



(10) **DE 10 2008 041 151 B4** 2012.11.08

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 041 151.5**
(22) Anmeldetag: **11.08.2008**
(43) Offenlegungstag: **04.03.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **08.11.2012**

(51) Int Cl.: **H05G 1/02 (2006.01)**
F16C 32/06 (2012.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Schleifring und Apparatebau GmbH, 82256,
Fürstenfeldbruck, DE**

(74) Vertreter:
**Lohr, Jöstingmeier & Partner, 82178, Puchheim,
DE**

(72) Erfinder:
Krumme, Nils, 82340, Feldafing, DE

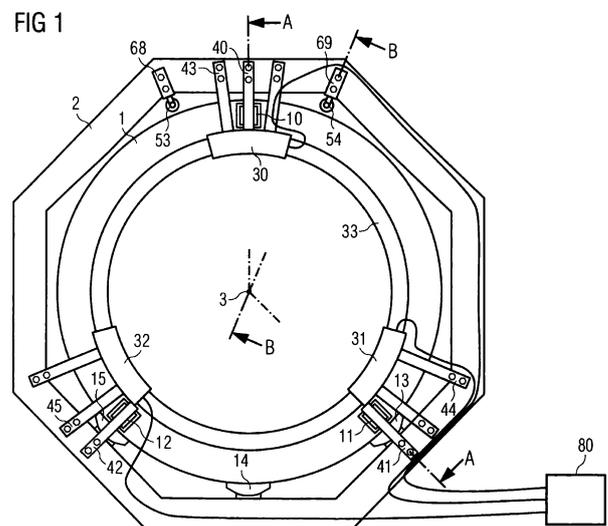
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	39 17 673	C1
DE	10 2006 037543	A1
DE	21 2004 000 027	U1
US	64 04 845	B1

(54) Bezeichnung: **CT Scanner Gantry mit aerostatischem Lager und segmentiertem Ringmotor**

(57) Hauptanspruch: Drehbare Vorrichtung umfassend einen Rotor (1), der gegenüber einem Stator (2) drehbar gelagert ist, umfassend

- wenigstens ein hydrostatisches Lager (13, 14, 15) zur radialen Lagerung des Rotors (1),
- wenigstens ein hydrostatisches Lager (10, 11, 12) zur axialen Lagerung des Rotors (1), und
- einen Motor als Direktantrieb umfassend einen ringförmigen Teil (33) sowie wenigstens ein Motorsegment (30, 31, 32), welches im magnetischen Eingriff mit dem ringförmigen Teil (33) des Motors steht, um ein Drehmoment zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein weiteres Motorsegment vorgesehen ist, welches ausschließlich eine Andruckkraft des Rotors an die axialen hydrostatischen Lager (10, 11, 12) erzeugt.



Beschreibung

Beschreibung der Erfindung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine drehbare Vorrichtung mit aerostatischer Lagerung sowie mit einem Direktantrieb in Form eines segmentierten Ringmotors. Derartige Vorrichtungen werden bevorzugt als Rotore bei Computertomographen (CT Scannern) eingesetzt.

Stand der Technik

[0002] Bei Computertomographen rotiert eine Röntgenröhre zusammen mit einem gegenüber dieser angeordneten Detektor um den Körper des Patienten. Röntgenröhre und Detektor sind am rotierenden Teil einer Gantry montiert, wobei der rotierende Teil gegenüber einem stationären Teil drehbar gelagert ist. Bei modernen Computertomographen mit hoher Auflösung dreht sich der rotierende Teil der Gantry mit hohen Drehzahlen, beispielsweise 300 U/min. Gleichzeitig wird eine sehr hohe Lagetoleranz der Gantry in Bereichen deutlich unter 1 mm gefordert. Hierbei gelangen mechanische Lager häufig an die Grenze der technologischen Möglichkeiten. Eine elegante Art der Lagerung ist hier ein aerodynamisches Lager, auch Luftlager genannt.

[0003] In der US 6,404,845 B1 ist die Gantry eines Computertomographen mit einem aerodynamischen Lager offenbart. Hierin wird der rotierende Teil der Gantry durch axial und radial angeordnete Lager in der gewünschten Position gehalten. Schwierig zu beherrschen ist hier die axiale Lagerung. Diese besteht aus zwei gegeneinander angeordneten Lagern auf gegenüberliegenden Seiten des Rotationskörpers der Gantry. Problematisch hierbei ist, dass sich bereits geringste Veränderungen der Form des Rotationskörpers, insbesondere im Abstand zwischen den Orten der Auflage der gegenüberliegenden axialen Luftlager unmittelbar auf den Lagerspalt und somit auf die Lagereigenschaften auswirken.

[0004] Eine weitere Verbesserung dieser Anordnung ist in der DE 10 2006 037 543 A1, ein Familienmitglied der WO 2008/017498 A2 offenbart. In diesem Dokument ist eine Lageranordnung angegeben, bei der zumindest eines der axialen Lager in Achsrichtung zu seiner Lagerbasis hin bewegt werden kann, um eben diese Dickenschwankungen des Rotationskörpers auszugleichen. Die DE 39 17 673 C1 offenbart ein lineares hydrostatisches Lager. Die DE 21 2004 000 027 U1 offenbart eine Drehdurchführung für eine rasch rotierende Spindel mit Minimalmengen-Schmierung.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine drehbare Vorrichtung entsprechend dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 dahingehend weiterzubilden, dass diese mit einer einfacheren und damit auch kostengünstigeren Lagerung ausgerüstet werden kann.

