



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 20 973 B4 2006.04.27**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 20 973.5**
 (22) Anmeldetag: **09.05.2003**
 (43) Offenlegungstag: **02.12.2004**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **27.04.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01M 1/36 (2006.01)**
G01M 1/32 (2006.01)
G01M 1/38 (2006.01)
G01N 23/06 (2006.01)
A61B 6/03 (2006.01)

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. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

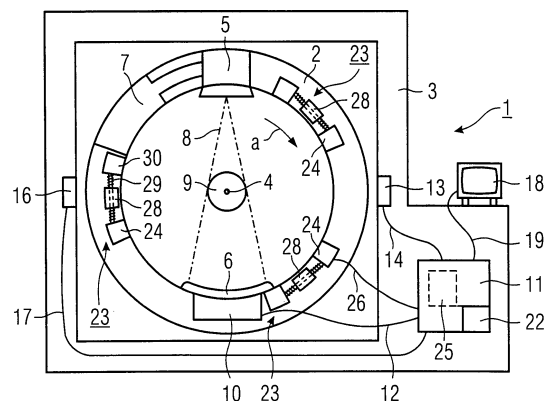
(72) Erfinder:
Hoheisel, Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE; Müller, Hans-Jürgen, 91362 Pretzfeld, DE; Müller, Norbert, Dr., 91362 Pretzfeld, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 44 44 992 C2
DE 197 17 692 A1
DE 197 11 726 A1
DE 195 08 792 A1
DE 101 08 065 A1
DE 41 31 142 A1
DE 40 26 881 A1
DE 35 09 089 A1
DE 33 09 387 A1

DE 32 48 085 A1
DE 31 02 726 A1
DE 6 95 245
US 54 60 017 A
US 51 09 397 A
US 40 75 909
US 32 82 127
US 29 15 901
EP 12 19 849 A2
EP 06 44 253 A2
EP 4 09 050 A2
WO 98/01 733 A1
WO 01/98 745 A1
JP 03-2 61 500 A
JP 2001-0 99 739 A
SU 17 71 893 A1
Physik in unserer Zeit, Jg.32, Nr.3, 2001, S.122-127;

(54) Bezeichnung: **Bildgebendes Tomographie-Gerät und Verfahren zur Verminderung einer Unwucht an einem Tomographie-Gerät**

(57) Hauptanspruch: Bildgebendes Tomographie-Gerät, insbesondere Röntgen-Computertomographie-Gerät oder Ultraschalltomographie-Gerät, mit einem um eine Rotationsachse (4) rotierbaren Messsystem (2) und mit einer Ausgleichseinrichtung (23; 45) zur Verminderung einer bei dem Messsystem (2) festgestellten Unwucht (61), wobei die Ausgleichseinrichtung (23; 45) aufweist
 a) einen flüssigkeitsbefüllbaren Ringkanal (31; 71; 81, 83, 85),
 b) Mittel zum Ermitteln der Unwucht (61) und Mittel zum Berechnen einer die Unwucht (61) ausgleichenden Masse,
 c) einen Vorratsbehälter (33, 35; 47) zum Aufnehmen einer magneto-rheologischen und/oder elektro-rheologischen Flüssigkeit (F) der zum Austausch einer von der ausgleichenden Masse abhängigen Menge in den Ringkanal (31; 71; 81, 83, 85) mit diesem flüssigkeitsdicht verbindbar ist und
 d) Feldmittel zur Erzeugung eines magnetischen und/oder elektrischen Feldes im Ringkanal (31; 71; 81, 83, 85) aufweist, so dass die Viskosität der eingefüllten Flüssigkeit zur Verminderung der Unwucht (61) durch Einwirkung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes erhöhbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der bildgebendes Tomographie-Geräte, insbesondere auf dem Gebiet der Medizintechnik.

[0002] Die Erfindung bezieht sich auf ein bildgebendes Tomographie-Gerät, insbesondere Röntgen-Computertomographie-Gerät oder Ultraschalltomographie-Gerät, mit einem um eine Rotationsachse rotierbaren Messsystem und mit einer Ausgleichseinrichtung zur Verminderung einer bei dem Messsystem festgestellten Unwucht.

[0003] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Verminderung einer Unwucht an einem um eine Rotationsachse rotierbaren Messsystem eines Tomographie-Geräts, wobei das Tomographie-Gerät einen flüssigkeitsbefüllbaren, auf der Rotationsachse zentrierten Ringkanal aufweist.

[0004] Bei Tomographie-Geräten mit einem schnell rotierenden Messsystem führen vorhandene oder im Laufe des Betriebs auftretende Unwuchten zu einer Reihe unerwünschter Erscheinungen. Diese reichen von unerwünschter Geräusentwicklung über übermäßigen Lagerverschleiß und vor allem bis hin zu Störungen der Bildgebung.

Stand der Technik

[0005] Aus DE 101 08 065 A1 ist ein Computertomograph bekannt, der Mittel zum Ermitteln einer Unwucht des Messsystems der Gantry und Mittel zum Berechnen der Stelle oder derjenigen Stellen am Messsystem der Gantry aufweist, an der ein Gewicht bzw. an denen Gewichte zum Ausgleich der Unwucht angeordnet werden sollen. Bei einem Computertomograph mit einer derart integrierten Einrichtung zur Ermittlung einer Unwucht ist es möglich, die Unwucht automatisch, zum Beispiel jedes Mal, wenn das Tomographiegerät in Betrieb kommt, zu überprüfen.

[0006] Aus dem Bereich des Maschinenbaus, insbesondere des Werkzeugmaschinenbaus, sind auch Einrichtungen bekannt, welche eine Beseitigung der festgestellten Unwucht, also ein sogenanntes Auswuchten, automatisch durchführen, ohne dass hierzu ein manuelles Anbringen von Ausgleichsgewichten erforderlich wäre. So sind zum Beispiel Ausgleichseinrichtungen bekannt, welche einen um die Rotationsachse zentrierten Ringkanal aufweisen, in welchem mehrere Kugeln frei beweglich sind. Entsprechende Ausgleichseinrichtungen sind beschrieben in US 3,282,127, WO 98/01733 A1, US 5,460,017 A, DE 35 09 089 A1 oder US 4,075,909.

[0007] Eine Vorrichtung zum Unwuchtausgleich mit einem linear verstellbaren Ausgleichsgewicht ist in DE 197 11 726 A1 beschrieben. Für das Ausgleichs-

gewicht ist eine magnetisch betätigbare Stelleinrichtung vorhanden, die insbesondere eine magneto-rheologische Flüssigkeit aufweist.

[0008] Magnet-rheologische und elektro-rheologische Flüssigkeiten sind beispielsweise beschrieben in EP 1 219 849 A2 oder in EP 0 644 253 A2. Es handelt sich dabei um Suspensionen oder Emulsionen kleiner Partikel in Öl oder in einer anderen Basisflüssigkeit, wobei die Partikel bestimmte elektrische oder magnetische Eigenschaften aufweisen. Bei Anlegen eines elektrischen und/oder eines magnetischen Feldes ändert sich die Erscheinungsform der rheologischen Flüssigkeit reversibel. Im feldbeaufschlagten Zustand verfestigt sich die Flüssigkeit bis hin zur Starrheit, das heißt, ihre Viskosität steigt.

[0009] Von den elektro- bzw. magneto-rheologischen Flüssigkeiten zu trennen sind die rein magnetischen Flüssigkeiten, die auch als Ferrofluide bezeichnet werden. Dabei handelt es sich in der Regel um eine kolloidale Lösung kleiner ferromagnetischer Partikel in einer Basisflüssigkeit. Wenn die magnetische Flüssigkeit in die Nähe eines Magneten gebracht wird, wird die gesamte Flüssigkeit zum Magneten hingezogen und verhält sich, als wäre die gesamte Flüssigkeit ferromagnetisch. Derartige magnetische Flüssigkeiten sind beispielsweise beschrieben in EP 0 644 253 A2 oder in einem Fachartikel von Stefan Odenbach, erschienen in "Physik in unserer Zeit", 32, 2001, Seiten 122 – 127: „Ferrofluide – ihre Grundlagen und Anwendungen“. Ferrofluide werden häufig als Dichtmittel eingesetzt.

[0010] Es sind auch Vorschläge gemacht worden, Flüssigkeiten, insbesondere rheologische Flüssigkeiten, nicht nur als Stellmittel zum automatischen Unwuchtausgleich zu verwenden, sondern die Flüssigkeit selbst als Ausgleichsmasse zu verwenden. Eine entsprechende Auswuchtvorrichtung nach Le Blanc erwähnt DE 35 09 089 A1. In dieser Schrift sind auch Anordnungen von Kugeln in zähen Flüssigkeiten offenbart.

[0011] In dem Abstract der japanischen Patentanmeldung JP 03261500 A ist eine sich automatisch auswuchtende Waschmaschine offenbart. Deren Ausgleichseinrichtung weist einen mit einer magnetischen Flüssigkeit gefüllten geschlossenen Ringkanal auf. In dem Ringkanal sind über dessen Umfang verteilt mehrere Elektromagnete vorhanden, die jeweils gesondert ansteuerbar sind. Von einer gesonderten Unwuchtermittlungseinheit wird eine Stärke und eine Position der Unwucht ermittelt. Nach einem Stop der Waschmaschine werden selektiv ein oder mehrere Elektromagnete aktiviert. Dadurch bewegt sich die magnetische Flüssigkeit in Richtung der aktivierten Magnete und sammelt sich dort an, wodurch die Unwucht für die nachfolgende Wiederinbetriebnahme der Waschmaschine vermindert ist. Aufgrund der be-

grenzten Reichweite jeglicher Elektromagnete hat diese Ausgleichseinrichtung den Nachteil, dass sie nur bei vertikaler Drehachse, also bei horizontal liegendem Ringkanal, anwendbar ist. Außerdem ist bedingt durch die begrenzte Anziehungskraft der Magneten und deren begrenzter Fähigkeit, die angezogene Flüssigkeit im nachfolgenden Betriebszustand zu halten, die Stärke oder Masse der auszugleichenden Unwucht nach oben hin begrenzt. Im nachfolgenden rotierenden Betriebszustand bewirken die Zentrifugalkräfte außerdem durch Zerfließen des angezogenen Flüssigkeitsberges eine der magnetischen Haltekraft entgegengesetzte Kraft. Das Einbringen einer Flüssigkeit, die auch im rotierenden Betriebszustand im flüssigen Aggregatzustand verbleibt, erfüllt außerdem für viele Anwendungen nicht die Anforderungen an die Betriebssicherheit, beispielsweise gegenüber Restvibrationen oder Erschütterungen, oder gar Auslaufen bei einer Störung.

