(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 497 959 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.08.2013 Patentblatt 2013/34

(51) Int Cl.:
F15B 15/10 *(2006.01)* ***F15B 15/12*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **11001939.5**

(22) Anmeldetag: **09.03.2011**

(54) **Fluidbetätigte Drehantriebsvorrichtung**

Fluid-actuated rotary drive

Dispositif d'entraînement rotatif hydraulique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.09.2012 Patentblatt 2012/37

(73) Patentinhaber: **FESTO AG & Co. KG**
73734 Esslingen (DE)

(72) Erfinder:
- **Kaminski, Ruwen**
  70190 Stuttgart (DE)
- **Knubben, Elias Maria**
  73760 Ostfildern-Nellingen (DE)

(74) Vertreter: **Abel, Martin et al**
Patentanwälte
Magenbauer & Kollegen
Plochinger Strasse 109
73730 Esslingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 328 522 **DE-A1- 10 149 395**
US-A- 2 936 636

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 497 959 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine fluidbetätigte Drehantriebsvorrichtung, mit einem Statorkörper und einem relativ zu dem Statorkörper um eine Drehachse verdrehbaren Abtriebskörper, ferner mit einem drehfest mit dem Abtriebskörper verbundenen und um die Drehachse verschwenkbaren Antriebsarm, und mit zwei jeweils eine bogenförmige Längserstreckung aufweisenden Faltenbälgen, die mit einander zugewandten konkaven Längsseiten nebeneinander angeordnet sind, wobei sie jeweils einen an dem Statorkörper befestigten ortsfesten Endabschnitt und einen diesbezüglich entgegengesetzten, beabstandet zu der Drehachse mit dem Antriebsarm bewegungsgekoppelten beweglichen Endabschnitt aufweisen, wobei die beiden Faltenbälge durch gesteuerte interne Fluidbeaufschlagung zumindest bereichsweise längenvariabel sind, um mit ihren beweglichen Endabschnitten eine Schwenkkraft auf den Antriebsarm auszuüben.

[0002] Eine aus der DE 10149395 A1 bekannte Drehantriebsvorrichtung dieser Art enthält zwei kreisbogenförmig gekrümmte Faltenbälge, die jeweils einenends ortsfest an einem Statorkörper und andernends an einem verschwenkbaren Antriebsarm befestigt sind. Der Antriebsarm ist drehfest mit einer Schwenkachse verbunden, die einen Kraftabgriff zum Abgriff einer Drehbewegung bildet und mithin als Abtriebskörper fungiert. Durch gesteuerte Fluidbeaufschlagung der Innenräume der beiden Faltenbälge kann der Antriebsarm zu einer Schwenkbewegung angetrieben werden, um eine gewünschte Drehbewegung des Abtriebskörpers zu erzeugen. Während eines solchen Vorganges findet eine gegensinnige Verlängerung und Verkürzung der beiden Faltenbälge statt, wobei die an dem Antriebsarm angeordneten Endabschnitte der Faltenbälge, die als bewegliche Endabschnitte bezeichnet werden können, die Schwenkbewegung des Antriebsarmes unmittelbar mitmachen.

[0003] Eine gewisse Unzulänglichkeit dieser bekannten Drehantriebsvorrichtung besteht darin, dass die Faltenbälge über eine hohe Elastizität verfügen müssen, um sich entsprechend der angestrebten Schwenkbewegung des Antriebsarmes verformen zu können. Mit einer hohen Elastizität der Faltenbälge ist die Problematik einer radialen Aufweitung verbunden, wenn die Drehantriebsvorrichtung mit großen Fluiddrücken betrieben wird. Dies kann zu nichtlinearen Schwenkbewegungen des Antriebsarmes führen und dementsprechend die abtriebsseitige Drehbewegung beeinträchtigen. Um der Problematik entgegenzuwirken, kann die Faltenwand des Faltenbalges zwar durch Stützmittel radial abgestützt werden. Dies hat allerdings einen relativ komplexen und aufwendigen Aufbau der Drehantriebsvorrichtung zur Folge.

[0004] Aus der DE 43 12 503 A1 geht ein Faltenbalg hervor, der einstückig aus Kunststoff oder Gummi hergestellt ist. Eine faltenartig strukturierte Wand des Faltenbalges ist endseitig einstückig mit je einem Befestigungsbauteil verbunden.

