



18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 29 160 A 1**

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

21 Aktenzeichen: 101 29 160.4  
22 Anmeldetag: 16. 6. 2001  
43 Offenlegungstag: 19. 12. 2002

DE 101 29 160 A 1

71 Anmelder:  
w.i.t. Wiemers innovative Technik GmbH, 39179  
Barleben, DE

74 Vertreter:  
Leinung, G., Dipl.-Jur., Pat.-Anw., 39108  
Magdeburg

72 Erfinder:  
Wiemers, Karl-Heinz, 39179 Ebendorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Magnetlager

DE 101 29 160 A 1

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Magnetlager zur Lagerung von Bauteilen in unterschiedlichen Ausführungs- und Anwendungsvarianten, die in verschiedenen Prozessen zur Anwendung kommen.

**[0002]** Allgemein werden Bauteile, die dynamischen Belastungen unterliegen, in Gleit- oder Wälzlagern gelagert, in denen die jeweiligen Bauteile geführt und gestützt sind. Neben der Verwendung von Gleit- und Wälzlagern finden auch Magnetlager Anwendung, in denen die zu stützenden Bauteile angeordnet sind. Dabei können die in Magnetlagern gestützten Bauteile rotative als auch lineare Bewegungen ausführen.

**[0003]** Das Problem bei den bekannten Magnetlagern besteht jedoch, dass es eines erheblichen Aufwandes bedarf, eine exakte Lagerung, insbesondere von rotativ sich bewegenden Bauteilen auszuführen und zu gestalten, dass Laufgenauigkeiten erreicht werden, die im  $\mu\text{m}$ -Bereich liegen.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Magnetlager zu entwickeln, welches als eine aktive Magnetlagerung ausgebildet ist, mittels der die gelagerten Elemente berührungslos und in den unterschiedlichsten Ebenen bewegbar sind.

**[0005]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0006]** Vorteilhafte Ausführungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0007]** So wurde ein Magnetlager geschaffen, welches als ein aktives Magnetlager ausgebildet ist und wirkt, in der ein berührungslos wirkender Direktantrieb enthalten ist, mit dem über einen Rotor als direktes oder indirektes Verbindungselement das magnetisch gelagerte Anschlusselement berührungslos rotativ oder in einer mechanischen Führungsstruktur linear angetrieben bzw. positioniert wird und mit Hilfe der Trag-/Halte-Zentriermagnete mit der umgebenden mechanischen Führungsstruktur (Rundgehäuse, lineare/kurvige Führung) festgespannt werden kann. Dabei wirken die Magnetlager sowie die Antriebsteile und angetriebenen Konstruktionselemente berührungslos, ohne Schmiermittel, verschleißfrei und können  $\mu\text{m}$ -genau ausgerichtet/positioniert werden. Durch das aktive Magnetlager sind über die Magnetaktorkonstruktion ausgleichende/gewünschte Bewegungsabläufe hochgenau möglich, wenn diese durch externe Kräfte und damit verbundene Form- oder Laufbahnfehler erforderlich werden, wie z. B. das Positionieren von Werkstücken zu bearbeitenden/behandelnden Werkzeug- und sonstigen Systemen.

**[0008]** Ebenso ist der Einsatz eines Magnetlagers, wie vorher beschrieben, an einer Seite mit einer somit angetriebenen Welle, Walze oder auch eines anderen Konstruktionselementes bzw. -baugruppe möglich, während die andere Seite in einem Magnetlager aufgenommen wird, in dem z. B. mittels eines Zentriermagneten die mechanische Berührung z. B. der Welle, dem Wellenstumpf u. ä. mit dem diesen umgebende Lagerung vermieden wird, aber zugleich auch die hochgenaue axiale Mittellage der angetriebenen und nicht angetriebenen Lagerungen eingestellt werden kann, wobei die nicht angetriebene Lagerung auch zusätzlich in einem linearen Magnetlager geführt werden kann.

**[0009]** Dabei kann die magnetische Aktorkonstruktion durch gasförmige und/oder flüssige Medien übernommen bzw. unterstützt werden.