[0012] Aus SU 1771893 A1 ist eine Ausgleichsvorrichtung für einen Hochgeschwindigkeitsfräser bekannt. Dieser Fräser weist in seiner Frässhälfte einen durch eine Ausnehmung gebildeten Ringkanal auf, der mit einer ferromagnetischen Flüssigkeit gefüllt ist. In dem so in der Frässhälfte gebildeten geschlossenen Hohlraum sind über den Umfang verteilt mehrere in radialer Richtung ausgerichtete Elektromagnete als Quelle für ein gleichmäßiges magnetisches Feld angebracht. Der Fräser funktioniert wie folgt: Im Anfangszustand liegt keine Spannung an den Spulen der Elektromagnete an, so dass sich die ferromagnetische Flüssigkeit im flüssigen Zustand befindet und gleichmäßig über die untere Oberfläche des horizontal liegenden Ringkanals zerfließt. Nach Starten der Rotation bewegt sich die ferromagnetische Flüssigkeit unter Wirkung der Fliehkraft von der Drehachse des Fräsers aus zu der stirnseitigen Wand des Ringkanals. Unter dem Einfluss der Unwucht verteilt sich die Ausgleichsmasse ungleichmäßig und strebt die Schwingungen und die Unwucht auszugleichen an. Nach Einstellen eines stabilen Laufs wird an den Spulen eine Spannung angelegt. Dadurch entsteht ein Magnetfeld, unter dessen Wirkung sich die ferromagnetische Flüssigkeit verfestigen soll. Der Fräser ist betriebsbereit.

[0013] Auch die in der SU 1771893 A1 beschriebene Vorrichtung hat den Nachteil, dass nur geringfügige Unwuchten, beispielsweise verursacht durch einen fehlenden Zahn am Fräser, beseitigbar sind. Mit anderen Worten: Der Dynamikbereich der Ausgleichsvorrichtung ist gering. Der gemäß der SU-Schrift verfolgte passive Ausgleichsmechanismus, bei welchem die Ausgleichsmasse quasi selbsttätig die Unwucht auszugleichen versuchen soll, erlaubt – soweit er überhaupt verlässlich funktioniert – nur geringe Unwuchten auszugleichen.

[0014] In WO 2001/98745 A1 wird eine Flüssigkeit

mit Salzionen als Ausgleichsmasse zum Ausgleich einer Unwucht einer Drehvorrichtung offenbart. Bei der bekannten Ausgleichsvorrichtung werden die Salzionen unter Einwirkung eines elektrischen Feldes um den Umfang der Drehvorrichtung verteilt und durch die erzeugten elektrischen Feldkräfte in der Ausgleichsposition gehalten.

[0015] In DE 32 48 085 A1 und JP 2001 099739 A ist eine Vorrichtung zum Auswuchten rotierender Systeme offenbart, bei der ein magnetisches bzw. elektrisches Fluid bei Einwirkung eines magnetischen bzw. elektrischen Feldes zur Kompensation der Unwucht die scheinbare Dichte verändert.

Aufgabenstellung

[0016] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein bildgebendes Tomographie-Gerät und ein Verfahren zum "Auswuchten" eines Tomographie-Geräts anzugeben, mit welchen die Qualität der Bildgebung verbesserbar ist.

[0017] Die vorrichtungsbezogene Aufgabe wird durch ein bildgebendes Tomographie-Gerät, insbesondere Röntgen-Computertomographie-Gerät oder Ultraschalltomographie-Gerät, gelöst, welches ein um eine Rotationsachse rotierbares Messsystem und eine Ausgleichseinrichtung zur Verminderung einer bei dem Messsystem festgestellten Unwucht umfasst, wobei die Ausgleichseinrichtung aufweist

- a) einen flüssigkeitsbefüllbaren Ringkanal,
- b) Mittel zum Ermitteln der Unwucht und Mittel zum Berechnen einer die Unwucht ausgleichenden Masse,
- c) einen Vorratsbehälter zum Aufnehmen einer magneto-rheologischen und/oder elektro-rheologischen Flüssigkeit der zum Austausch einer von der ausgleichenden Masse abhängigen Menge in den Ringkanal mit diesem flüssigkeitsdicht verbindbar ist und
- d) Feldmittel zur Erzeugung eines magnetischen und/oder elektrischen Feldes im Ringkanal, so dass die Viskosität der eingefüllten Flüssigkeit zur Verminderung einer Unwucht durch Einwirkung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes erhöhbar ist.

[0018] Der Ringkanal ist vorzugsweise auf der Rotationsachse zentriert. Er ist insbesondere befüllbar, etwa durch eine Injektionsöffnung.

[0019] Der Vorratsbehälter kann auch als Ausgleichsbehälter fungieren. Vorzugsweise ist der Vorratsbehälter bezüglich des Ringkanals radial weiter innen liegend angebracht, um Auswirkungen eventueller Unwuchten im Vorratsbehälter zu minimieren.

[0020] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des Tomographie-Geräts ist der Vorratsbehälter ringför-

mig ausgebildet, wobei der Vorratsbehälter vorzugsweise auf der Rotationsachse zentriert ist. Ein derartig ringförmiger Vorratsbehälter hat den Vorteil, dass bei einem Flüssigkeitsaustausch mit dem Ringkanal durch den veränderlichen Inhalt im Vorratsbehälter keine Unwucht erzeugt wird. Die verbleibende Flüssigkeit im Vorratsbehälter kann durch die Zentrifugalkraft nämlich gleichmäßig über den Umfang des Vorratsbehälters verteilt werden.

[0021] Nach einer anderen bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Ausgleichseinrichtung einen weiteren Vorratsbehälter, der ebenfalls mit dem Ringkanal flüssigkeitsdicht verbindbar ist und der vorzugsweise dem anderen Vorratsbehälter diametral gegenüber und insbesondere in gleichem radialen Abstand angeordnet ist. Diese Ausführungsform bietet den Vorteil, dass die zum Ausgleich der ermittelten Unwucht erforderliche Flüssigkeitsmenge, die in den Ringkanal zu transferieren ist, zu gleichen Teilen aus den beiden Vorratsbehältern entnehmbar ist, so dass auch hierbei durch den veränderlichen Inhalt in den beiden Vorratsbehältern keine nennenswerte Unwucht durch die Vorgänge in den – vorzugsweise ohnehin radial weiter innen liegenden – Vorratsbehältern erzeugt werden.

[0022] Bei nicht exakt diametral und in radial gleichem Abstand gegenüberliegenden Vorratsbehältern kann eine geringfügige Unwucht durch die Vorratsbehälter entstehen, die aber bei bekannter Position der beiden Vorratsbehälter von einem den automatischen Unwuchtausgleich steuernden Computer von vorneherein in die Berechnung der erforderlichen Ausgleichsmasse einbeziehbar ist, so dass im Ergebnis die festgestellte Unwucht dennoch vollständig beseitigbar ist.

[0023] Nach einer ganz besonders bevorzugten Ausgestaltung weist die Ausgleichseinrichtung wenigstens einen weiteren Ringkanal auf, der konzentrisch zu dem ersten Ringkanal und in Richtung der Rotationsachse von dem ersten Ringkanal beabstandet angeordnet ist. Damit lässt sich nicht nur eine azimutale Unwucht des Tomographie-Geräts, sondern auch eine in axialer Richtung auftretende Unwucht, beseitigen.

[0024] Der eine Ringkanal und/oder jeder weitere Ringkanal kann als Ringrohr, als Ringröhre oder als – starrer oder teilflexibler – Ringschlauch ausgebildet sein.

[0025] Zwischen dem Ringkanal und dem Vorratsbehälter ist vorzugsweise ein Verschlusselement zur Unterbindung des Flüssigkeitsaustausches zwischen dem Ringkanal und dem Vorratsbehälter angebracht. Das Verschlusselement ist insbesondere von einem den automatischen Unwuchtausgleich steuernden Computer aktivierbar.

[0026] Falls bei einer erneuten automatischen Wuchtung Flüssigkeit wieder aus dem Ringkanal herausgebracht werden muss, bestehen mehrere Möglichkeiten, wovon bevorzugte nachfolgend wiedergegeben werden:

Die Ausgleichseinrichtung kann ein von dem Ringkanal radial nach außen führendes Leitungsstück zur Abfuhr von Flüssigkeit aus dem Ringkanal aufweisen. Dies ist wegen der in der Regel horizontalen (virtuellen) Rotationsachse, also wegen des vertikal stehenden Ringkanals, möglich, weil bei einer Positionierung des nach außen führenden Leitungselements in seiner geodätisch tiefsten Position die Flüssigkeit den Ringkanal selbsttätig verlässt. Von dem nach außen führenden Leitungsstück kann die Flüssigkeit beispielsweise über ein weiteres Leitungsstück wieder in den Ausgleichsbehälter oder in einen der Ausgleichsbehälter zurückgeführt werden, insbesondere nachdem das nach außen führende, nunmehr mit Flüssigkeit gefüllte Leitungselement in eine geodätisch weiter oben liegende Position gebracht wird, von wo aus die Flüssigkeit selbsttätig in den Ausgleichsbehälter zurückläuft.

[0027] Alternativ oder zusätzlich kann der Ausgleichseinrichtung eine auf den Ringkanal einwirkbare Saugpumpe zur Abfuhr von Flüssigkeit aus dem Ringkanal zugeordnet sein.

[0028] Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausgestaltungen betreffend die Feldmittel beschrieben:

Das Feld im Ringkanal ist vorzugsweise mit entlang des Ringkanals veränderlicher Stärke erzeugbar.

[0029] Ebenfalls bevorzugt umfassen die Feldmittel eine Vielzahl entlang des Ringkanals aufgereihter, gesondert mit Spannung beaufschlagbarer Elektroden, die vorzugsweise flächig am Ringkanal anliegen. Ein derart ausgestaltetes Tomographie-Gerät ist besonders zum Betrieb mit einer elektro-rheologischen Flüssigkeit geeignet.

[0030] Die Feldmittel können auch eine Vielzahl entlang des Ringkanals aufgereihter, gesondert mit Strom beaufschlagbarer Spulen umfassen. Diese Variante eignet sich besonders zum Betrieb mit einer magneto-rheologischen Flüssigkeit.

[0031] Allgemein gesagt umfassen die Feldmittel eine Aufreihung von gesondert aktivierbaren Feldelementen entlang des Ringkanals.

[0032] Die Spulen sind vorzugsweise jeweils um den Ringkanal gewickelt.

[0033] Im Hinblick auf die hohe geforderte Betriebssicherheit im Falle eines Ausfalles der die Feldmittel versorgenden Stromversorgung oder des zugehörigen Stromnetzes ist es von besonderem Vorteil, falls

die Feldmittel eine Vielzahl entlang des Ringkanals aufgereihter Permanentmagnete umfassen. Ein lokal variables Beaufschlagen des Ringkanals mit einem veränderlichen Magnetfeld kann beispielsweise realisiert werden, indem die Permanentmagnete von den genannten Spulen magnetisierbar und/oder entmagnetisierbar sind.

[0034] Die oben genannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung und bezogen auf das eingangs genannte Verfahren außerdem dadurch gelöst, dass

- a) eine Masse einer die Unwucht ausgleichenden Flüssigkeitsmenge ermittelt wird,
- b) in den Ringkanal eine magneto-rheologische und/oder eine elektro-rheologische Flüssigkeit in einer Menge eingebracht wird, so dass für den nachfolgenden Betrieb des Tomographie-Geräts eine von der ermittelten Masse abhängige Menge an Flüssigkeit im Ringkanal vorhanden ist, und
- c) für den nachfolgenden Betrieb des Tomographie-Geräts die Viskosität der eingefüllten Flüssigkeit durch Einwirkung eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes erhöht wird.