[0006] Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist in dem unabhängigen Patentanspruch angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst einen Rotor **1**, welcher in einem Stator **2** drehbar um die Drehachse **3** gelagert ist. Die Lagerung umfasst radiale und axiale aerostatische Lager. Die Lager werden gebildet aus jeweils einem Lagerschuh, welcher an dem Stator befestigt ist, und einer darauf laufenden Fläche des Rotors. Die radiale Lagerung umfasst wenigstens ein Luftlager **13**, **14**, **15**. Vorzugsweise sind zwei Luftlager **13**, **15** vorgesehen, die vorzugsweise in einem Winkel von 30° bis 60°, besonders bevorzugt unter 45° zur Senkrechten auf die Drehachse angeordnet sind. Es kann insbesondere bei hohen Lasten noch ein Lager **14** vorzugsweise senkrecht unter der Drehachse vorgesehen sein. Diese radialen Luftlager sind unterhalb des Mittelpunkts des Rotors angeordnet und tragen dessen Gewicht. Entsprechend ergibt sich die Andruckkraft auf diese Lager durch das Gewicht des Rotors. Die axiale Lagerung erfolgt mit den drei Luftlagern **10**, **11** und **12**, welche vorzugsweise in einem Winkel von jeweils 120° zueinander über den Umfang des Rotors angeordnet sind. Um die nötige Anpresskraft an diese Lager zu erzeugen, wird nicht – wie im Stand der Technik offenbart – ein weiterer Satz Luftlager auf der anderen Seite des Rotors angeordnet. Vielmehr wird erfindungsgemäß die Kraft des Motors hierzu verwendet.

[0008] Der Motor ist ein Direktantrieb, welcher ohne weitere Koppellemente, wie Antriebsriemen oder Ketten direkt an Rotor und Stator der drehbaren Vorrichtung angebracht ist. Er weist einen ringförmigen Teil **33** auf, der fest mit dem Rotor **1** der Anordnung verbunden ist. Im Eingriff mit dem ringförmigen Teil **33** ist mindestens ein Motorsegment **30**, **31**, **32**. Alternativ hierzu kann auch der ringförmige Teil **33** mit dem Stator und mindestens ein Motorsegment mit dem Rotor verbunden sein. Vorzugsweise sind drei Motorsegmente vorgesehen, welche besonders bevorzugt in Winkeln von 120° gegeneinander gleichmäßig um den Umfang des ringförmigen Teils verteilt sind. Besonders günstig ist es, wenn diese Motorsegmente an den gleichen Positionen des Stators befestigt sind, wie die axialen Luftlager **10**, **11** und **12**, da hiermit eine unmittelbare Krafteinleitung von den Motorsegmenten in die Luftlager erfolgen kann.

Somit erfolgt keine Kraftübertragung über den Stator der Vorrichtung. Selbstverständlich ist auch eine Anordnung an anderen Positionen möglich. Grundsätzlich kann aber auch jede andere Anzahl von Motorsegmenten eingesetzt werden. Alternativ kann durch die Motorsegmente auch der volle Umfang des ringförmigen Teils abgedeckt werden.

[0009] Grundsätzlich kann ein Motorsegment eine Krümmung entsprechend dem Radius des ringförmigen Teils aufweisen. Ebenso kann ein Motorsegment auch gerade sein, wenn die Länge des Segments kurz gegenüber dem Radius des ringförmigen Teils ist, so dass die Variation des Abstands zwischen Motorsegment und dem ringförmigen Teil über die Länge des Motorsegments noch gering ist. Dadurch können auch Motorsegmente von Linearmotoren eingesetzt werden.

[0010] Wesentlich für die Erfindung ist, dass durch den Motor eine Andruckkraft auf das Luftlager in axialer Richtung ausgeübt wird. Die Andruckkraft des Motors entsteht durch den Eingriff des Magnetfelds der Motorsegmente **30**, **31** und **32** in den Ringförmigen Teil **33**.

[0011] Um eine sichere Erzeugung der Andruckkraft zu ermöglichen, ist entsprechend der Erfindung wenigstens ein Motorsegment vorgesehen, welches ausschließlich zur Erzeugung der Andruckkraft dient. Dieses Motorsegment kann wahlweise eine Spule sein, die beispielsweise drehzahlunabhängig mit einem Gleichstrom versorgt wird. Es wäre aber auch möglich, ein zur Bewegung der Vorrichtung synchrones Drehfeld zu erzeugen, welches ausschließlich auf die Erzeugung einer Andruckkraft hin und nicht auf ein Drehmoment ausgerichtet ist. Alternativ dazu kann ein solches Motorsegment wenigstens einen Permanentmagneten umfassen. Durch den Einsatz von Permanentmagneten kann auch bei Stillstand beziehungsweise Stromausfall eine Mindest-Andruckkraft erreicht werden.