[0005] In der DE 43 28 522 A1 wird ein Schwenkflügelantrieb beschrieben, der einen in einem Statorgehäuse angeordneten Rotor aufweist, welcher mit einem radial abstehenden Flügel versehen ist. Zwischen dem Statorgehäuse und dem Rotor sind zwei bogenförmige Faltenbälge angeordnet, die sich einerseits ortsfest am Statorgehäuse und andererseits an dem Flügel abstützen. Durch abwechselnde Fluidbeaufschlagung der beiden Faltenbälge kann der Rotor zu einer Drehbewegung angetrieben werden. Die Antriebskraft wird hierbei von den Faltenbälgen jeweils direkt in den Flügel des Rotors eingeleitet.

[0006] Eine ähnlich aufgebaute Antriebsvorrichtung ist aus der US 3 977 648 bekannt. Dort besteht zudem die Möglichkeit, einen Rotor mit mehreren radial abstehenden Flügeln auszustatten, so dass er gleichzeitig von einer größeren Anzahl von Faltenbälgen beaufschlagt werden kann. Die einzelnen Faltenbälge können einstückig strukturiert sein.

[0007] Aus der DE 10 2006 022 855 A1 ist es bereits bekannt, den Greifkörper einer mechanisch arbeitenden Greifervorrichtung einstückig durch ein generatives Fertigungsverfahren herzustellen.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine fluidbetätigte Drehantriebsvorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die bei kostengünstiger Herstellung und langer Lebensdauer eine Erzeugung gleichförmiger Drehbewegungen begünstigt.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass sich zwischen den beiden beweglichen Endabschnitten der Faltenbälge ein starrer Koppelsteg erstreckt, der über eine erste Gelenkeinrichtung mit dem einen beweglichen Endabschnitt und über eine diesbezüglich beabstandete zweite Gelenkeinrichtung mit dem anderen beweglichen Endabschnitt gelenkig verbunden ist, und dass der Antriebsarm mit radialem Abstand zu der Drehachse über eine zu der ersten und zweiten Gelenkeinrichtung beabstandete dritte Gelenkeinrichtung gelenkig mit dem Koppelsteg verbunden ist, wobei jede Gelenkeinrichtung eine zu der Drehachse parallele Gelenkachse definiert.

[0010] Auf diese Weise wirken die beiden Faltenbälge mit ihren beweglichen Endabschnitten nicht direkt, sondern mittelbar unter Zwischenschaltung eines sie verbindenden Koppelsteges antriebsmäßig mit dem Antriebsarm zusammen. Der Koppelsteg ist dabei relativ zum beweglichen Endabschnitt jedes Faltenbalges und zugleich auch relativ zu dem Antriebsarm verschwenkbar, was durch die Gelenkeinrichtungen gewährleistet ist. Ein damit verbundener Vorteil besteht darin, dass die Längenvariation der Faltenbälge bezüglich der Schwenkbewegung des Antriebsarmes in gewisser Weise entkoppelt ist, so dass keine relevanten Verspannungen auftreten können. Auch wenn die Struktur der Faltenbälge keine besonders hohe Elastizität aufweist und mithin das Verformungsvermögen der Faltenbälge eingeschränkt ist, lassen sich durch die Gelenkstruktur relativ große

Schwenkwinkel des Antriebsarmes erzielen. Mit Hilfe der Gelenkstruktur lässt sich bei Bedarf eine vorteilhafte Bewegungsübersetzung realisieren. Wenn die Faltenbälge strukturell eher steif ausgelegt sind, bringt dies den Vorteil mit sich, dass sie auch bei hoher Innendruckbeaufschlagung nicht zur radialen Aufweitung tendieren, so dass ohne aufwendige Abstützmaßnahmen gleichförmige Drehbewegungen erzeugt werden können.

[0011] Aufgrund ihrer vorteilhaften Struktur erlaubt die Drehantriebsvorrichtung auch eine präzise Drehpositionierung des Abtriebskörpers und bei Bedarf eine exakte Regulierung der auf den Antriebsarm einwirkenden Schwenkkraft und mithin des an dem Abtriebskörper abgreifbaren Drehmomentes. Im Übrigen lässt sich mit der erfindungsgemäßen Drehantriebsvorrichtung bei geringer Baugröße und geringem Gewicht ein vergleichsweise hohes Abtriebsdrehmoment generieren.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0013] Die beiden Faltenbälge sind mit ihren ortsfesten Endabschnitten zweckmäßigerweise starr an dem Statorkörper befestigt. Eine solche Befestigung lässt sich besonders einfach realisieren, indem die Faltenbälge beispielsweise einstückig an den Statorkörper angeformt werden.