[0035] Im Gegensatz zu bekannten Verfahren wird bei dem Verfahren nach der Erfindung also nicht von einer konstanten Flüssigkeitsmenge im Ringkanal ausgegangen. Vielmehr wird die Menge der Flüssigkeit im Ringkanal abhängig von der ermittelten Unwucht durch Flüssigkeitsaustausch angepasst. Dadurch lassen sich sowohl Unwuchten von wenigen Gramm als auch Unwuchten bis hin zu vielen Kilogramm ausgleichen.

[0036] Unter einem Flüssigkeitsaustausch wird in Zusammenhang mit der Erfindung sowohl eine Flüssigkeitszufuhr als auch eine Flüssigkeitsabfuhr in den Ringkanal bzw. aus diesem heraus verstanden.

[0037] Das Tomographie-Gerät mit der Ausgleichseinrichtung ist insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung geeignet. Bezüglich des Tomographie-Geräts erwähnte Vorteile und Ausgestaltungen gelten für das Verfahren analog.

[0038] Als Ringkanal wird im Zusammenhang mit der Erfindung jegliches geschlossene oder abschließbare Flüssigkeitsvolumen verstanden, das im Wesentlichen in Umfangsrichtung um die Rotationsachse verläuft und somit zumindest in einer Blickrichtung parallel zur Rotationsachse im Wesentlichen ringförmig ist. Der Ringkanal kann als Ringausnehmung oder als gesondert eingebrachte Ringröhre, beispielsweise als Ringschlauch oder als Ringrohr runden oder eckigen Querschnitts ausgebildet sein.

[0039] Nach einer bevorzugten Ausführungsform enthält die magneto-rheologische bzw. elektro-rheologische Flüssigkeit Partikel, die in einem elektrischen und/oder in einem magnetischen Feld polari-

sierbar sind. Eine derartige rheologische Flüssigkeit ist für den Rotationsbetrieb des Tomographie-Geräts besonders gut stabilisierbar und außerdem besonders definiert und gezielt an einer bestimmten Umfangsposition fixierbar.

[0040] Nach einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens werden die Schritte a) bis c) während der Betriebszeit, der Lebensdauer, der Standzeit oder der Verfügbarkeitszeit des Tomographie-Geräts wiederholt, um eine zwischenzeitlich veränderte Unwucht auszugleichen.

[0041] Das Verfahren nach der Erfindung eignet sich sowohl für eine Betriebsweise, bei welcher sich die Flüssigkeit selbsttätig in eine zum Ausgleich der Unwucht erforderliche azimutale Position bewegt, als auch für eine Betriebsweise, bei welcher die Flüssigkeit aktiv an einer zum Ausgleich der Unwucht erforderlichen, zuvor ermittelten Position positioniert wird.

[0042] Im Hinblick auf die erstgenannte Vorgehensweise wird das Tomographie-Gerät bevorzugt in derart schnelle Rotation versetzt, insbesondere mit einer Rotationsfrequenz oberhalb der Resonanzfrequenz, dass sich die in den Ringkanal eingebrachte Flüssigkeit selbsttätig an eine zum Ausgleich der Unwucht erforderliche azimutale Position bewegt. Bei dieser Betriebsweise kann das elektrische und/oder magnetische Feld durch entsprechende Feldmittel gleichmäßig über den gesamten Umfang des Ringkanals eingeschaltet werden. Ein selektiv lokales, an einer bestimmten azimutalen Position stattfindendes Einschalten des Feldes ist nicht erforderlich.

[0043] Bezugnehmend auf die oben zweitgenannte Vorgehensweise wird nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform bei dem Verfahren nach der Erfindung zusätzlich zu der Masse auch eine Position der die Unwucht ausgleichenden Flüssigkeitsmenge ermittelt, und es wird die in den Ringkanal eingebrachte Flüssigkeit unter Verwendung der ermittelten Position in azimutale Richtung im Ringkanal positioniert, das heißt insbesondere fixiert.

[0044] Nachfolgend werden drei Varianten beschrieben, gemäß derer die eingebrachte Flüssigkeit vorzugsweise in die gewünschte azimutale Position gebracht wird:

- i) Wegen der in der Regel horizontalen Rotationsachse des Messsystems des Tomographie-Geräts kann die eingebrachte Flüssigkeit an die ermittelte Position gebracht werden, indem das Messsystem derart positioniert wird, dass es mit der ermittelten Position in der geodätisch tiefsten Stelle zu liegen kommt, so dass sich die eingebrachte Flüssigkeit dort sammelt. Der Ringkanal ist also hierbei nur teilweise mit Flüssigkeit gefüllt, wobei vorzugsweise nur eine Flüssigkeitsmenge entsprechend einer zuvor ermittelten für den Aus-

gleich nötigen Masse (Schritt a) des obigen Verfahrens) injiziert wird.

Das Einschalten des Feldes für den nachfolgenden Rotationsbetrieb des Tomographie-Geräts kann dann bei dieser Variante lokal an der ermittelten Position oder gleichmäßig über den gesamten Umfang verteilt geschehen.

Das lokale Einschalten des Feldes hat den Vorteil, dass über einen zusätzlichen Parameter ein weiterer Freiheitsgrad bei der präzisen Positionierung und Fixierung der eingebrachten Flüssigkeit im Ringkanal geschaffen wird. Schon bei geringem Rechenaufwand sind damit präzise Ergebnisse möglich. Andererseits kann man – insbesondere im Fall der über den Umfang gleichmäßig verteilten Feldaktivierung – die Form des sich an der geodätisch tiefsten Stelle ansammelnden Flüssigkeitssees in die Berechnung der Flüssigkeitsmasse miteinbeziehen, so dass auf eine lokale Feldaktivierung für viele Anwendungsbereiche verzichtet werden kann.

ii) Das Tomographie-Gerät kann auch derart in Rotation versetzt werden, dass die eingebrachte Flüssigkeit infolge der Zentrifugalkraft entlang des Ringkanals verteilt wird. Die eingebrachte Flüssigkeit wird dann an der ermittelten Position durch Einwirkung des elektrischen bzw. magnetischen Feldes lokal verfestigt, wobei das Feld in einer der ermittelten Masse äquivalenten Stärke und/oder mit einem der ermittelten Masse äquivalenten Wirkvolumen auf die Flüssigkeit einwirkt.

Zur lokalen Verfestigung können mehrere entlang des Umfangs des Ringkanals aufgereichte Feldmittel vorhanden sein. Beispielsweise ist durch die Anzahl der aktivierten Feldelemente das Wirkvolumen beeinflussbar.

iii) Eine Verteilung entlang des Ringkanals kann auch vorgenommen werden, indem zunächst weitestgehend das gesamte Volumen des Ringkanals – insbesondere druckgetrieben – mit Flüssigkeit gefüllt wird. Die lokale Verfestigung geschieht dann wie unter ii).

[0045] Nach einer anderen bevorzugten Weiterbildung wird nach lokaler Verfestigung der Flüssigkeit und vor dem nachfolgenden Betrieb des Tomographie-Geräts ein verbliebener nicht verfestigter Anteil der Flüssigkeit aus dem Ringkanal entfernt. Es kann also zunächst eine Übermenge an Flüssigkeit in den Ringkanal eingefüllt werden. Das Entfernen einer überschüssigen Flüssigkeitsmenge kann auch sukzessive geschehen, wobei in jedem Schritt die Feldstärke oder das Wirkvolumen variiert werden, bis ein optimales Auswuchtergebnis erreicht ist.

[0046] Im Hinblick auf den nötigen Bauraum eines Vorratsbehälters, aus dem die Flüssigkeit für den Ringkanal entnommen wird, ist es vorteilhaft, den Ringkanal gleich zu Beginn des Auswuchtvorgangs nur teilweise mit einer Flüssigkeitsmenge entspre-

chend der oder in Abhängigkeit von einer zuvor ermittelten für den Ausgleich nötigen Masse (Schritt a) des obigen Verfahrens) zu befüllen.

Ausführungsbeispiel

[0047] Mehrere Ausführungsbeispiele des Verfahrens und des Tomographie-Geräts nach der Erfindung werden nachfolgend anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 10](#) näher erläutert. Es zeigen:

[0048] [Fig. 1](#) ein erstes Ausführungsbeispiel eines Tomographie-Geräts nach der Erfindung,

[0049] [Fig. 2](#) ein zweites Ausführungsbeispiel eines Tomographie-Geräts nach der Erfindung,

[0050] [Fig. 3](#) ein drittes Ausführungsbeispiel eines Tomographie-Geräts nach der Erfindung in einem ersten Betriebszustand,

[0051] [Fig. 4](#) das Tomographie-Gerät gemäß [Fig. 2](#) in einem anderen Betriebszustand,

[0052] [Fig. 5](#) das Tomographie-Gerät gemäß [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) in einem weiteren Betriebszustand,

[0053] [Fig. 6](#) ein viertes Ausführungsbeispiel eines Tomographie-Geräts nach der Erfindung,

[0054] [Fig. 7](#) ein fünftes Ausführungsbeispiel eines Tomographie-Geräts nach der Erfindung,

[0055] [Fig. 8](#) ein sechstes Ausführungsbeispiel eines Tomographie-Geräts nach der Erfindung,

[0056] [Fig. 9](#) ein Detail der vorgenannten Ausführungsbeispiele betreffend Mittel zur Erzeugung eines elektrischen Feldes und

[0057] [Fig. 10](#) ein Detail der vorgenannten Ausführungsbeispiele betreffend die Erzeugung eines magnetischen Feldes.

[0058] [Fig. 1](#) zeigt als rotierbare Vorrichtung ein Röntgen-Computertomographiegerät. Das Tomographie-Gerät **1** umfasst als rotierbares Teil der Gantry ein Messsystem **2**, wobei dieses Messsystem **2** in einem stationären Gehäuse **3** um eine virtuelle horizontale Rotationsachse **4** senkrecht zur Zeichenebene umlauffähig ist. Auf dem Messsystem **2** sind mehrere Komponenten angeordnet, nämlich eine Röntgenstrahlenquelle **5**, ein der Röntgenstrahlenquelle **5** gegenüberliegender Strahlungsdetektor **6** und eine nur schematisch angedeutete Kühleinrichtung **7** zur Abfuhr von Wärme, die von einer Röntgenröhre der Röntgenstrahlenquelle **5** im Betrieb des Tomographie-Geräts **1** erzeugt wird. Im Betrieb des Tomographie-Geräts **1** rotiert das Messsystem **2** um die Rotationsachse **4**, wobei ein von der Röntgenstrahlen-

quelle **5** ausgehendes fächerförmiges Röntgenstrahlenbündel **8** ein Messfeld **9** unter verschiedenen Projektionswinkeln durchdringt und auf den Strahlungsdetektor **6** trifft. Aus den dabei auftretenden Ausgangssignalen des Strahlungsdetektors **6** bildet ein Datenverarbeitungsgerät **10** Messwerte, die einem Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** des Tomographie-Geräts **1** zugeführt sind. Der Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** berechnet daraus ein Bild von einem sich in dem Messfeld **9** befindenden, nicht explizit dargestellten Patienten. Das Datenverarbeitungsgerät **10** ist über eine Datenstrecke **12**, die in nicht dargestellter Weise beispielsweise ein Schleifringssystem oder eine drahtlose optische Übertragungsstrecke enthält, mit dem Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** verbunden. Auch die elektrischen Anschlüsse der Röntgenstrahlenquelle **5** und des Strahlungsdetektors **6** können in an sich bekannter Weise über Schleifringe bewerkstelligt sein.