**[0010]** Mit nachfolgendem Ausführungsbeispiel soll die Erfindung näher erläutert werden.

**[0011]** Die dazugehörige Zeichnung zeigt in

**[0012]** Fig. 1 ein aktives Magnetlager mit einem Rotativ-Drehantrieb,

**[0013]** Fig. 2 ein aktives Magnetlager, eingebunden in einer Führungsstruktur,

**[0014]** Fig. 3 ein aktives Magnetlager mit eingesetzter Welle/Walze.

**[0015]** In der Fig. 1 ist ein aktives, rotatives, berührungslos direkt angetriebenes Magnetlager 1 dargestellt, zur Aufnahme von Tragelementen 2, z. B. einer Werkstückaufspannplatte WAP über Trag-/Halte- und Zentriermagnete 4, 5, 6, die vorzugsweise als Hybridmagnete ausgebildet sind, hochgenau sensorgestützt definiert in der horizontalen und vertikalen Achse gehalten oder mittels der Trag-/Haltemagnete 4, 5 und/oder anderen Einrichtungen in dem Lagergehäuse fest eingespannt. Mit einem Rotor 3 versehen, der direkt oder indirekt mit einem Tragelement 2, einer WAP beispielsweise, verbunden ist, der berührungslos durch einen rotativ wirkenden Drehantrieb 7, beispielsweise ein Torque-Motor, positionierend oder kontinuierlich drehend angetrieben wird.

**[0016]** Dabei kann das Tragelement 2 auch

- a) direkt durch einen Torque-Motor 7 umfasst und berührungslos von außen angetrieben werden,
- b) einen Torque-Motor 7 umfassen und durch diesen von innen angetrieben werden.

**[0017]** Bei dem Torque-Motor handelt es sich um einen berührungslosen Rotationsantrieb, welcher in synchroner oder asynchroner Bauart ausgeführt ist und entsprechend Anwendung findet.

**[0018]** Gemäß der Darstellung nach Fig. 2 wird ein Tragelement 2, beispielsweise eine WAP, über Trag-, Halte- und Zentriermagnete 4, 5, 6, die vorzugsweise als Hybridmagnete ausgebildet sind, definiert, sensorgestützt und vertikal in einer mechanischen Führungsstruktur 8 magnetisch gelagert. In der mechanischen Struktur 8 direkt und/oder mit anderen Einrichtungen angetrieben, horizontal positioniert und kann durch die Trag-/Haltemagnete 4, 5 in dieser fest eingespannt werden. Das dargestellte Magnetlager ist mit der Bezugszahl 9 gekennzeichnet. Dabei kann die horizontale und vertikale Führung über definierte Magnetlagerspalte 13 in der mechanischen Führungsstruktur 8 wie auch mittels Leitstrahl (Laser, Infrarot o. ä.) erfolgen.

**[0019]** Diese beiden Magnetlager 1, 9 können allein oder kombiniert zur Anwendung kommen. Bei der kombinierten Ausführung wird das Magnetlager 1 mit dem Magnetlager 9 elektronisch verkoppelt bzw. das Magnetlager 1 erhält eine an seinem Gehäuse angegossene Tragstruktur, so dass die lineare und rotative Bewegung (x-/ $\varphi$ -Achse) der beiden Magnetlager 1, 9 aufeinander abgestimmt mit einem Bauteil allein erfolgen kann, womit sich aus der jeweiligen geradlinigen und drehenden Bewegung der Bewegungselemente Bahnkurven für kartesische Schnittpunkte, z. B. auf der WAP ergeben.

**[0020]** Die Variationsmöglichkeiten und Ausführungen sowie der Einsatz von Magnetlagern 1, 9 zeigt die nachfolgende Auflistung.