[0014] Der Statorkörper greift zweckmäßigerweise mit einem Halteabschnitt zwischen die beiden ortsfesten Endabschnitte der Faltenbälge ein. Auf diese Weise besteht die vorteilhafte Möglichkeit, die beiden ortsfesten Endabschnitte auf einander entgegengesetzten Seiten des Halteabschnittes und in unmittelbarer Nähe zueinander anzuordnen. Der Halteabschnitt kann in vorteilhafter Weise genutzt werden, um darin ein Fluidkanalsystem auszubilden, mit dessen Hilfe die Faltenbälge im Innern gesteuert mit Druckmedium beaufschlagbar sind, um sie nach Bedarf zu aktivieren.

[0015] Vorzugsweise verfügt jeder Faltenbalg über eine faltenartig strukturierte und daher als Faltenwand bezeichenbare Umfangswand. Diese ist zweckmäßigerweise unter gleichzeitiger Abdichtung einstückig an dem Halteabschnitt des Statorkörpers befestigt.

[0016] Es ist zweckmäßig, wenn jeder Faltenbalg eine periphere Faltenwand aufweist, deren Faltentiefe im Bereich der dem jeweils benachbarten Faltenbalg entgegengesetzten konvexen Längsseite größer ist als im Bereich der konkaven Längsseite. Die Faltentiefe im Bereich der konkaven Längsseite kann sogar gleich null betragen. Insbesondere kann jeder Faltenbalg über eine periphere Faltenwand verfügen, die so strukturiert ist, dass sie im Bereich ihrer konkaven Längsseite ungefaltet ist und dadurch zwar biegbar, zugleich jedoch längeninvariant ist. Bei einer solchen Struktur äußert sich die durch gesteuerte Fluidbeaufschlagung hervorrufbare Längenvariation jedes Faltenbalges in einer Verlängerung oder Verkürzung insbesondere im Bereich der konvexen Längsseite, während die Faltenwand in ihrer Länge zunehmend weniger oder gar nicht verändert wird, je näher sich die Wandbereiche bei der konkaven Längsseite befinden.

[0017] Die Drehachse des Abtriebskörpers verläuft zweckmäßigerweise zwischen den beiden Faltenbälgen, und zwar insbesondere mit gleichem Abstand zu beiden Faltenbälgen, wenn man den nicht fluidbeaufschlagten Ausgangszustand der Faltenbälge zugrundelegt. Die beiden Faltenbälge können insbesondere so angeordnet sein, dass sie sich jeweils ein Stückweit bogenförmig um die Drehachse des Abtriebskörpers herum erstrecken.

[0018] Abtriebskörper und Antriebsarm sind vorzugsweise einstückig miteinander ausgebildet. Der Abtriebskörper kann beispielsweise scheiben-, platten- oder tellerförmig ausgebildet sein.

[0019] Der Abtriebskörper eignet sich als Träger für jegliche mittels einer hin- und hergehenden Drehbewegung zu positionierende Komponente. Eine solche Komponente kann beispielsweise eine zum lösbaren Ergreifen von Gegenständen dienende Greifvorrichtung sein. Es besteht im Übrigen auch die Möglichkeit, den Abtriebskörper unmittelbar als Bestandteil einer rotativ zu bewegenden Komponente auszubilden, beispielsweise als Basiskörper einer Greifvorrichtung, an dem mindestens ein schwenkbewegliches Greifelement angeordnet ist.

[0020] Bei einer besonders einfachen Ausführungsform der Drehantriebsvorrichtung sind die Gelenkachsen sämtlicher drei Gelenkeinrichtungen quer zu ihrer Achsrichtung jeweils ortsfest bezüglich der beiden durch eine jeweilige Gelenkeinrichtung aneinander angelenkten Komponenten angeordnet. Die durch eine Gelenkeinrichtung aneinander angelenkten Komponenten sind mithin mit Bezug zur zugeordneten Gelenkachse radial allseits gegeneinander abgestützt, so dass zwischen den aneinander angelenkten Komponenten ausschließlich eine Schwenkbewegung möglich ist.

