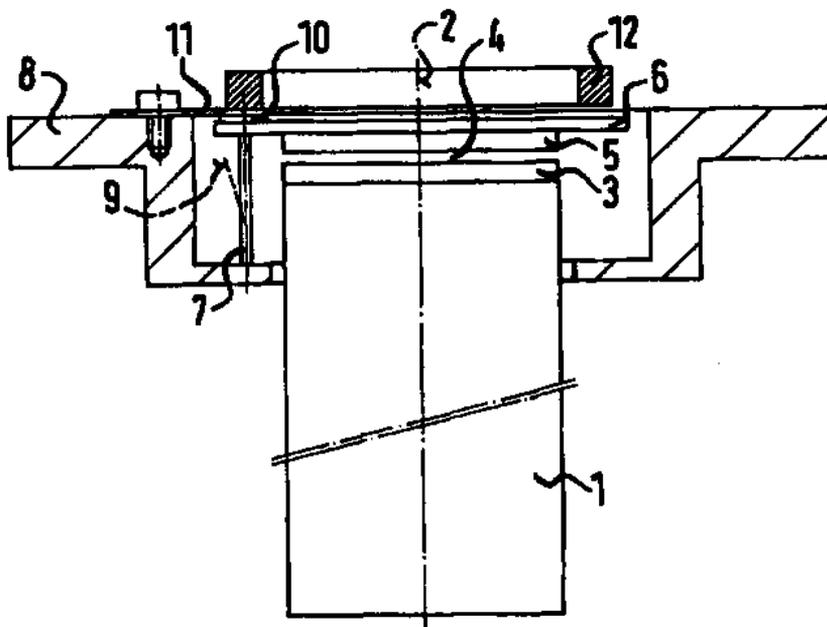
(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : F16C	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/19273
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Mai 1997 (29.05.97)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/02229</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. November 1996 (19.11.96)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 195 43 745.4 24. November 1995 (24.11.95) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH (DE/DE), Wilhelm-Johnen-Strasse, D-52425 Jülich (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FREMEREY, Johan, K. [DE/DE]; Luisenstrasse 127a, D-53129 Bonn (DE). PO- LACHOWSKI, Stephan [DE/DE]; Kopernikusstrasse 66, D- 52428 Jülich (DE). REIFF, Heinrich [DE/DE]; Eilener Weg 1, D-52382 Niederzier (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH; Rechts- und Patentabteilung, D-52425 Jülich (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>	

(54) Title: MAGNETIC BEARING

(54) Bezeichnung: MAGNETISCHES LAGER

(57) Abstract

The invention relates to a magnetic bearing for the contact-free support of a moving, specifically rotating, body (hereinafter referred to as the rotor) in relation to a fixed part (hereinafter referred to as the stator), at least one bearing gap being provided between the rotor and stator in which magnetic regions of the rotor and stator, referred to as rotor magnet or stator magnet as appropriate, face one another at a small distance. The stator magnet on the stator is mounted so as to oscillate substantially freely in one plane aligned parallel to opposing rotor and stator magnet surfaces in the bearing gap. A mechanical friction device between the stator and stator magnet dampens the oscillation of the stator magnet.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein magnetisches Lager zur berührungslosen Abstützung eines beweglichen, vorzugsweise rotierenden Körpers, nachfolgend Rotor genannt, gegenüber einem feststehenden Teil, nachfolgend Stator genannt, mit mindestens einem Lagerspalt zwischen Rotor und Stator, an welchem sich magnetische Bereiche von Rotor und Stator, entsprechend als Rotor- bzw. Statormagnet bezeichnet, in geringem Abstand gegenüberstehen. Der Statormagnet am Stator ist im wesentlichen in einer Ebene frei schwingbar, die parallel zu sich am Lagerspalt gegenüberstehenden Magnetflächen von Rotor- und Statormagnet ausgerichtet ist, befestigt. Dabei ist zwischen Stator und Statormagnet zur Dämpfung der Schwingungsbewegung des Statormagneten eine mechanische Reibvorrichtung angeordnet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Amenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LX	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