[0012] Vorteilhafterweise werden diese Permanentmagnete dann so ausgelegt, dass bereits ohne Stromfluss in den Motorsegmenten eine Andruckkraft erzeugt wird, um den Rotor in seiner Position zu halten. Somit muss durch die übrigen Motorsegmente des Motors nur noch eine geringere Andruckkraft erzeugt werden. Es können die Permanentmagnete auch so dimensioniert werden, dass deren Andruckkraft wahlweise für bestimmte Betriebszustände, wie eine Ruhelage oder sogar für alle Betriebszustände ausreichend ist. So könnten die Permanentmagnete so ausgelegt werden, dass die Andruckkraft für einen senkrecht stehenden Rotor ausreicht, aber für einen Betrieb bei gekipptem Rotor noch zusätzliche Andruckkraft des Motors durch die Felder der Motorsegmente notwendig ist.

[0013] Vorzugsweise liegt der Schwerpunkt des Rotors zusammen mit allen daran befestigten Bauteilen in axialer Richtung über den Luftlagern **13**, **14**, **15**, besonders bevorzugt in deren Mitte. Dadurch ergibt sich im Ruhezustand eine relativ stabile Lage der Anordnung. Im Betriebszustand, sobald der Rotor durch den Direktantrieb in Drehung versetzt wird, erzeugt der Motor die notwendige Andruckkraft, um den Rotor mittels der axialen Luftlager in einer definierten Position zu halten.

[0014] Eine besonders gute Abstützung für diesen Fall ergibt sich, wenn die Motorsegmente, die die Andruckkraft erzeugen, bevorzugt den radialen Lagern in Bezug auf die Drehachse gegenüberliegend angeordnet sind. Im Regelfall werden diese also oberhalb der Drehachse angeordnet.

[0015] Da nun bei der erfindungsgemäßen Anordnung auf der den axialen Luftlagern entgegengesetzten Seite des Rotors keine weiteren Luftlager vorgesehen sind, könnte der Fall eintreten, dass der Rotor, beispielsweise bei ausgeschaltetem Motor, wobei dann keine Andruckkraft an das axiale Luftlager erzeugt wird, von den axialen Luftlagern weg in axialer Richtung aus den radialen Luftlagern und somit aus der Anordnung fällt. Dies kann zur Zerstörung der gesamten Vorrichtung führen. Um dies zu verhindern, ist weiterhin erfindungsgemäß wenigstens eine axiale Stützrolle **50**, **51** und **52** vorgesehen. Diese Stützrollen sind vorzugsweise gleichmäßig über den Umfang des Rotors verteilt. Im Falle einer Stützrolle ist deren Position am Umfang bevorzugt an der Oberseite, besonders bevorzugt am höchsten Punkt der Anordnung. Im Falle von drei Stützrollen **50**, **51** und **52** sind diese in 120°-Winkeln voneinander angeordnet. Besonders bevorzugt sind sie gegenüberliegend den radialen Luftlagern **13**, **14** und **15** angeordnet. Es ist nicht die Aufgabe der Stützrollen, im Normalbetrieb den Andruck des Rotors an die radialen Luftlager zu übernehmen. Die Stützrollen haben eine reine Sicherheitsfunktion und sollen im Falle des Ausfalls des Motors bzw. von Luftlagern noch eine gewisse Grundlagerung der Vorrichtung gewährleisten. Vorzugsweise werden für die Stützrollen kugelgelagerte Kunststoffrollen vorgesehen. Die Stützrollen sind vorzugsweise am Rahmen des Stators befestigt, so dass sie im normalen Betriebszustand einen Abstand von dem Rotor einhalten, der groß genug ist, dass auch mit maximalen Toleranzen der axialen Luftlager noch kein Kontakt zwischen dem Rotor und den Stützrollen auftreten kann. Ein solcher Abstand liegt vorzugsweise in einer Größenordnung zwischen 0,5 und 5 mm, besonders bevorzugt zwischen 1 und 2 mm.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind zusätzliche radiale Stützrollen **53** und **54** vorgesehen, welche auch ein zu großes Entfernen des Rotors von den radialen Luftlagern **13**, **14** und **15** verhindern. Dies könnte beispielsweise

bei transportablen Geräten während des Transports auftreten. Ebenso wie die axialen Stützrollen sind auch diese Stützrollen so von dem Rotor beabstandet, dass sie im normalen Betriebsfall nicht in Kontakt mit dem Rotor treten können.