**[0021]** Die Varianten für rotativ wirkende Magnetlager:

- a) mit Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation und berührungslosem Direktantrieb ( $\varphi$ -Achse)
- b) ohne Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation mit berührungslosem Direktantrieb ( $\varphi$ -Achse)
- c) ohne Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation mit berührendem Antrieb ( $\varphi$ -Achse)
  - für linear wirkende Magnetlager:
    - a) mit Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation und berührungslosem Direktantrieb (x-Achse)
    - b) ohne Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation

sation mit berührungslosem Direktantrieb (x-Achse)  
c) ohne Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation mit berührendem Antrieb (z-Achse)

[0022] Bei der Kombination beider Magnetlager (rotativ und linear) sind die verschiedenen genannten Varianten in jeder Kombination möglich.

[0023] Das Magnetlager 1 mit dem Direktantrieb kann ein Tragelement, z. B. eine Werkstückaufnahmeplatte (WAP), aufnehmen, das mechanisch linearmotorisch oder sonstig zur eigenen Vertikalachse allwinklig verstellbar bzw. feststellbar sein kann. Diese allwinkliger Verstellung bzw. Feststellung kann z. B. durch Linearmotoren bzw. -motorgruppen wie auch durch einen sogenannten Kugelmotor o. ä. erfolgen.

[0024] Ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Magnetlagers 1 und seiner Verwendung ist in der Fig. 3 gezeigt. Hier handelt es sich um ein Magnetlager 1, welches an einer Seite mit einem Anschlussstück ausgebildet ist, beispielsweise einer angetriebenen Welle 10, einer Walze oder auch eines anderen Konstruktionselementes bzw. -baugruppe ausgebildet ist, während die andere Seite der Welle oder Walze 10 in einem Magnetlager 9 aufgenommen wird, in dem z. B. mittels eines Zentriermagneten 6 die mechanische Berührung z. B. der Welle 10 mit dem dieser umgebenden Lagerung vermieden wird, aber zugleich auch die hochgenaue axiale Mittel-lage der angetriebenen und nicht angetriebenen Lagerungen eingestellt werden kann, wobei die nicht angetriebene Lagerung auch zusätzlich in einem linearen Magnetlager 9 geführt werden kann.

#### Zur Funktionsweise

[0025] Die vertikale und horizontale magnetische Verstellung erfolgt bei einem konzentrischen Bewegungsablauf einer festen oder auswechselbaren WAP nur zur Schweberegulierung, d. h. zum  $\eta$ m-genauen Rundlauf des Rotors im Rotorgehäuse bzw. der Tragkonstruktion mittig zu deren mechanischer Führungsstruktur, wie auch zur Aufrechterhaltung oder Verstellung der horizontalen oder vertikalen Magnetspalte des Magnetlagers, so dass auch unter Einwirkung von statischen und dynamischen Kippmomenten, Bearbeitungskräften u. a. eine Berührung des Rotors mit der Innenseite des Magnetlagers – Rotorgehäuses bzw. der mechanischen Führungsstruktur der Tragkonstruktion ausgeschlossen wird.

[0026] Beim konzentrischen Bewegungsablauf des Rotors bzw. der Tragkonstruktion in deren Führungsstruktur kann die Unterstützung des Schwebezustandes des Rotors bzw. der Tragkonstruktion im Magnetlager durch gleichgerichtete, Magnete, die gegenüber der Rotorunterseite bzw. der Tragkonstruktionsunterseite angeordnet sind, erfolgen. Die notwendige Berührungsfreiheit des Rotors, der Tragkonstruktion o. ä. im Magnetlager im angehobenen Zustand zum Magnetlagergehäuse bzw. zur Führungsstruktur wird über ein Sensorsystem überwacht und gesichert, wodurch die Positionierung des Rotors, der Tragkonstruktion o. ä.  $\eta$ m- und  $\mu$ -Sekunden-genau erfolgen kann.

[0027] Durch den konzentrischen, selbstangetriebenen Bewegungsablauf eines Magnetlagers, z. B. einer Werkstückaufnahmeplatte, können die auf der Aufspannplatte befestigten Werkstücke zu Maschinenwerkzeugsystemen, die in deren z-Achsen (Längsachsen) beweglich sind, sich an Portalen oder im Umfeld der Maschine befinden, höchstgenau durch die Rotationsbewegung der Aufspannplatte als  $\phi$ -Winkel um die vertikale z-Achse des rotativ wirkenden Magnetlagers sowie auf der x-Achse in Kombination mit einem linear wirkenden Magnetlager positioniert werden, so dass

diese mittels mit oder ohne eigenen Antrieb versehenen Werkzeugsysteme bearbeitend auf die Werkstücke einwirken.