B e s c h r e i b u n g

Magnetisches Lager

Die Erfindung betrifft ein magnetisches Lager zur berührungslosen Abstützung eines beweglichen, vorzugsweise rotierenden Körpers gegenüber einem feststehenden Teil. Im folgenden wird der bewegliche Körper "Rotor", der feststehende Teil "Stator" genannt. Rotor und Stator weisen magnetische Bereiche auf, entsprechend Rotor- bzw. Statormagnet bezeichnet, die an mindestens einem Lagerspalt des magnetischen Lagers sich in geringem Abstand gegenüberstehen. Der Statormagnet ist am Stator derart befestigt, daß er relativ zum Stator im wesentlichen in einer Ebene, die parallel zu sich am Lagerspalt gegenüberliegenden Magnetflächen von Rotor- und Statormagnet ausgerichtet ist, frei schwingen kann.

15

Magnetische Lager dieser Art sind bekannt. In einer von McHattie beschriebenen magnetischen Lagerung, s. Review of Scientific Instruments, vol.12, S.429/435, 1941, mit der kleine schnell rotorierende Stahlzylinder berührungslos gelagert werden und die mit einer axial aktiven elektromagnetischen Stabilisierung ausgerüstet

20

sind, werden radiale Schwingungen des gelagerten Rotors durch berührungslose magnetische Ankopplung auf eine radial beweglich montierte Nadel übertragen und durch Einbettung der Nadel in Öl gedämpft. Eine Öldämpfung wird auch von J.W.Beams in "Double Magnetic Suspension", Review of Scientific Instruments, vol. 34, S.1071/1074, 1963, angegeben.

Nachteilig bei diesem Dämpfungssystem sind die erforderliche Kapselung des beweglich montierten Statorteils zur Vermeidung von Ölverlusten sowie das durch die Kapselung notwendige zusätzliche Bauvolumen der Vorrichtung und die dadurch bedingten relativ hohen Fertigungskosten. Als Bestandteil von massengefertigten Magnetlagersystemen, die in unmittelbarer Konkurrenz zu kostenoptimierten wälzgelagerten Systemen treten sollen, insbesondere beim Einsatz solcher Lager für Textilspindeln und -zentrifugen, erscheint der Öldämpfer allein wegen seines Fertigungsaufwandes ungünstig. Ferner entsprechen die Eigenschaften eines Öldämpfers aufgrund der Umwälzung eines Teils der Ölmasse nur bedingt den Eigenschaften eines idealen Schwingungsdämpfers mit Geschwindigkeitsproportionaler Dämpfungskraft, denn durch die Ölumlagerung werden neben der reinen Dämpfungskraft auch Massen-Beschleunigungskräfte wirksam.

Aufgabe der Erfindung ist die Ausstattung eines magnetischen Lagers mit einem Dämpfungssystem, das zu einem geringen Bauvolumen führt und bei dem das Umwälzen und

- 3 -

Mitbewegen erheblicher Massen bei der Dämpfung weitgehend reduziert werden kann. Darüber hinaus soll das magnetische Lager auch kostengünstig herstellbar sein.

5 Diese Aufgabe wird bei einem magnetischen Lager der eingangs genannten Art durch die im Patentanspruch 1 oder im Patentanspruch 2 angegebenen Merkmale gelöst. Danach ist zur Dämpfung der Schwingungsbewegung des Statormagneten, der in einer Ebene parallel zu den Ma-
10 gnetflächen des Rotor- und Statormagneten schwingt, eine mechanische Reibvorrichtung vorgesehen. Die Reibvorrichtung weist bevorzugt zwei kraftschlüssig miteinander in Berührung stehende Berührungsflächen auf, deren Flächennormalen senkrecht zur Schwingungsebene des Sta-
15 tormagneten orientiert sind, Patentanspruch 3. Bei einer Auslenkung des Statormagneten gleiten diese Berührungsflächen aufeinander und dämpfen die freie Schwingungsbewegung des Statormagneten um so mehr, je stärker die Reibkraft zwischen den Berührungsflächen einge-
20 stellt ist, die das Aufeinandergleiten der Berührungsflächen bestimmt.