[0017] Um immer einen definierten Andruck des Rotors an die axialen Luftlager zu gewährleisten, ist erfindungsgemäß eine spezielle Motorsteuerung **80** vorgesehen. Diese Motorsteuerung betreibt den Motor derart, dass immer eine vorgegebene Andruckkraft eingestellt ist. Hierzu wird vorzugsweise der Motorstrom unabhängig von der Geschwindigkeit der Anordnung konstant gehalten. So muss insbesondere auch ein konstanter Motorstrom durch den Motor im Stillstand der Anordnung fließen. Es muss bei dieser Anordnung zwischen einem Ruhezustand und dem Stillstand des Rotors, bei dem sich dieser nicht dreht, unterschieden werden. Im Ruhezustand ist der Motor stromlos und die Luftlager werden nicht mit Luft versorgt. Es liegt der Rotor auf den Luftlagern **13**, **14** und **15** auf. Dies ist ein stabiler Ruhezustand, der gegebenenfalls je nach der aktuellen Lage des Rotors auch noch durch die axialen Stützrollen **50**, **51** und **52** zusätzlich unterstützt wird. Sobald die Vorrichtung den Betrieb aufnimmt, werden zunächst die Luftlager mit Luft versorgt, so dass sich der Rotor von den Luftlagern abhebt. Gleichzeitig oder zeitlich versetzt kann nun der Motor mit Strom versorgt werden. Hierzu wird der Motorstrom zunächst derart angesteuert, dass im Stillstand des Motors eine vorgegebene Kraft zwischen dem Rotor und den axialen Luftlagern erzeugt wird. Soll nun der Rotor in Drehung versetzt werden, so wird der Motor derart angesteuert, dass er ein Drehfeld erzeugt.

[0018] Das bevorzugte Einsatzgebiet der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist im Computertomographen, da hier besonders hohe Anforderungen an Geschwindigkeit und Toleranzen bei gleichzeitig sehr hoher rotierender Masse des Rotors gestellt werden. Selbstverständlich kann die erfindungsgemäße Anordnung auch in anderen Einsatzgebieten, wie beispielsweise im Industrieanlagenbau, in Rundtaktmaschinen oder auch in Zentrifugen eingesetzt werden.

[0019] Optional ist eine Regelung der Andruckkraft, die vom Motor erzeugt wird, vorgesehen. Dies kann beispielsweise basierend auf einer Kraftmessung der Andruckkraft auf die axialen hydrostatischen Lager oder mittelbar durch den Motorstrom erfolgen. Ebenso kann auch eine Wegmessung, direkt über einen Wegsensor oder indirekt wie beispielsweise über den Lagerspalt oder den Luftverbrauch des Lagers erfolgen, da die Andruckkraft auch den Lagerspalt beeinflusst.

[0020] Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat durch die Stützrollen eine gewisse Notlauffestigkeit, so dass zumindest beim Ausfall des Motors der Rotor

noch antriebslos ausdrehen und dabei seine kinetische Energie abbauen kann. Wesentlich problematischer ist ein Betriebszustand, bei dem die Luftlager bzw. aerostatischen Lager nicht mehr mit Luft bzw. Gas versorgt werden können. Dies kann beispielsweise bei einem Stromausfall bzw. bei dem Ausfall oder einer Störung der Luftversorgung, wie des Kompressors der Fall sein. Ein solcher Betriebszustand kann auch im allgemeinen Fall bei drehbaren Vorrichtungen mit aerostatischer Lagerung, wie bei CT Scannern auftreten. Für einen solchen Fall müssen die Oberflächen der Luftlager einerseits gewisse Notlauf- bzw. Gleiteigenschaften aufweisen und können andererseits auch zur Absorption der Bewegungsenergie ausgelegt sein, um ein schnelleres Abbremsen des Rotors zu ermöglichen. Auf jeden Fall muss ein abruptes Abbremsen des Rotors vermieden werden, da sonst die schlagartig umzusetzende Bewegungsenergie zur massiven mechanischen Verformung bzw. Zerstörung der Vorrichtung sowie auch zu weiteren Schäden, beispielsweise durch herumfliegende Teile führen kann.

[0021] Entsprechend besteht eine weitere Aufgabe eines weiteren Aspekts der Erfindung darin, die Notlaufeigenschaften bei drehbaren Vorrichtungen mit aerostatischer Lagerung, wie bei CT Scannern zu verbessern.

[0022] Eine Lösung dieser Aufgabe umfasst einen Rotor mit einer Kunststoffoberfläche, wobei die Lagerschuhe der Luftlager beispielsweise aus Aluminium oder einem anderen Metall bestehen. So kann durch die Reibung im Notlauf der Kunststoff flüssig werden und somit die Energie abbauen.

[0023] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung umfasst einen Rotor aus Aluminium und Oberflächen der Luftlager aus Sintergraphit. In diesem Falle würde im Notlauf das Graphit der Lagerschuhoberflächen den Aluminiumrotor schmieren und sich dabei abnutzen. In den beiden zuvor beschriebenen Fällen kann im Falle eines Notlaufs des Lagers die Energie durch mechanische Umwandlung bzw. Verformung der Lagerflächen abgebaut werden. Dies hat zur Folge, dass dann das Lager nachgearbeitet oder sogar teilweise ausgetauscht werden muss. Hierbei könnten selektiv einzelne Lagerschuhe oder auch Lagerflächen ausgetauscht werden.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind wenigstens zwei getrennte Systeme zur Luftzufuhr an die hydrostatischen Lager vorgesehen. Vorteilhafterweise umfasst jedes Luftzufuhrsystem einen eigenen Drucktank und besonders vorteilhafterweise auch einen eigenen Kompressor. Mehrere Luftzufuhrsysteme könnten beispielsweise durch Rückschlagventile entkoppelt gemeinsam in einen Lagerschuh eingespeist werden. Alternativ hierzu können auch in einzelnen Lagerschuhen wenig-

tens zwei Kanalsysteme zur Luftzuführung vorgesehen sein, wobei jedes Kanalsystem mit einem eigenen Luftzufuhrsystem gekoppelt ist. So ist beim Ausfall eines Luftzufuhrsystems zumindest noch eine gewisse Mindestluftzufuhr in den Lagerschuh sichergestellt.