[0059] Um aus den Messwerten Bilder rekonstruieren zu können, ist an dem Gehäuse **3** des Tomographie-Geräts ein Positionsaufnehmer **13** angeordnet, der im Betrieb des Messsystems **2** ständig die Position dieses rotierenden Messsystems **2** relativ zum Gehäuse **3** erfasst und diese Information mittels einer Leitung **14** dem Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** übermittelt.

[0060] Bei der Fertigung des Tomographie-Geräts **1** entstehen in der Rege Unwuchten im Messsystem **2** sowohl radial als auch axial zur Rotationsachse **4**, so dass das Messsystem **2** nicht exakt bezüglich seiner Rotationsachse **4** rotiert. Derartige Unwuchten entstehen auch im Laufe des Betriebs des Tomographie-Geräts **1**, beispielsweise durch Veränderungen des Kühlmittels in der Kühleinrichtung **7** oder durch Zubau oder Austausch elektronischer oder anderer Komponenten auf dem rotierbaren Messsystem **2**. Derartige Unwuchten sind unerwünscht, da sie zu unscharfen, mit dem Tomographie-Gerät **1** hergestellten Bildern oder auch zu einer Beschädigung der mechanischen Aufhängung führen.

[0061] Das Tomographie-Gerät **1** weist als Mittel zum Ermitteln der Unwucht und als Mittel zum Berechnen einer die Unwucht ausgleichenden Masse und optional einer Position dieser Masse mehrere als Schwingbeschleunigungsaufnehmer ausgebildete Messaufnehmer **16** auf, die über Leitungen **17** mit dem Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** in Verbindung stehen.

[0062] Einer der Messaufnehmer **16** erfasst während der Rotation des Messsystems **2** resultierende Schwingungen in radialer Richtung, wogegen ein anderer Messaufnehmer **16** die während der Rotation des Messsystems **2** sich in axialer Richtung ergebenden Schwingungen erfasst.

[0063] Dem Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11**, auf welchem eine Auswucht-Software installiert ist, ist über eine Leitung **19** ein Monitor **18** zugeordnet, auf welchem das Ergebnis einer Unwuchtermittlung anzeigbar ist. Zum Abspeichern eines solchen Ergebnisses ist ein Speicher **22** vorhanden.

[0064] Der Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** ermittelt die Unwucht des Messsystems **2** automatisch jedes Mal, wenn das Tomographie-Gerät **1** in Betrieb geht.

[0065] Hinsichtlich Einzelheiten der Mittel zum Ermitteln einer Unwucht und der Mittel zum Berechnen einer die Unwucht ausgleichenden Masse wird auf DE 101 08 065 A1 verwiesen, deren Offenbarungsgehalt in die vorliegende Anmeldung explizit miteinbezogen wird, insbesondere hinsichtlich der dort angegebenen Patentansprüche 1 bis 8.

[0066] Bei dem in [Fig. 1](#) dargestellten ersten Ausführungsbeispiel ist zum dynamischen Ausgleich oder zur variablen Beseitigung einer in der [Fig. 1](#) nicht explizit dargestellten Unwucht eine Ausgleichseinrichtung **23** vorhanden, die an mehreren (hier: drei) azimuthal unterschiedlichen, nicht diametral komplementären Positionen elektrisch betätigbare Motoren oder Stellmittel **24** aufweist. Mittels der Stellmittel **24**, die über Datenverbindungen **26** mit einer Steuerungseinrichtung **25** in Kontakt stehen, ist jeweils ein starrer, schwerer und metallischer Ausgleichskörper **28** in tangentialer Richtung bewegbar. Die als funktionelle Gruppe im Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** gebildete Steuerungseinrichtung **25** positioniert die Ausgleichskörper **28** – falls nötig – an eine andere zum Unwuchtausgleich benötigte und zuvor mittels einer an sich bekannten Wuchtsoftware berechnete Stelle. Die Ausgleichskörper **28** sind jeweils entlang und mittels einer von dem betreffenden Stellmittel **24** antreibbaren und in einem azimuthal beabstandeten Gegenlager **30** drehbar gelagerten Gewindestange **29** bewegbar.

[0067] Bei dem in [Fig. 2](#) dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel ist zum dynamischen Ausgleich oder zur variablen Beseitigung der in der [Fig. 2](#) nicht explizit dargestellten Unwucht entlang des Umfangs des Messsystems **2** ein als biegsamer Schlauch ausgebildeter Ringkanal **31** angebracht. Durch die Biegebarkeit des Ringschlauches ist es möglich, diesen um eine beispielhaft eingezeichnete Komponente **32** herumzulegen. Dies ist bei dem dargestellten Tomographie-Gerät **1** von besonderem Vorteil, weil hierbei auf dem Messsystem (Gantry) **2** eine Vielzahl elektrischer und mechanischer Komponenten angeordnet sein muss.

[0068] An dem rotierbaren Messsystem **2** sind ferner zwei mit einer elektro- oder magneto-rheologi-

schen Flüssigkeit F gefüllte Vorratsbehälter **33**, **35** angebracht. Diese liegen einander bezüglich der Rotationsachse **4** symmetrisch und in gleichem Abstand gegenüber. Die Vorratsbehälter **33**, **35** liegen bezüglich des Ringkanals **31** radial weiter innen, so dass in vorteilhafter Weise eine eventuell durch die Vorratsbehälter **33**, **35** erzeugte Unwucht von vorneherein gering gehalten wird. Bei exakt symmetrischer Ausführung der beiden Vorratsbehälter **33**, **35** und bei deren symmetrischem Betrieb ist jedoch auch ein Montageort möglich, der radial bezüglich des Ringkanals **31** weiter außen liegt.

[0069] Die Vorratsbehälter **33**, **35** stehen über von dem Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** hinsichtlich des Öffnens und Schließens betätigbare Verschlusselemente **37**, **39** mit dem Ringkanal **31** in Verbindung, so dass zwischen den Vorratsbehältern **33**, **35** und dem Ringkanal **31** ein Flüssigkeitsaustausch – beispielsweise getrieben von der Schwerkraft oder von der Zentrifugalkraft – stattfinden kann. Der Ringkanal **31** ist mittels eines als Ringspule ausgestalteten Feldmittels **41** im Inneren mit einem Magnetfeld beaufschlagbar, so dass eine in den Ringkanal **31** injizierte magneto-rheologische Flüssigkeit F dadurch verfestigbar ist. Die Ringspule ist entlang des gesamten Umfangs des Ringkanals **31** kontinuierlich um diesen herum gewickelt und über eine Leitung **43** mit dem Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** verbunden. Auf diese Weise ist in dem Ringkanal **31** ein entlang seines Umfangs weitestgehend homogenes Magnetfeld erzeugbar.

[0070] Der Ringkanal **31**, die Vorratsbehälter **33**, **35** mit ihren Verschlusselementen **37**, **39** sowie die Feldmittel **41** bilden insgesamt eine Ausgleichseinrichtung **45** zur Verminderung der besagten Unwucht. Zur Verminderung der Unwucht wird zunächst mittels des Messaufnehmers **16** eine Masse m einer die Unwucht ausgleichenden Flüssigkeitsmenge ermittelt und die entsprechende Menge einer magneto-rheologischen Flüssigkeit F in den Ringkanal **31** zu gleichen Teilen aus den Vorratsbehältern **33**, **35** heraus in den Ringkanal **31** eingebracht. Das Messsystem **2** des Tomographie-Geräts **1** wird dann in schnelle Rotation versetzt. Die Rotationsfrequenz wird mindestens bis zur Resonanzfrequenz erhöht, welche zuvor während eines Hochlaufens beispielsweise mittels der Messaufnehmer **16** ermittelt wurde. Ab der Resonanzfrequenz ändert sich die Phasenlage der als Flüssigkeit F eingebrachten Ausgleichsmasse gegenüber der Unwucht um 180° und die Ausgleichsmasse wandert selbsttätig an eine zum Ausgleich der Unwucht erforderliche azimutale Position, die im idealisierten Fall genau diametral gegenüber einer ermittelten (punktuellen) Unwuchtmasse liegt. Nachdem dieser Prozess abgeschlossen ist, wird durch Beaufschlagen des Feldmittels **41** mit elektrischem Strom die Flüssigkeit F einem Magnetfeld ausgesetzt. Dabei wandelt sich die Flüssigkeit in ein gelati-

nöses, festeres Medium um ("härtet aus") und bleibt dauerhaft an der benötigten Position.

[0071] Das Tomographie-Gerät **1** ist nun in einem ausgewuchteten Zustand und betriebsbereit.

[0072] Die verwendete elektro-rheologische oder magneto-rheologische Flüssigkeit zur Verminderung der Unwucht weist eine Basisflüssigkeit auf, in welcher in einem elektrischen und/oder in einem magnetischen Feld polarisierbare Partikel verteilt sind. Die Flüssigkeit ist insbesondere als – vorzugsweise nicht-kolloidale – Suspension ausgebildet. Derartige polarisierbare rheologische Flüssigkeiten haben den Vorteil, dass sie bei Vorhandensein eines Magneten nicht oder kaum zu diesem hingezogen werden. Dadurch ergibt sich in vorteilhafter Weise die Möglichkeit zu einem präzisen Unwuchtausgleich mit hoher Dynamik. Vorzugsweise weist die Flüssigkeit keine ferromagnetischen Eigenschaften auf. Die Partikel, deren Dipolmoment beispielsweise erst unter dem Einfluss des Feldes entsteht, weisen bevorzugt eine Größe im Bereich größer als $0,5 \mu\text{m}$, insbesondere im Bereich von $0,1 \mu\text{m}$ bis $10 \mu\text{m}$, auf. Sie bestehen insbesondere überwiegend aus Eisen, z.B. Weicheisen, Stahl, Kobalt oder Carbonyl-Eisen. Die Basisflüssigkeit besteht vorzugsweise überwiegend aus Wasser und/ oder einem – insbesondere synthetischen oder silicon-basierten – Öl.