[0028] Der magnetisch stützbar, verspannbare und positionierbare Rotor des rotativ wirkenden Magnetlagers bzw. das Tragelement des linear wirkenden Magnetlagers werden mit Hilfe von Magnetkräften und/oder gasförmigen und/oder flüssigen Medien angehoben sowie positioniert und abgelenkt. Der Rotor bzw. die Tragkonstruktion können magnetisch, vorzugsweise mittels Hybridmagneten, festgespannt werden, wobei der Rotor des Magnetlagers in seinem Gehäuse und die Tragkonstruktion des Magnetlagers in seiner Führungsstruktur angeordnet ist. In dem Rotorgehäuse sowie an der Tragkonstruktion und/oder der Führungsstruktur befinden sich Hebe-, Spann-, Antriebs- und Zentriermagnete. Die vorgesehenen Antriebsmagnete, vorzugsweise Linearmotore (im Rotorgehäuse Antriebsmagnet = Torque-Motor) gewährleisten, dass im schwebenden Zustand des Rotors bzw. der Tragkonstruktion des entsprechenden Magnetlagers z. B. zu bearbeitende Werkstücke, die sich auf einer Aufspannplatte am Rotor bzw. auf dem Tragelement befinden, hochgenau rotativ bzw. linear zu Werkzeugsystemen positioniert und während der Bearbeitung verfahren oder vor der Bearbeitung fest verspannt werden.

#### Patentansprüche

1. Magnetlager zur Lagerung von Bauteilen in Form von Tragelementen, Rotationsteilen, Stützelementen oder dergleichen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Magnetlager als ein aktives Magnetlager (1, 9) ausgebildet ist, dessen Magnete in Form von Trag-, Halte- und Zentriermagneten (4; 5; 6) gestaltet und als Hybridmagnete ausgebildet sind, die auf einen Rotor (3) oder einem Anschlussstück einwirken, der/die berührungslos durch einen Direktantrieb (7) rotativ, linear und positionierend angetrieben werden, wobei die Trag-, Halte- und Zentriermagnete (4; 5; 6) im Gehäuse (11) bzw. in einer Führungsstruktur (8) angeordnet sind.
2. Magnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das aktive Magnetlager (1) als ein rotativ wirkendes Lager und das aktive Magnetlager (9) als ein linear wirkendes Lager ausgebildet sind.
3. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehantrieb (7) als ein Torque-Motor ausgebildet ist, der direkt auf das jeweilige Anschlussstück/Tragelement einwirkt und dieses berührungslos von außen oder innen antreibt.
4. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die aktiven Magnetlager (1; 9) mit Sensoren (12) ausgebildet und in einem Gehäuse (11) bzw. der Führungsstruktur (8) angeordnet sind und dieses Sensorsystem die Berührungsfreiheit der tragenden, stützenden und positionierenden Elemente der aktiven Magnetlager (1; 9) begründen und im Betriebszustand Magnetspalte (13) ausgebildet werden.
5. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (3) mit verschiedenen Anschlussstücken/Tragelementen (2), so einer Werkzeugaufspannplatte, einer Welle (10), einem Wellenzapfen oder dergleichen bestückt bzw. verbunden ist.
6. Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass durch Kombination der aktiven Lager (1; 9) und deren Anordnungen verschiedene Varianten ausführbar sind, so für rotativ wirkende

**Magnetlager (1)**

mit Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation  
und berührungslosem Direktantrieb ( $\phi$ -Achse)

ohne Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation  
mit berührungslosem Direktantrieb ( $\phi$ -Achse) 5

ohne Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation  
mit berührendem Antrieb ( $\phi$ -Achse)

so für linear wirkende Magnetlager (9)

mit Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation  
mit berührungslosem Direktantrieb (x-Achse) 10

(ohne Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation  
mit berührungslosem Direktantrieb (x-Achse)

ohne Längsachsen = z-Achsenbewegung/-kompensation  
mit berührendem Antrieb (x-Achse).