[0025] Zur Erhöhung der Sicherheit kann noch eine spezielle Sicherheitslogik zur Steuerung eingesetzt werden. Beispielsweise sollte nach Betätigung des Not-Aus-Schalters der Kompressor nicht stromlos geschaltet werden. Weiterhin sollte der Motor zur aktiven Bremsung des Systems benutzt werden, falls eines oder mehrere der Luftversorgungssysteme ausfallen.

[0026] In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird im Falle einer Notabschaltung des Systems der Kompressor durch die kinetische Energie des Rotors betrieben, um eine Gleitfähigkeit der Lagerung sicherzustellen, solange sich der Rotor noch dreht. Hierbei kann wahlweise der Kompressor direkt durch den Rotor **1** angetrieben werden. Alternativ hierzu kann aber durch den Rotor **1** auch ein Generator, welcher den Kompressor speist, versorgt werden. Die Ankopplung des Kompressors oder eines Generators kann hier beispielsweise per Reibrad, Riemen oder auch durch direkte mechanische Kopplung an den Rotor erfolgen. Für den Fall, dass ein Generator zur Speisung des Kompressors eingesetzt wird, kann noch eine elektronische Regelung der Drehzahl bzw. der Leistungsabgabe des Kompressors zwischengeschaltet werden. In einer weiteren Ausgestaltung könnte auch der Motor des Direktantriebs oder zumindest wenigstens ein Motorsegment als Generator zur Speisung des Kompressors betrieben werden. Da die benötigte Kompressorleistung in der Größenordnung eines Zehntels der Antriebsleistung für den Rotor **1** liegt, kann eine Druckluftversorgung bis zu sehr niedrigen Rotordrehzahlen hin sichergestellt werden. Durch diese erfindungsgemäße Anordnung kann ein äußerst voluminöser Drucktank vermieden werden. Würde eine solche Sicherheitseinrichtung nicht vorgesehen sein, so könnte der Rotor aufgrund der äußerst niedrigen Reibung der Luftlager bis zu 20 min lang nachlaufen. Für diese gesamte Nachlaufzeit müsste in einem Drucktank die benötigte Luftmenge gespeichert werden. Dies kann nun durch erfindungsgemäße Ausgestaltung vermieden werden.

[0027] Eine weitere Verbesserung der Zuverlässigkeit kann erreicht werden, indem ein separates Motorsegment ausschließlich zur Speisung des Kompressors verwendet wird. Damit kann das als Generator betriebene Motorsegment von der Antriebssteuerung unabhängig betrieben werden und ist auch einsetzbar, wenn die Antriebssteuerung ausfällt.

Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben.

[0029] [Fig. 1](#) zeigt eine erste erfindungsgemäße Vorrichtung von der Vorderseite.

[0030] [Fig. 2](#) zeigt die Vorrichtung aus [Fig. 1](#) im Schnitt entlang der Achse A-A.

[0031] [Fig. 3](#) zeigt den unteren Teil der [Fig. 2](#) im Ausschnitt.

[0032] [Fig. 4](#) zeigt einen Schnitt der Vorrichtung aus [Fig. 1](#) am Ort der Stützrolle **54**.

[0033] [Fig. 5](#) zeigt eine erste erfindungsgemäße Vorrichtung von der Rückseite

[0034] [Fig. 1](#) zeigt eine erste erfindungsgemäße Anordnung von der Vorderseite. Der Rotor **1** ist innerhalb des Stators **2** angeordnet und wird in radialer Richtung von den Luftlagern **13**, **14** und **15** um die Achse **3** drehbar gestützt. Zum Antrieb des Rotors gegenüber dem Stator und zur Erzeugung einer axialen Andruckkraft in die axialen Luftlager **10**, **11** und **12** ist ein Motor in Form eines Direktantriebes vorgesehen. Dieser Direktantrieb umfasst einen ringförmigen Teil **33**, welcher fest mit dem Rotor **1** der Vorrichtung verbunden ist. Im Eingriff mit diesem ringförmigen Teil sind die Motorsegmente **30**, **31** und **32**. Diese Motorsegmente werden von einer Steuereinheit mit Strom derart versorgt, dass diese ein Magnetfeld erzeugen, welches den ringförmigen Teil **33** des Motors einerseits in Drehbewegung versetzt, und andererseits in Richtung aus der Bildebene heraus zieht, so dass der Rotor **1** an die axialen Luftlager **10**, **11** und **12** angedrückt wird. Die Motorsegmente **30**, **31** und **32** sind mittels der Träger **43**, **44** und **45** an dem Stator **2** befestigt. Ebenso sind die axialen Luftlager **10**, **11** und **12** mittels der Träger **40**, **41** und **42** an dem Stator **2** befestigt. Die Stromversorgung und Ansteuerung der Motorsegmente **30**, **31** und **32** erfolgt durch die Motorsteuerung **80**.