[0073] Besonders vorteilhaft für den praktischen Betrieb ist wegen der Möglichkeit der Verwendung von störungssicheren Permanentmagneten – im Vergleich zu elektro-rheologischen Flüssigkeiten – die Verwendung von magneto-rheologischen Flüssigkeiten. Vorteilhaft ist auch die höhere Dichte der magneto-rheologischen Flüssigkeiten, die den Dynamikbereich und den nötigen Bauraum für die Ausgleichsvorrichtung verbessert.

[0074] [Fig. 3](#) zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel eines Tomographie-Geräts, bei welchem aus Gründen der besseren Darstellbarkeit im Wesentlichen nur noch die Ausgleichseinrichtung **45** gezeigt ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist anstelle von zwei Vorratsbehältern ein ringförmiger Vorratsbehälter **47** vorhanden, der radial bezüglich des als Ringrohr ausgebildeten Ringkanals **31** weiter innen, konzentrisch auf der Rotationsachse **4** angebracht ist und einen geringeren Durchmesser als der Ringkanal **31** aufweist. Der Vorratsbehälter **47** steht über ein in gleicher Weise wie die Verschlusselemente gemäß [Fig. 1](#) funktionierendes Steuerventil oder Verschlusselement **49** mit dem radialsymmetrischen Ringkanal **31** in Verbindung.

[0075] Als Feldmittel **41** zur Beaufschlagung des Inneren des Ringkanals **31** mit einem elektrischen und/oder magnetischen Feld ist entlang des Umfangs des Ringkanals **31** eine Vielzahl gesondert an-

steuerbarer Feldelemente **51** aufgereiht. Dadurch ist es möglich, das Feld im Ringkanal **31** mit entlang seines Verlaufs veränderlicher Stärke zu erzeugen. Die Feldelemente **51** sind beispielsweise als Elektromagnete bzw. als Kondensatoren ausgebildet und einzeln oder segmentweise schaltbar.

[0076] Zum Ausgleich einer schematisch angedeuteten idealisierten Unwucht **61** wird mittels des Messaufnehmers **16** und des dessen Daten auswertenden Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputers **11** zunächst eine Masse m einer die Unwucht **61** ausgleichenden Flüssigkeitsmenge sowie auch die Position **63** dieser Flüssigkeitsmenge ermittelt. Anschließend wird der Vorratsbehälter **47** mit seinem Verschlusselement **49** in der geodätisch tiefstliegenden Stelle positioniert, so dass nach einem Öffnen des Verschlusselements **49** die Flüssigkeit F selbsttätig aus dem Vorratsbehälter **47** in den Ringkanal **31** fließt. Über eine Zeitsteuerung des Verschlusselements **49** wird dabei gewährleistet, dass die injizierte Flüssigkeitsmenge der zuvor ermittelten Masse m entspricht. Der Ringkanal **31** ist nur teilweise gefüllt. Zur Unterstützung der Flüssigkeitsinjektion kann eine nicht dargestellte Pumpe vorhanden sein, die vom Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** gesteuert wird.

[0077] Als nächster Schritt wird – wie in [Fig. 4](#) dargestellt – das Messsystem **2** des Tomographie-Geräts **1** derart positioniert, dass die in den Ringkanal **31** eingebrachte Flüssigkeit F selbsttätig an die ermittelte Position **63** fließt. Dies geschieht dadurch, dass die ermittelte Position **63** an die tiefste Stelle (6-Uhr-Position) gebracht wird. In diesem Zustand wird nun mittels der Feldmittel **41** die im Ringkanal **31** befindliche Flüssigkeit F mit einem elektrischen oder magnetischen Feld beaufschlagt. Hierbei genügt es, dass diejenigen Feldelemente **51a**, **51b**, **51c**, **51d**, **51e** aktiviert werden, welche auf die Flüssigkeit F im Ringkanal **31** einwirken können. Durch die Feldeinwirkung verfestigt sich die Flüssigkeit F an der gewünschten Stelle. Dabei ist es über die genaue Anzahl der aktivierten Feldelemente als zusätzlicher Freiheitsgrad möglich, die Menge der ausgleichenden Flüssigkeit noch genau abzustimmen. Beispielsweise könnte nach einem Testlauf die Steuerungs-Software entscheiden, die randseitigen Elemente **51a**, **51e** abzuschalten, so dass vor dem nachfolgenden Betrieb des Tomographie-Geräts **1** ein verbliebener nicht verfestigter Anteil der Flüssigkeit F aus dem Ringkanal **31** entfernbar ist. Hierzu kommen beispielsweise die im Zusammenhang mit [Fig. 8](#) beschriebenen Vorgehensweisen in Frage.

[0078] Nachdem in dem in [Fig. 4](#) beschriebenen Zustand die Feldelemente **51a** bis **51e** aktiviert wurden, ist das Tomographie-Gerät **1** betriebsbereit.

[0079] Im nachfolgenden Betrieb des Tomogra-

phie-Geräts **1**, wie er in [Fig. 5](#) dargestellt ist, bleiben die Feldelemente **51a** bis **51e** aktiviert und das Messsystem **2** ist in schnelle Rotation versetzt. Die eingebrachte Flüssigkeit F bleibt dabei stets an der zuvor ermittelten Position **63**, also diametral gegenüber der Unwucht **61**. Das Tomographie-Gerät **1** ist ausgewuchtet.

[0080] Alternativ zu der vorstehend beschriebenen Vorgehensweise, bei welcher die Flüssigkeit F im Wesentlichen durch die 6-Uhr-Position azimuthal positioniert wurde, ist auch eine durch die Zentrifugalkraft gestützte Vorgehensweise möglich:

Hierbei wird, nachdem die Flüssigkeit F in großer Menge in den Ringkanal **31** eingebracht wurde und dieser beispielsweise ganz oder fast ganz gefüllt ist, das Messsystem **2** derart in Rotation versetzt, dass sich die eingebrachte Flüssigkeit F infolge der Zentrifugalkraft gleichmäßig entlang des Ringkanals **31** verteilt. Da zuvor – wie bei der ersten Vorgehensweise beschrieben, die zum Ausgleich nötige Masse m , aber auch die Position **63** dieser Masse m ermittelt wurde, an welcher die Flüssigkeit zu verfestigen ist und im nachfolgenden Dauerbetrieb zu verbleiben hat, können nun die an dieser Position **63** befindlichen Feldelemente **51a** bis **51e** selektiv aktiviert werden. Die über den Umfang des Ringkanals **31** verteilte Flüssigkeit F wird dann nur in einem bestimmten Sektor verfestigt. Dabei kann der Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** ermitteln, wie viele von den Feldelementen **51a** bis **51e** aktiviert werden müssen, um ein bestimmtes Wirkvolumen des Feldes zu erreichen und somit die gewünschte zuvor bestimmte Masse m der Flüssigkeit F zu verfestigen. Alternativ oder zusätzlich ist auch die Stärke der Aktivierung der einzelnen Feldelemente zur Auswahl der gewünschten Flüssigkeitsmenge m heranziehbar.

[0081] Nach derart lokaler Verfestigung der Flüssigkeit F wird vor dem nachfolgenden Betrieb des Tomographie-Geräts **1** der an den nicht aktivierten Umfangsstellen des Ringkanals **31** verbliebene nicht verfestigte Anteil der Flüssigkeit F aus dem Ringkanal **31** entfernt. Danach ist das Tomographie-Gerät **1** ausgewuchtet und betriebsbereit.

[0082] Bei dem in [Fig. 6](#) dargestellten vierten Ausführungsbeispiel (Darstellung nur in Schnittebene parallel zur Rotationsebene) eines Tomographie-Geräts **1** ist zusätzlich zu dem ersten Ringkanal **31** ein weiterer Ringkanal **71** gleichen Durchmessers vorhanden, der konzentrisch zu dem ersten Ringkanal **31** und in Richtung der Rotationsachse **4** von diesem beabstandet angeordnet ist. Der Vorratsbehälter **47** ist bei diesem Beispiel, wie auch bei dem Beispiel gemäß den [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#), als Hohlzylinderring ausgebildet. Er steht über gesonderte Verschlusselemente **49**, **73** mit dem jeweiligen Ringkanal **31** bzw. **71** in Verbindung. Die Anordnung mehrerer Ringkanäle **31**, **71** hat den Vorteil, dass – neben einer azimu-

talen Unwucht – auch eine in Richtung der Rotationsachse **4** auftretende axiale Unwucht ausgleichbar ist. Voraussetzung hierfür ist, dass der Messaufnehmer **16** (siehe [Fig. 1](#)) zur Ermittlung von Unwuchten in beiden Richtungen ausgebildet ist, beispielsweise durch zwei gesonderte Sensoren.

[0083] Jedem der Ringkanäle **31**, **71** ist eine Reihe von entlang des Umfangs des jeweiligen Ringkanals **31** bzw. **71** aufgereihten Feldelementen **75** bzw. **77** zugeordnet (siehe [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#)).

[0084] Im Übrigen ist das Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 6](#) weitgehend mit dem Ausführungsbeispiel gemäß den [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) identisch.

[0085] Eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß [Fig. 5](#) ist mit einem fünften Ausführungsbeispiel in [Fig. 7](#) dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind insgesamt fünf Ringkanäle **31**, **71**, **81**, **83**, **85** in Richtung der Rotationsachse **4** lückenlos nebeneinander angeordnet. Jeder der Ringkanäle **31**, **71**, **81**, **83**, **85** steht über ein gesondertes, gesondert ansteuerbares Verschlusselement mit dem ringförmigen Ausgleichsbehälter **47** in Verbindung. Außerdem ist jedem Ringkanal **31**, **71**, **81**, **83**, **85** eine gesonderte Reihe von Feldelementen **75**, **77**, **87**, **89**, **91** zugeordnet. Mit der Ausgleichsvorrichtung **45** gemäß [Fig. 6](#) ist ein besonders feines Auswuchten möglich.

[0086] In den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) ist jeweils im wesentlichen nur die Ausgleichsvorrichtung **45** des Tomographie-Geräts **1** dargestellt.

[0087] Bei dem in [Fig. 8](#) dargestellten sechsten Ausführungsbeispiel, das in großen Teilen mit dem Ausführungsbeispiel gemäß den [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) identisch ist, sind zunächst zwei alternative oder parallele Möglichkeiten zum Entfernen überschüssiger Flüssigkeit F im Ringkanal **31** gezeigt:

- a) Von dem Ringkanal **31** führt ein Leitungselement **95** radial nach außen in einen Abflussbehälter **96**. In der gezeichneten Position des Messsystems **2** würde somit eine im Ringkanal **31** befindliche Flüssigkeit F unter dem Einfluss der Schwerkraft in das Leitungselement **95** und den Abflussbehälter **96** fließen. Nachdem dies geschehen ist, wird das Messsystem **2** um 180° gedreht, so dass der Abflussbehälter **96** in der 12-Uhr-Position zu liegen kommt. In dieser Position fließt die im Abflussbehälter **96** befindliche Flüssigkeit selbsttätig unter dem Einfluss der Schwerkraft durch eine Leitungsverbindung **97** zurück in den Vorratsbehälter **47**. Um diesen Betriebsmodus zu gewährleisten, sind von dem Steuerungs- und Bildverarbeitungscomputer **11** ansteuerbare Ventile **98**, **99**, **100** vorhanden.
- b) An den Ringkanal **31** kann eine dem Tomographie-Gerät **1** zugeordnete Vakuumpumpe oder

Saugpumpe **101** angeschlossen oder anschließbar sein, mit Hilfe deren die überschüssige Flüssigkeit F aus dem Ringkanal **31** entfernbar ist.