15

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

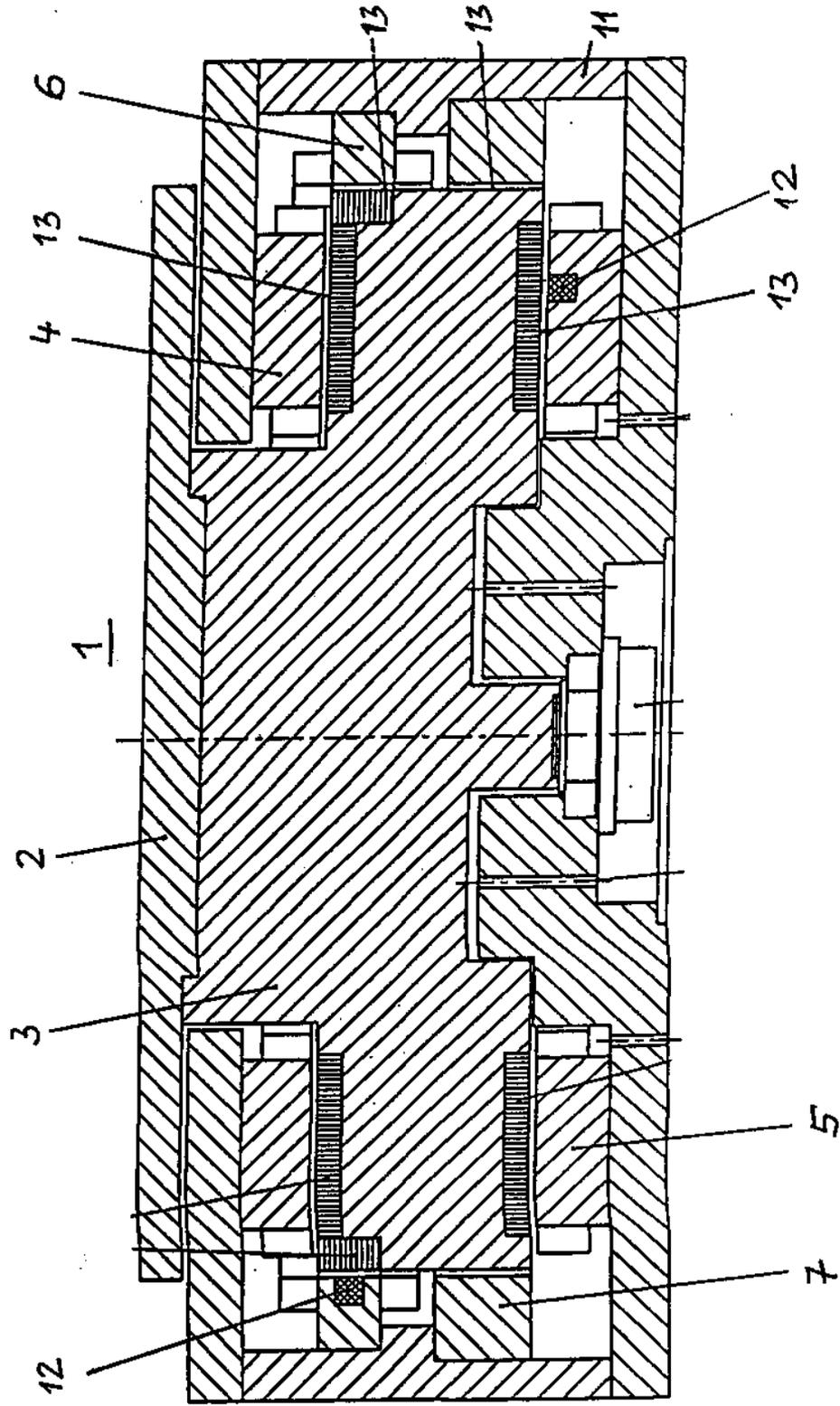


Fig. 1

Fig. 2