Vorteilhaft ist es, eine der beiden Berührungsflächen mit einer glatten Oberfläche, die andere Berührungsflä-
25 che mit einer rauhen Oberfläche auszustatten, Patentanspruch 4. Die glatte Oberfläche kann von festem, insbesondere metallischem Material ausgebildet sein, die rauhe Oberfläche vorzugsweise aus Gewebe, Filz oder an-

deren aus Fasern aufgebautem nachgiebigen Material bestehen.

Zum Zwecke der Einstellung eines für den jeweiligen Anwendungsfall optimierbaren Dämpfungsgrades ist die Reibkraft zwischen den Berührungsflächen regulierbar, Patentanspruch 5. Hierzu läßt sich insbesondere die Andruckkraft zwischen den Berührungsflächen variieren.

10 Nach Patentanspruch 6 ist es vorgesehen, die rauhe Oberfläche mit dem Statormagneten zu verbinden, und zur Ausbildung der glatten Oberfläche eine ortsfest am Stator befestigte mechanische Feder zu verwenden, die sich im wesentlichen in Richtung der Flächennormalen der Berührungsfläche federnd bewegt. Je größer der von der Feder auf die glatte Oberfläche ausgeübte Druck ist, um so höher ist die Andruckkraft zwischen den Berührungsflächen. Da mit der Andruckkraft auch die Reibkraft steigt, erhöht sich mit steigendem Federdruck die erreichte Dämpfung der Bewegung des Statormagneten. Bei einstellbarer Vorspannung der Feder ist die Reibkraft und somit die Dämpfung anpaßbar, Patentanspruch 7.

Zweckmäßig ist in einfachster Weise zur Einstellung des Druckes zwischen den Berührungsflächen eine Blattfeder eingesetzt, Patentanspruch 8. Nach Patentanspruch 9 läßt sich die Vorspannung der Blattfeder durch entsprechenden Druck auf das federnde Ende der Blattfeder erzeugen.

- 5 -

Die Erfindung und weitere Ausbildungen der Erfindung werden nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch wiedergegebenen Ausführungsbeispiels näher erläutert.

In der Zeichnung ist ein Längsschnitt eines rotations-symmetrischen magnetischen Lagers dargestellt. Ein hohlzylindrisch ausgebildeter Rotor 1 mit senkrecht angeordneter Rotationsachse 2 ist an seinem oberen Ende mit einem ringförmigen, im Ausführungsbeispiel permanentmagnetischem Rotormagnet 3 versehen. Der Rotormagnet 3 ist an einem horizontal verlaufenden Lagerspalt 4 in engem Abstand einem Statormagneten 5 gegenüber angeordnet, der ebenfalls ringförmig ausgebildet ist und die gleichen Abmessungen wie der Rotormagnet 3 aufweist. Im Ausführungsbeispiel besteht der Statormagnet 5 aus permanentmagnetischem Material. Durch die anziehende magnetische Kraftwirkung zwischen Rotormagnet 3 und Statormagnet 5 wird die Gewichtskraft des Rotors 1 weitgehend kompensiert, in der schematischen Zeichnung ist eine zusätzlich erforderliche leichte Abstützung des Rotors nicht dargestellt.

Der Statormagnet 5 ist an einer Plattform 6 angebracht, die auf biegeelastischen Stützen 7 am ortsfesten Stator 8 in vertikaler Richtung starr, in horizontaler Ebene dagegen nachgiebig schwingbar montiert ist. Für die biegeelastischen Stützen 7 werden im Ausführungsbei-

- 6 -

spiel am Stator 8 einseitig eingespannte Metallstifte verwendet, deren dem Einspannende entgegengesetztes Ende die Plattform 6 trägt, so daß die Plattform bei einer Bewegung in horizontale Ebene frei ausschlagen kann. 5 Dabei werden die Metallstifte federnd ausgelenkt, in der Zeichnung ist die Bewegung der Stütze 7 als Biegelinie 9 schematisch markiert.