[0088] In den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) sind mögliche Ausführungen der Feldelemente **51** wiedergegeben, wie sie in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 8](#) dargestellt sind.

[0089] Gemäß [Fig. 9](#) besteht jedes der als Feldmittel **41** dienenden und entlang des Ringkanals **31** bzw. **71**, **81**, **83**, **85** aufgereihten Feldelemente **51** aus zwei jeweils gesondert mit elektrischer Spannung beaufschlagbaren Elektroden **103**, **104**. Die an die Außenkontur des Ringschlauchs oder Ringrohres formmäßig angepassten Elektroden **103**, **104** sind möglichst großflächig und die Außenoberfläche des Ringrohres oder Ringschlauches möglichst umfassend bedeckend ausgebildet. Die Beaufschlagung der Elektroden **103**, **104** mit elektrischer Spannung geschieht gesteuert vom Computer **11**.

[0090] Gemäß [Fig. 10](#) sind die Feldelemente **51** zur Beaufschlagung der Flüssigkeit F mit einem Magnetfeld ausgebildet. Jedes der Feldelemente **51** umfasst eine um den Ringschlauch oder die Ringröhre gewickelte Spule **105** mit mehreren Windungen. Die Beaufschlagung jeder Spule **105** geschieht gesteuert durch den Computer **11**.

[0091] Um eine Wiederverflüssigung der in den Ringkanal **31**, **71**, **81**, **83**, **85** eingebrachten Flüssigkeit F bei Ausfall des Stromnetzes oder der Stromversorgung oder bei Unterbrechung der stromzuführenden Leitungen zu vermeiden, ist es vorteilhaft, jedes der Feldelemente **51** einen gesonderten Permanentmagneten **106** und eine hierauf wirkende gesonderte Spule **108** umfassend aufzubauen. Diese Variante ist in [Fig. 8](#) angedeutet. Jede der Spulen **108** ist derart ausgebildet, dass hiervon der zugehörige Permanentmagnet **106** magnetisierbar und entmagnetisierbar ist.

Patentansprüche

1. Bildgebendes Tomographie-Gerät, insbesondere Röntgen-Computertomographie-Gerät oder Ultraschalltomographie-Gerät, mit einem um eine Rotationsachse (**4**) rotierbaren Messsystem (**2**) und mit einer Ausgleichseinrichtung (**23**; **45**) zur Verminderung einer bei dem Messsystem (**2**) festgestellten Unwucht (**61**), wobei die Ausgleichseinrichtung (**23**; **45**) aufweist
 - a) einen flüssigkeitsbefüllbaren Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**),
 - b) Mittel zum Ermitteln der Unwucht (**61**) und Mittel zum Berechnen einer die Unwucht (**61**) ausgleichenden Masse,
 - c) einen Vorratsbehälter (**33**, **35**; **47**) zum Aufnehmen einer magneto-rheologischen und/oder elektro-rheologischen Flüssigkeit (F) der zum Austausch einer

von der ausgleichenden Masse abhängigen Menge in den Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) mit diesem flüssigkeitsdicht verbindbar ist und

d) Feldmittel zur Erzeugung eines magnetischen und/oder elektrischen Feldes im Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) aufweist, so dass die Viskosität der eingefüllten Flüssigkeit zur Verminderung der Unwucht (**61**) durch Einwirkung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes erhöhbar ist.

2. Tomographie-Gerät nach Anspruch 1, wobei der Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) auf der Rotationsachse (**4**) zentriert ist.

3. Tomographie-Gerät nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Vorratsbehälter (**33**, **35**; **47**) bezüglich des Ringkanals (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) radial weiter innen liegend angeordnet ist.

4. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Vorratsbehälter (**47**) ringförmig ausgebildet ist und vorzugsweise auf der Rotationsachse (**4**) zentriert ist.

5. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Ausgleichseinrichtung (**45**) einen weiteren Vorratsbehälter (**35**) umfasst, der ebenfalls mit dem Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) flüssigkeitsdicht verbindbar ist und vorzugsweise dem anderen Vorratsbehälter (**33**) diametral gegenüber angeordnet ist.

6. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Ausgleichseinrichtung (**45**) wenigstens einen weiteren Ringkanal (**71**; **81**, **83**, **85**) aufweist, der konzentrisch zu dem ersten Ringkanal (**31**) und in Richtung der Rotationsachse (**4**) von dem ersten Ringkanal (**31**) beabstandet angeordnet ist.

7. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) als Ringrohr, als Ringröhre oder als Ringschlauch ausgebildet ist.

8. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei zwischen dem Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) und dem Vorratsbehälter (**33**, **35**; **47**) ein Verschlusselement (**37**, **39**; **49**; **73**) zur Unterbindung des Flüssigkeitsaustausches zwischen dem Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) und dem Vorratsbehälter (**33**, **35**; **47**) angeordnet ist.

9. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Ausgleichseinrichtung (**45**) ein von dem Ringkanal (**31**) radial nach außen führendes Leitungselement (**95**) zur Abfuhr von Flüssigkeit (F) aus dem Ringkanal (**31**) aufweist.

10. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Ausgleichseinrichtung (**45**)

eine auf den Ringkanal (**31**) einwirkbare Saugpumpe (**101**) zur Abfuhr von Flüssigkeit (F) aus dem Ringkanal (**31**) aufweist.

11. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Feld im Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) mit entlang des Ringkanals (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) veränderlicher Stärke erzeugbar ist.

12. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Feldmittel (**41**) eine Vielzahl entlang des Ringkanals (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) angeordneter, gesondert mit Spannung beaufschlagbarer Elektroden (**103**, **104**) umfassen, die vorzugsweise flächig am Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) anliegen.

13. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Feldmittel (**41**) eine Vielzahl entlang des Ringkanals (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) angeordneter, gesondert mit Strom beaufschlagbarer Spulen (**105**; **108**) umfassen.

14. Tomographie-Gerät nach Anspruch 13, wobei die Spulen (**105**) jeweils um den Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) gewickelt sind.

15. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Feldmittel (**41**) eine Vielzahl entlang des Ringkanals (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) angeordneter Permanentmagnete (**106**) umfassen.

16. Tomographie-Gerät nach Anspruch 15, wobei die Permanentmagnete (**106**) von den Spulen (**108**) magnetisierbar und/ oder entmagnetisierbar sind.

17. Verfahren zur Verminderung einer Unwucht (**61**) an einem um eine Rotationsachse (**4**) rotierbaren Messsystem (**2**) eines Tomographie-Geräts (**1**), wobei das Tomographie-Gerät (**1**) einen flüssigkeitsbefüllbaren, auf der Rotationsachse (**4**) zentrierten Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) aufweist, bei dem

a) eine Masse (m) einer die Unwucht (**61**) ausgleichenden Flüssigkeitsmenge ermittelt wird,

b) in den Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) eine magneto-rheologische und/oder eine elektro-rheologische Flüssigkeit (F) in einer Menge eingebracht wird, so dass für den nachfolgenden Betrieb des Tomographie-Geräts (**1**) eine von der ermittelten Masse (m) abhängige Menge an Flüssigkeit (F) im Ringkanal (**31**; **71**; **81**, **83**, **85**) vorhanden ist, und

c) für den nachfolgenden Betrieb des Tomographie-Geräts (**1**) die Viskosität der eingefüllten Flüssigkeit (F) durch Einwirkung eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes erhöht wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem die magneto-rheologische bzw. elektro-rheologische Flüssigkeit (F) in einem elektrischen und/ oder in einem magnetischen Feld polarisierbare Partikel enthält.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, bei dem die Schritte a) bis c) während der Betriebszeit, der Lebensdauer, der Standzeit oder der Verfügbarkeitszeit des Tomographie-Geräts (1) wiederholt werden, um eine zwischenzeitlich veränderte Unwucht (61) auszugleichen.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, bei dem das Messsystem (2) des Tomographie-Geräts (1) in derart schnelle Rotation versetzt wird, insbesondere mit einer Rotationsfrequenz oberhalb der Resonanzfrequenz, dass sich die in den Ringkanal (31; 71; 81, 83, 85) eingebrachte Flüssigkeit (F) selbsttätig an eine zum Ausgleich der Unwucht (61) erforderliche azimuthale Position bewegt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, bei dem zusätzlich zu der Masse (m) auch eine Position der die Unwucht (61) ausgleichenden Flüssigkeitsmenge ermittelt wird, und dass die in den Ringkanal (31; 71; 81, 83, 85) eingebrachte Flüssigkeit (F) unter Verwendung der ermittelten Position in azimuthaler Richtung im Ringkanal (31; 71; 81, 83, 85) positioniert wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, bei dem die eingebrachte Flüssigkeit (F) an die ermittelte Position gebracht wird, indem das Messsystem (2) derart positioniert wird, dass es mit der ermittelten Position in der geodätisch tiefsten Stelle zu liegen kommt, so dass sich die eingebrachte Flüssigkeit (F) dort sammelt.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, bei dem

- die eingebrachte Flüssigkeit (F) entlang des Ringkanals (31; 71; 81, 83, 85) verteilt wird, vorzugsweise Zentrifugalkraft-getrieben bei in Rotation versetztem Tomographie-Gerät (1) und/ oder – insbesondere druckgetrieben – durch weitestgehend vollständiges Befüllen des Ringkanals (31; 71; 81, 83, 85), und
- die eingebrachte Flüssigkeit (F) an der ermittelten Position durch Einwirkung des elektrischen bzw. magnetischen Feldes lokal verfestigt wird, wobei das Feld in einer der ermittelten Masse (m) äquivalenten Stärke und/ oder mit einem der ermittelten Masse (m) äquivalenten Wirkvolumen auf die Flüssigkeit (F) einwirkt.