[0035] [Fig. 2](#) zeigt einen Schnitt entlang der Achse A-A aus [Fig. 1](#). Es sind hier besonders gut die axialen Luftlager **10** und **11** zu erkennen, welche an der Vorderseite des Rotors **1** angeordnet sind. Weiterhin ist das Motorsegment **31** mit seinem Träger **44** zu erkennen. An der Rückseite des Rotors sind die am Stator befestigten Stützrollen **50** und **51** zu erkennen.

[0036] [Fig. 3](#) zeigt den unteren Teil aus [Fig. 2](#) vergrößert dargestellt im Ausschnitt. Es ist hier der Halter **66** für die axiale Stützrolle **51**, welche auf der Welle **61** drehbar gelagert ist, dargestellt. Die Lage-

zung aller Stützrollen kann wahlweise durch Gleitlager oder Kugellager erfolgen.

[0037] Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch die Anordnung aus Fig. 1 am Ort der radialen Stützrolle 54. Diese Stützrolle ist vorzugsweise aus einem Kunststoffmaterial. Sie weist vorzugsweise wenigstens ein Kugellager 74 auf und ist mit der Achse 72 über die Halteplatten 71 und 73 an dem Stator 2 befestigt. Die gesamte Haltevorrichtung für die radiale Stützrolle 54 ist mit dem Bezugszeichen 69 bezeichnet. Weiterhin ist noch die Stützrolle 50 zusammen mit ihrem Halter 65 zu erkennen.

[0038] Fig. 5 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung der Fig. 1 von der Rückseite. Hier sind die axialen Stützrollen 50, 51, 52 in ihren Haltern 65, 66 und 67 deutlich zu erkennen.

Bezugszeichenliste

1	Rotor
2	Stator
3	Drehachse
10, 11, 12	Axiale Hydrostatische Lager
13, 14, 15	Radiale Hydrostatische Lager
30, 31, 32	Motorsegmente des Motors
33	Ringförmiger Teil des Motors
40, 41, 42	Träger der axialen Hydrostatischen Lager
43, 44, 45	Träger der Motorsegmente
50, 51, 52	Axiale Stützrollen
53, 54	Radiale Stützrollen
61, 62	Welle für axiale Stützrollen
65, 66, 67	Halter für axiale Stützrollen
68, 69	Halter für radiale Stützrollen
71, 73	Halteplatten
72	Achse
74	Kugellager
80	Motorsteuerung

Patentansprüche

1. Drehbare Vorrichtung umfassend einen Rotor (1), der gegenüber einem Stator (2) drehbar gelagert ist, umfassend

- wenigstens ein hydrostatisches Lager (13, 14, 15) zur radialen Lagerung des Rotors (1),
- wenigstens ein hydrostatisches Lager (10, 11, 12) zur axialen Lagerung des Rotors (1), und
- einen Motor als Direktantrieb umfassend einen ringförmigen Teil (33) sowie wenigstens ein Motorsegment (30, 31, 32), welches im magnetischen Eingriff mit dem ringförmigen Teil (33) des Motors steht, um ein Drehmoment zu erzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein weiteres Motorsegment vorgesehen ist, welches ausschließlich eine Andruckkraft des Rotors an die axialen hydrostatischen Lager (10, 11, 12) erzeugt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorsegmente des Motors (30, 31, 32) mit dem Stator (2) und der ringförmige Teil des Motors (33) mit dem Rotor (1) verbunden sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorsegmente des Motors (30, 31, 32) mit dem Rotor (1) und der ringförmige Teil des Motors (33) mit dem Stator (2) verbunden sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Motorsteuerung (80) vorgesehen ist, welche die Motorsegmente des Motors derart mit Strom versorgt, dass die Andruckkraft des Rotors an die axialen hydrostatischen Lager (10, 11, 12) einem vorgegebenen Wert entspricht.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Motorsegment wenigstens einen Permanentmagneten aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine axiale Stützrolle (50, 51, 52) vorgesehen ist, die, wenn der Motor die vorgegebene Andruckkraft erreicht, im Abstand zu einer Lauffläche des Rotors steht und im Falle einer zu geringen oder keiner Andruckkraft eine Verschiebung des Rotors weg von den axialen Lagern verhindert.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Motor drei Wicklungssegmente (30, 31, 32) aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass radiale Stützrollen (53, 54) vorgesehen sind.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorsegmente den radialen Lagern (13, 14, 15) in Bezug auf die Drehachse gegenüberliegend angeordnet sind.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein hydrostatisches Lager eine Lauffläche aus Aluminium und wenigstens einen Lagerschuh aus Sintergraphit aufweist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Luftzufuhrsysteme zur Speisung der hydrostatischen Lager vorgesehen sind, welche zumindest getrennte Drucktanks und optional getrennte Kompressoren aufweisen.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kompressor vorgesehen ist, der durch die Rotationsbewegung des Rotors angetrieben wird.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung beim Ausfall der Stromversorgung des Kompressors zum Betrieb wenigstens eines Teils des Antriebsmotors als Generator zur Speisung des Kompressors ausgelegt ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Motorsegment des Motors ausschließlich zur Stromversorgung des Kompressors und nicht zum Antrieb der drehbaren Vorrichtung vorgesehen ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG 2 A-A