Die Plattform 6 ist mit drei Stützen 7 am Stator 8 abgestützt, im in der Zeichnung dargestellten Längs- 10 schnitt des magnetischen Lagers ist eine dieser Stützen wiedergegeben. Die die Stützen bildenden Metallstifte sind radial zur Stiftachse in allen Richtungen federbeweglich, so daß die Plattform 6 in horizontaler Ebene, die parallel zu den Magnetflächen von Rotor- und 15 Statormagneten am horizontalen Lagerspalt 4 ausgerichtet ist, in jeder Richtung frei schwingen kann.

Die Plattform 6 trägt auf ihrer dem Statormagneten 5 20 abgewandten Fläche Filzscheiben 10. Im Ausführungsbeispiel sind drei solcher Filzscheiben auf der Oberseite der Plattform 6 aufgeklebt, im in der Zeichnung dargestellten Längsschnitt des magnetischen Lagers ist nur eine dieser Filzscheiben sichtbar. Die Filzscheiben 10 25 berühren jeweils eine glatte Fläche einer Feder, im Ausführungsbeispiel die Fläche einer der breiten Seiten einer Blattfeder 11. Die Berührungsflächen von Filzscheiben und zugehörigen Blattfedern weisen Flächennormalen auf, die senkrecht zur horizontalen Schwingebene

- 7 -

des Statormagneten 5 orientiert sind. Die Blattfedern 11 sind am Stator 8 derart befestigt, daß sie mit ihren freien federnden Enden in Richtung der

- 5 Rotationsachse 2 auf die Filzscheiben drücken und den Berührungsdruck zwischen glatter Oberfläche der Blattfedern und rauher Oberfläche der Filzscheiben bestimmen. Im Ausführungsbeispiel ist zur Verstärkung des Federdrucks auf das freie Ende der Blattfeder ein Metall-
- 10 ring 12 aufgelegt, dessen Gewicht zur Einstellung und Anpassung des Berührungsdruckes an die im Einzelfall benötigte Dämpfungskraft variierbar ist. Die Reibkraft zwischen den Berührungsflächen läßt sich so regulieren.
- 15 Ein derart ausgebildetes magnetisches Lager ist in axialer Richtung infolge des im Lagerspalt 4 wirkenden permanentmagnetischen Feldes im wesentlichen stabil. Radiale Schwingungen des Rotors während seiner Rotation werden durch mechanische Reibung aufgefangen. So wird
- 20 bei einer radialen Auslenkung des Rotors 1 relativ zu seiner Rotationsachse 2 wegen der magnetischen Kopplung zwischen dem Rotormagneten 3 und dem Statormagneten 5 die Plattform 6 in horizontaler Ebene des Lagerspalts 4 bewegt. Radiale Schwingungen des Rotors 1 übertragen
- 25 sich auf die Plattform 6. Bei einer solchen Bewegung der Plattform 6 verschieben sich auch die Filzscheiben 10 gegenüber den glatten Flächen der Blattfedern 11, je nach Berührungsdruck zwischen den Filzscheiben 10 und den Blattfedern 11 werden die gleitenden Bewegungen je-

- 8 -

doch gebremst und somit die Schwingungen des Rotors 1 gedämpft.

Das Bauvolumen der als Dämpfvorrichtung wirkenden
5 Reibvorrichtung, die aus den Lagerteilen Plattform 6, Filzscheiben 10 und Blattfedern 11 mit gegebenenfalls aufgelegtem Metallring 12 besteht, ist entsprechend gering. Durch Erzeugung des Berührungsdrucks mittels der Feder, der im Ausführungsbeispiel durch Vorgabe des Ge-
10 wichts des Metallrings 12 auch variierbar ist, und den geringen Aufwand für die die Dämpfung bewirkenden Teile, Filzscheiben 10 und Blattfedern 11, ist die Reibvorrichtung, wie sie im Ausführungsbeispiel wieder gegeben ist, besonders kostengünstig herstellbar. Die
15 Masse der Teile der Reibvorrichtung ist gegenüber der wirksamen Dämpfungskraft im Verhältnis zu bisher bekannten Öldämpfern vernachlässigbar klein.