24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, bei dem nach lokaler Verfestigung der Flüssigkeit (F) und vor dem nachfolgenden Betrieb des Tomographie-Geräts (1) ein verbliebener nicht verfestigter Anteil der Flüssigkeit (F) aus dem Ringkanal (31; 71; 81, 83, 85) entfernt wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

FIG 1

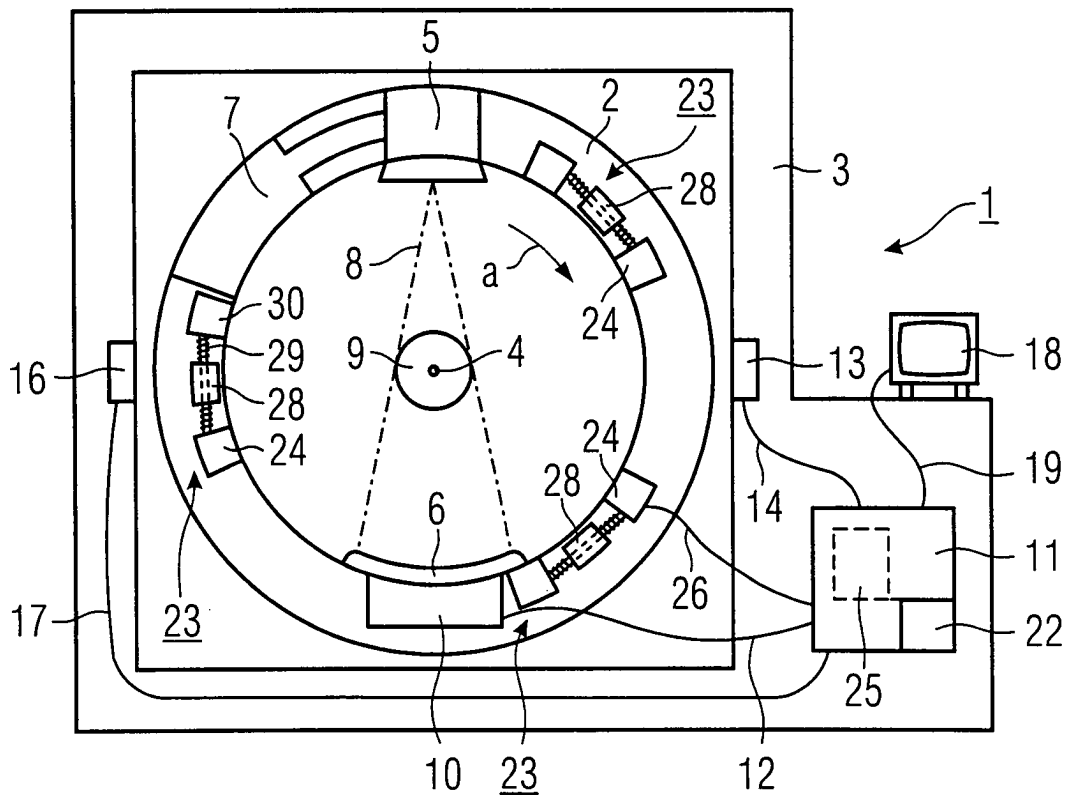


FIG 2