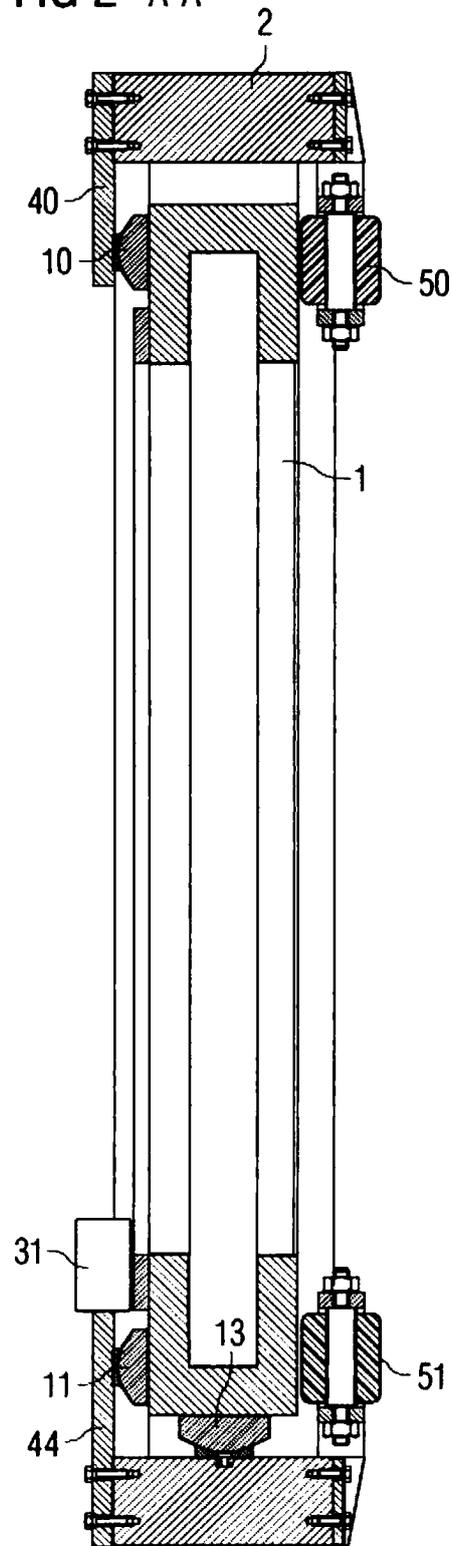


FIG 3

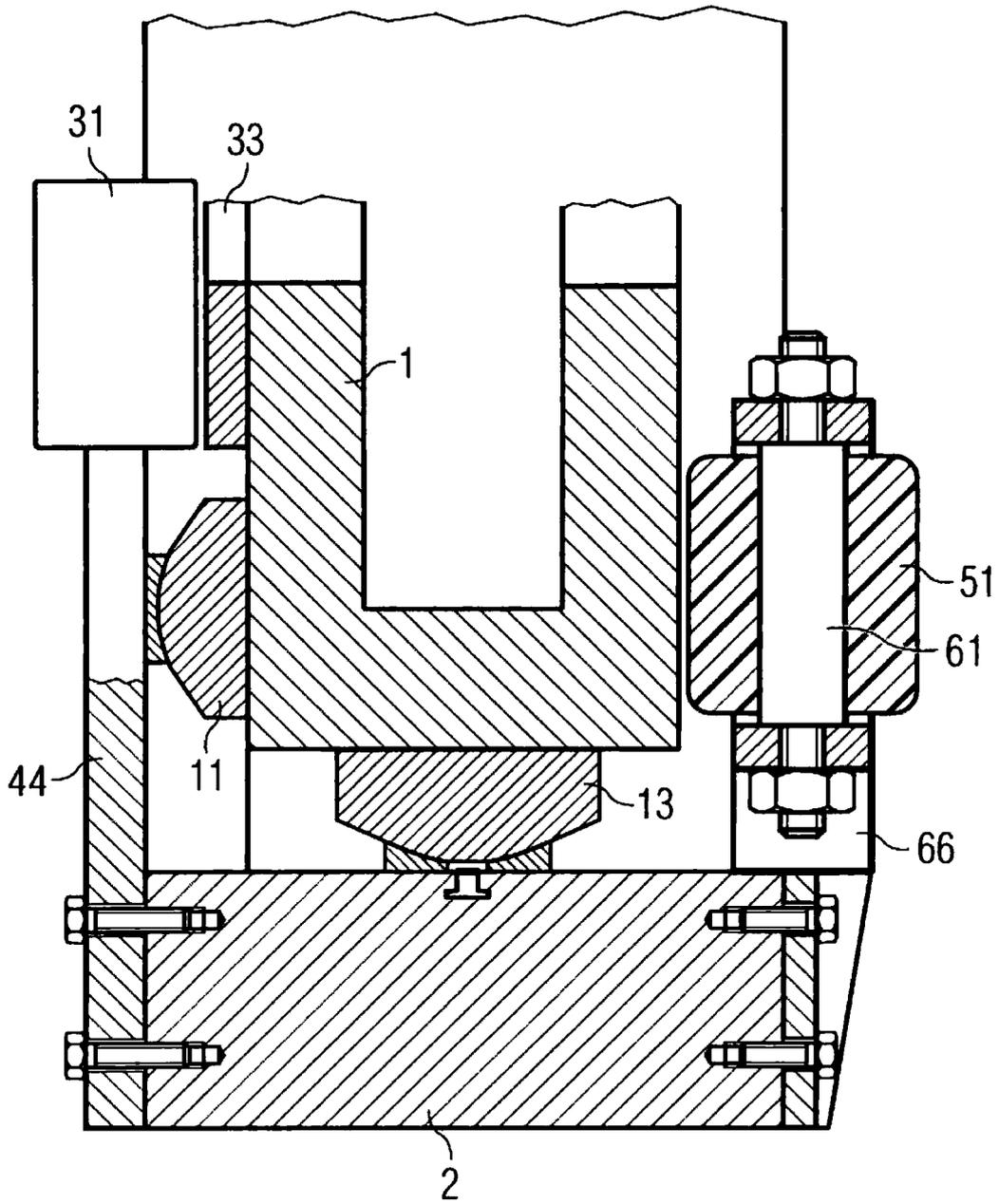