Bezugszeichenliste

5	Rotor	1
	Rotationsachse	2
	Rotormagnet	3
	Lagerspalt	4
	Statormagnet	5
10	Plattform	6
	Stützen	7
	Stator	8
	Biegelinie	9
	Filzscheiben	10
15	Blattfeder	11
	Metallring	12

Patentansprüche

1. Magnetisches Lager zur berührungslosen Abstützung eines beweglichen, vorzugsweise rotierenden Körpers, nachfolgend Rotor (1) genannt, gegenüber einem feststehenden Teil, nachfolgend Stator (8) genannt, mit mindestens einem Lagerspalt (4) zwischen
5 Rotor und Stator, an welchem sich magnetische Bereiche von Rotor und Stator, entsprechend als Rotor- bzw. Statormagnet (3,5) bezeichnet, in geringem Abstand gegenüberstehen, wobei der Statormagnet
10 am Stator im wesentlichen in einer Ebene freischwingbar befestigt ist, die parallel zu sich am Lagerspalt (4) gegenüberstehenden Magnetflächen von Rotor- und Statormagnet (3,5) ausgerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen
15 Stator (8) und Statormagnet (5) zur Dämpfung der Schwingsbewegung des Statormagneten eine mechanische Reibvorrichtung (6,10,11) angeordnet ist.

- 20 2. Magnetisches Lager zur berührungslosen Abstützung eines beweglichen, vorzugsweise rotierenden Körpers, nachfolgend Rotor (1) genannt, mit mindestens einem Lagerspalt (4) zwischen Rotor und Stator (8),

an welchem sich magnetische Bereiche von Rotor und Stator, entsprechend als Rotor- bzw Statormagnet (3,5) bezeichnet, in geringem Abstand gegenüberstehen, wobei

5

- der Statormagnet (5) am Stator (8) mittels einer biegeelastischen Stütze (7) abgestützt ist, die normal zum Lagerspalt (4) starr, in einer parallel zum Lagerspalt verlaufenden Schwingebene nachgiebig federnd montiert ist,

10

- Statormagnet (5) und Stator (8) kraftschlüssig miteinander in Berührung stehende Berührungsflächen mit senkrecht zur Schwingebene orientierten Flächennormalen aufweisen, und

15

- als Reibkraft der Druck zwischen den Berührungsflächen mittels einstellbarer Federkraft regulierbar ist.

20

3. Magnetisches Lager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Reibvorrichtung (6,10,11) zwei kraftschlüssig miteinander in Berührung stehende Berührungsflächen (10,11) aufweist, deren Flächennormalen senkrecht zur Schwingungsebene des Statormagneten (5) orientiert sind.

25

4. Magnetisches Lager nach Anspruch 3, dadurch
gekennzeichnet, daß eine der Berührungsflä-
chen mit einer glatten Oberfläche (11), die andere
5 mit einer rauhen Oberfläche (10) ausgestattet ist.
5. Magnetisches Lager nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
10 die Reibkraft zwischen den Berührungsflächen
(10,11) mit der Reibvorrichtung einstellbar ist.
6. Magnetisches Lager nach Anspruch 5, dadurch
15 gekennzeichnet, daß die rauhe Oberfläche
mit dem Statormagneten (5) fest verbunden ist, und
die glatte Oberfläche von einer ortsfest am Stator
(8) befestigten Feder (11) ausgebildet ist, die
sich im wesentlichen in Richtung der Flächennorma-
20 len der Berührungsfläche nachgiebig federnd bewegt.
7. Magnetisches Lager nach einem der Ansprüche 5 oder
6, dadurch gekennzeichnet, daß die
25 Reibkraft durch einstellbare Vorspannung der Feder
(11) regulierbar ist.

8. Magnetisches Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Blattfeder (11) eingesetzt ist.

5

9. Magnetisches Lager nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorspannung der Blattfeder (11) durch Druck auf deren federndes Ende erzeugt wird.