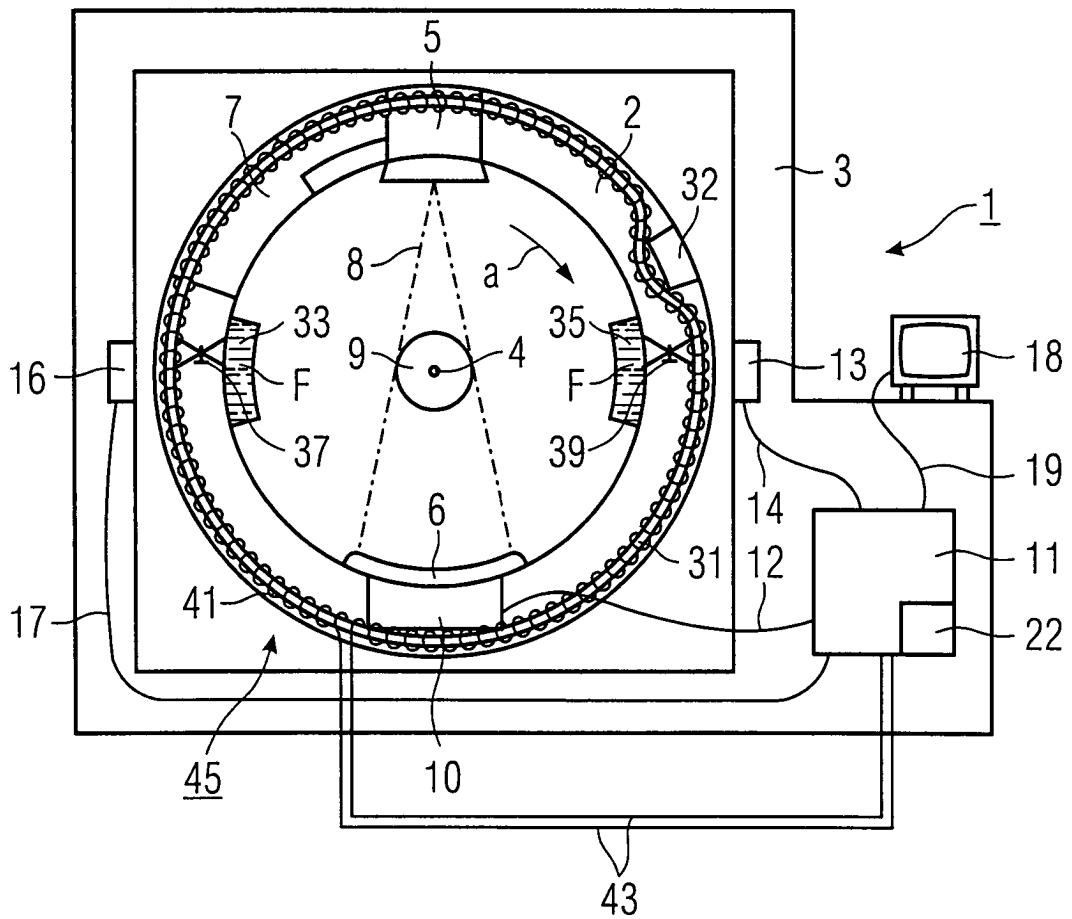


FIG 3

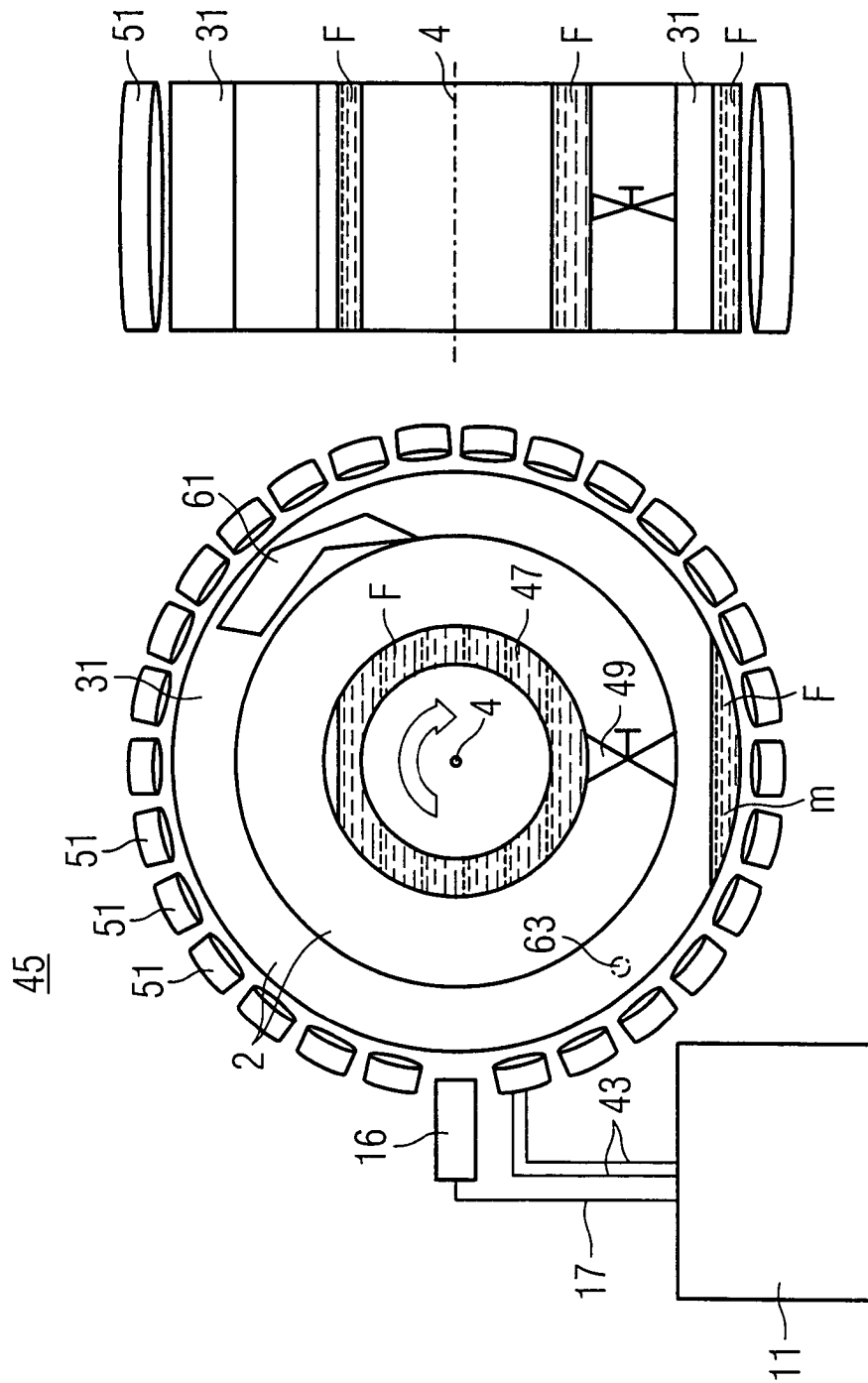


FIG 4

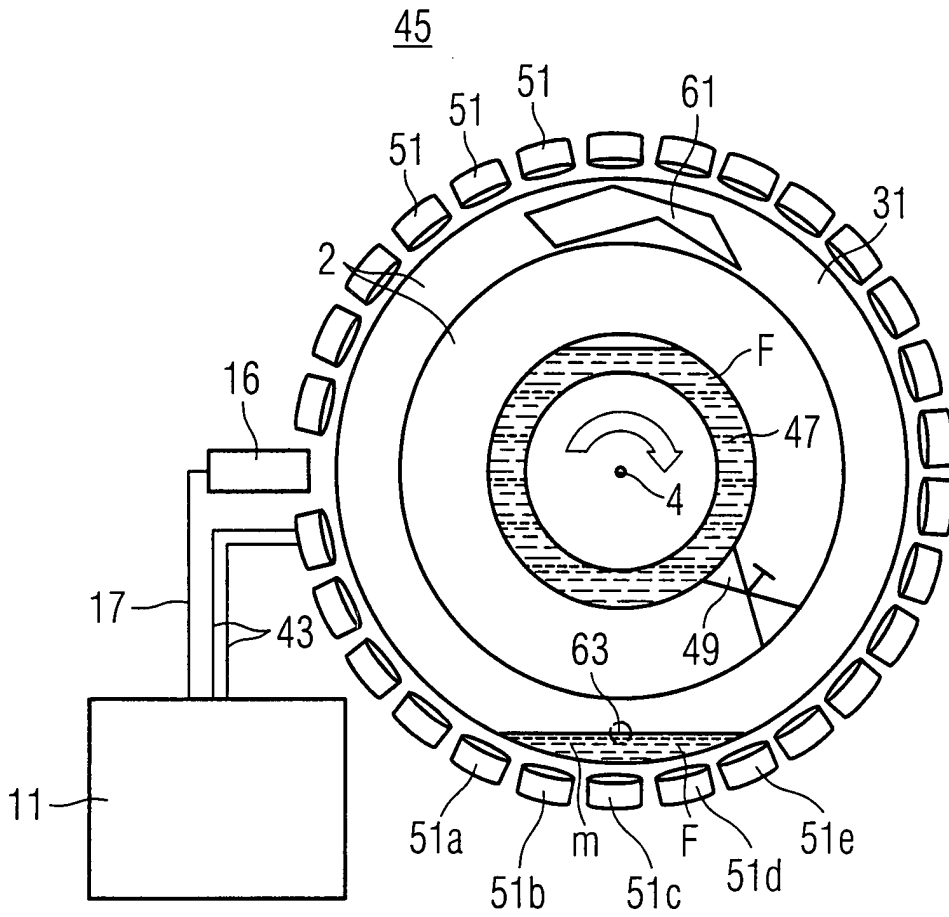


FIG 5

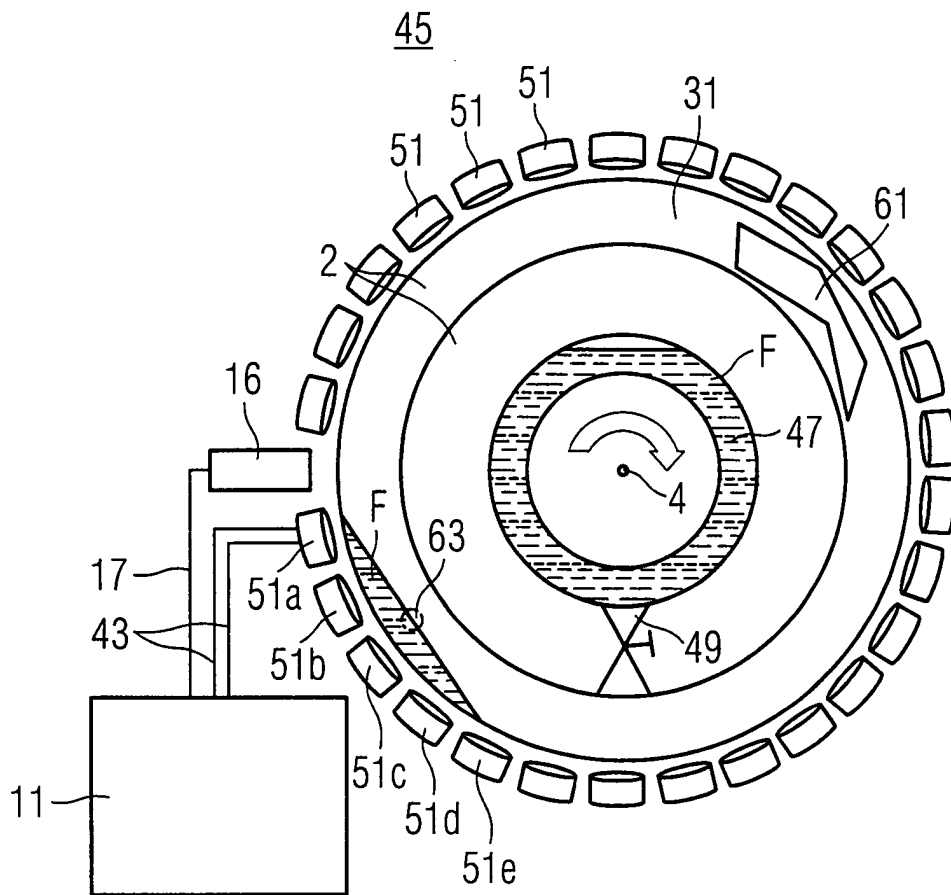


FIG 6

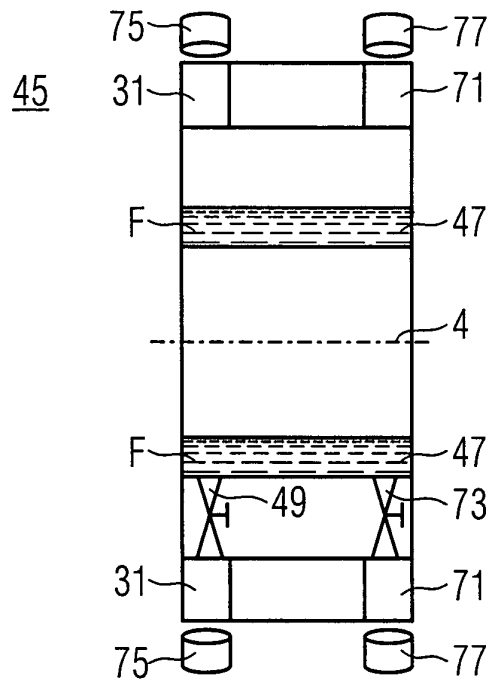


FIG 7

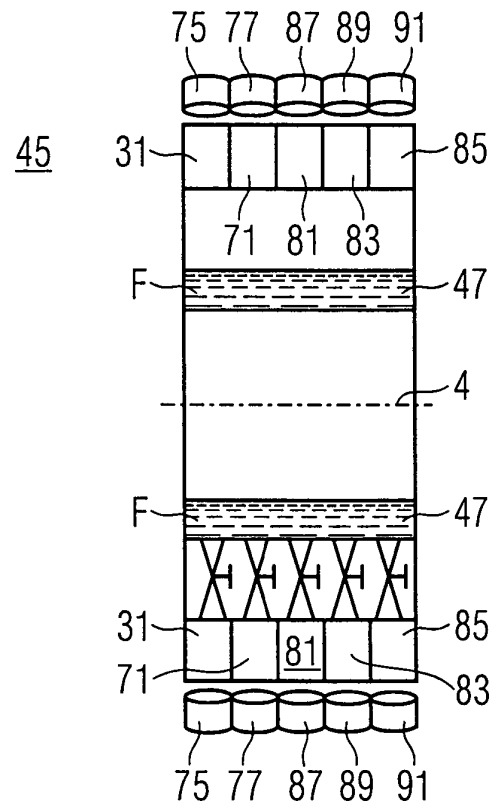


FIG 8

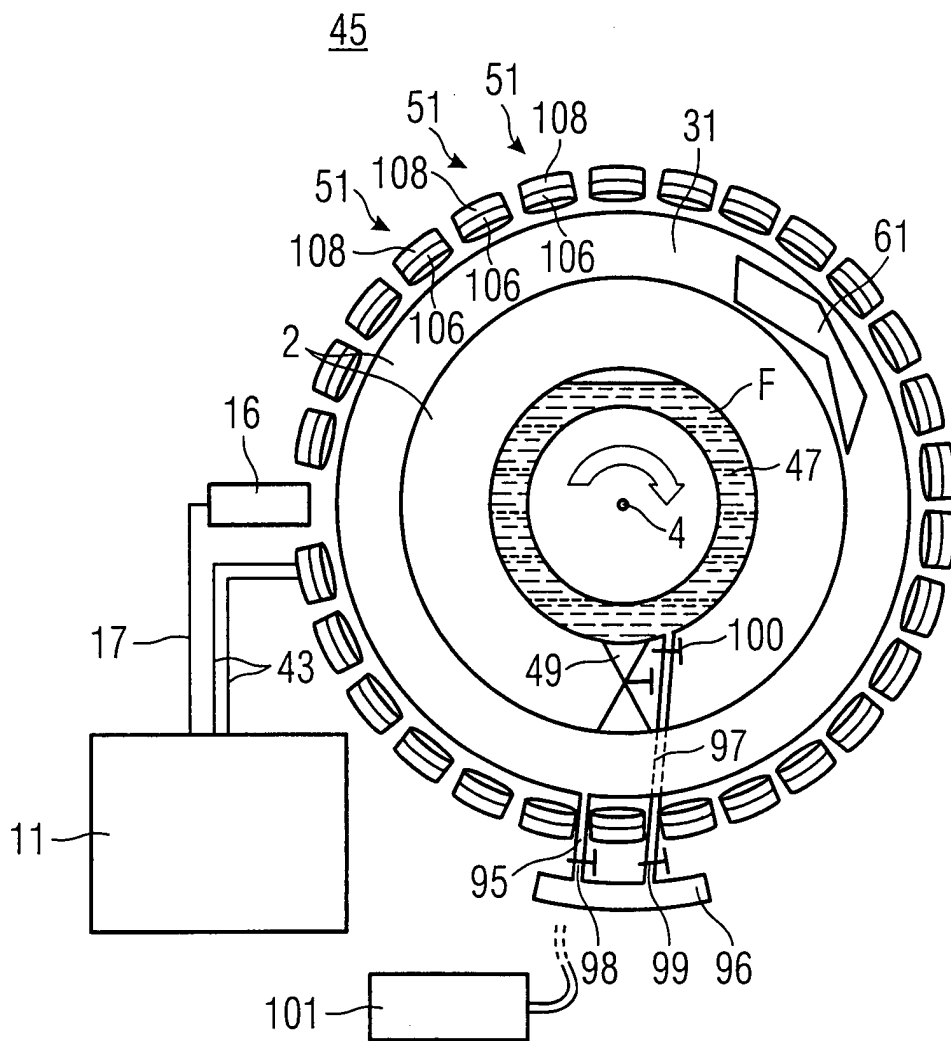


FIG 9

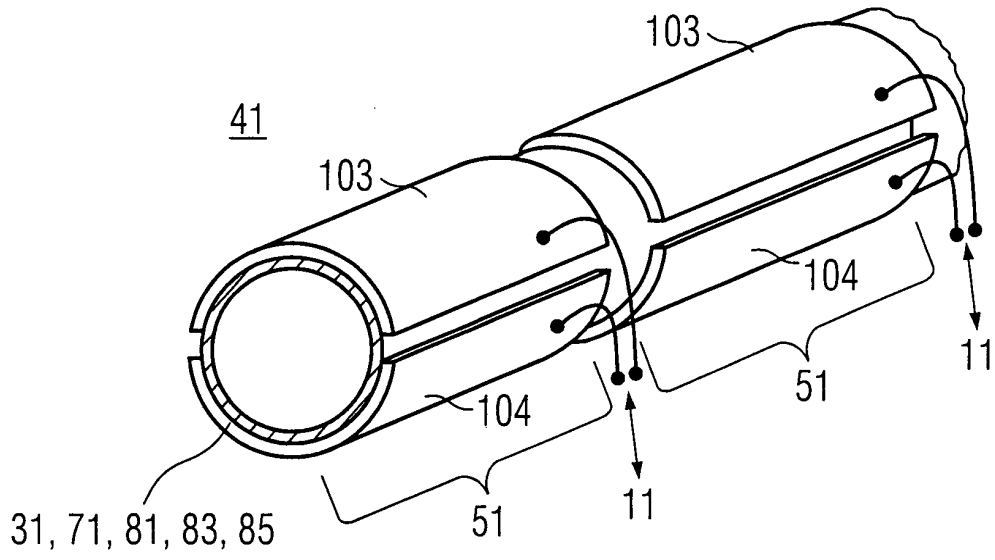


FIG 10