FIG 4 B-B

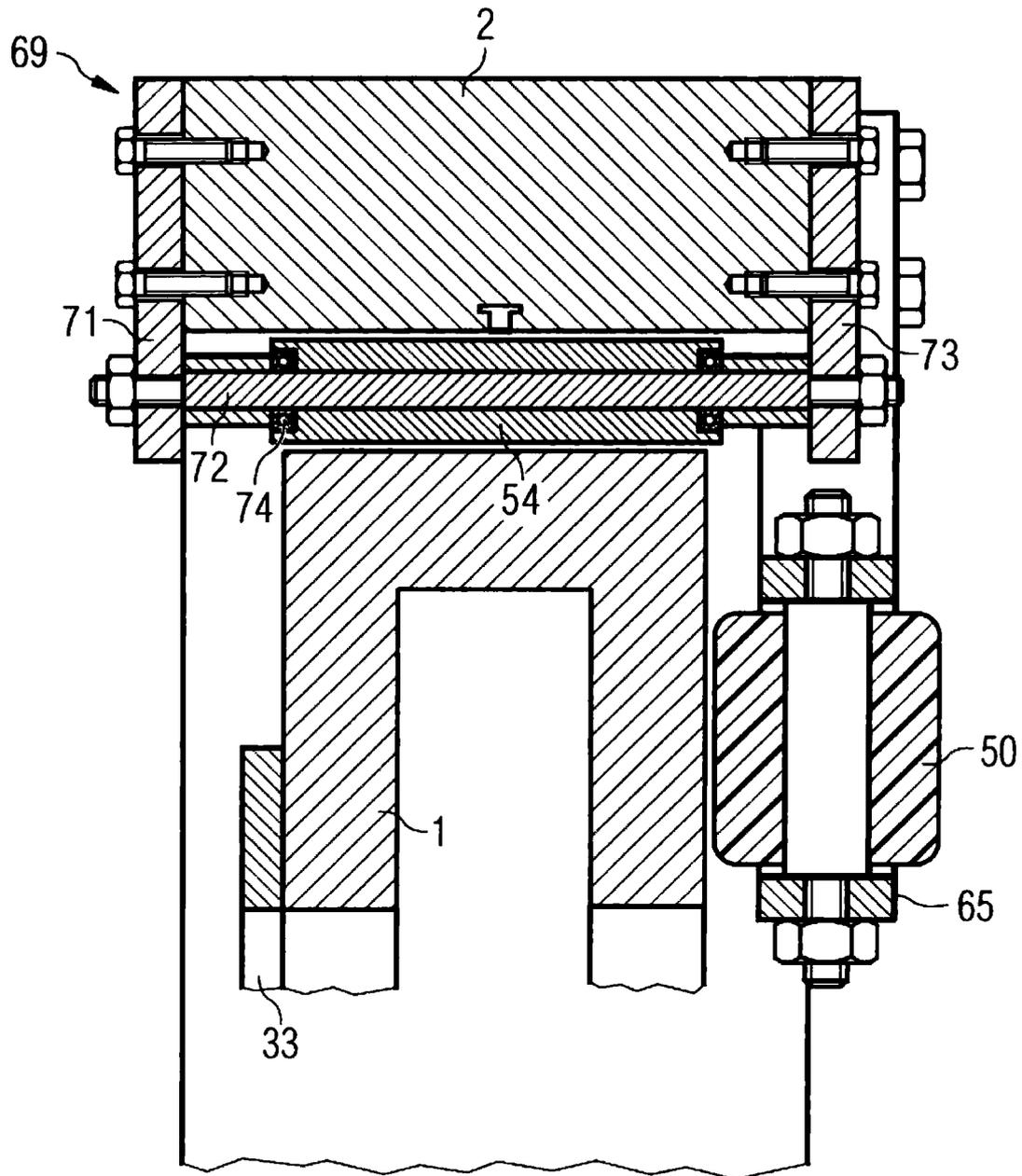


FIG 5