[0021] Insbesondere zur Erzeugung relativ großer Abtriebsdrehwinkel des Abtriebskörpers hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn sich die ausschließlich mögliche relative Schwenkbeweglichkeit nur auf die über die erste Gelenkeinrichtung und über die zweite Gelenkeinrichtung aneinander angelenkten Komponenten bezieht. In Bezug auf die dritte Gelenkeinrichtung ist dann hingegen vorgesehen, dass deren Gelenkachse in einer zur Drehachse des Abtriebskörpers rechtwinkeligen Ebene quer zu einer gedachten Verbindungsgeraden beweglich ist, die zwischen den Gelenkachsen der ersten und zweiten Gelenkeinrichtung verläuft. Insbesondere ist hierbei vorgesehen, dass die Gelenkachse der dritten Gelenkeinrichtung relativ zum Antriebsarm in bezüglich der Drehachse des Abtriebskörpers radialer Richtung beweglich ist.

[0022] Auf diese Weise ist der Koppelsteg an dem Antriebsarm derart gelagert, dass er zum einen relativ zum Antriebsarm verschwenkbar ist, zum anderen aber auch translatorisch relativ zum Antriebsarm bewegt werden kann. Auf diese Weise wird Verklemmungstendenzen zwischen dem Koppelsteg und dem Antriebsarm entgegengewirkt.

[0023] Eine derartige Lagerung lässt sich in vorteilhafter Weise dadurch realisieren, dass an dem Koppelsteg ein die Drehachse definierender Lagerbolzen ausgebildet ist, der drehbeweglich und zugleich axial verschiebbar in ein an dem Antriebsarm ausgebildetes Langloch eingreift.

[0024] Ein besonders vorteilhafter Aufbau der Faltenbälge sieht jeweils eine Faltenwand vor, deren Strukturesteifigkeit so gewählt ist, dass bei der im Betrieb auftretenden Innendruckbeaufschlagung auch ohne zusätzliche externe Abstützstrukturen eine radiale Aufweitung verhindert wird und lediglich zumindest partiell Längenänderungen stattfinden können.

[0025] Zweckmäßigerweise mündet in den Innenraum jedes Faltenbalges mindestens ein eigener Fluidsteuerkanal ein, so dass eine voneinander unabhängige interne Fluidbeaufschlagung der beiden Faltenbälge möglich ist. Die beiden Faltenbälge können somit beispielsweise abwechselnd gegensinnig belüftet und entlüftet werden, um eine hin- und hergehende Drehbewegung des Abtriebskörpers zu generieren. Die Faltenbälge sind insbesondere so angeordnet, dass jeder von ihnen aktiv eine Drehbewegung von 45° des Abtriebskörpers herbeiführen kann und gleichzeitig auch eine Drehbewegung in der Gegenrichtung um den gleichen Winkelbereich zulässt. Insbesondere auf diese Weise besteht die Möglichkeit, die Faltenbälge gegeneinander arbeiten zu lassen, um die Systemsteifigkeit und/oder das abgreifbare Drehmoment regeln zu können.

[0026] Aufgrund der inhärenten Federelastizität der Faltenwand jedes Faltenbalges ist prinzipiell eine Betriebsweise dahingehend möglich, dass zur gleichen Zeit stets nur ein Faltenbalg betätigt wird. Um den Abtriebskörper ausgehend von einer Ausgangsstellung in einer Drehrichtung zu verlagern, wird hierbei nur einer der Faltenbälge aktiv mit Druckmedium beaufschlagt. Das Zurückstellen in die Ausgangsstellung erfolgt durch eine Druckentlastung dieses Faltenbalges aufgrund seiner Eigenelastizität. Hiervon abweichend kann allerdings die Rückstellung in die Ausgangsstellung auch mit Unterstützung des jeweils anderen Faltenbalges erfolgen, indem der Entlüftungsvorgang des jeweils einen Faltenbalges mit einem gleichzeitigen Belüftungsvorgang des anderen Faltenbalges synchronisiert wird.

[0027] Die Begriffe Entlüftung und Belüftung werden an dieser Stelle unabhängig davon benutzt, ob als Antriebsmedium für die Faltenbälge ein gasförmiges oder ein flüssiges Druckmedium verwendet wird. Besonders vorteilhaft erweist sich die Drehantriebsvorrichtung für einen Betrieb mit Druckluft.

[0028] Zweckmäßigerweise wird allein durch die Struktur jedes Faltenbalges gewährleistet, dass die gesteuerte Innendruckbeaufschlagung eine bogenförmige und insbesondere kreisbogenförmige Längenvariation des Faltenbalges zur Folge hat. Auf diese Weise erübrigt sich eine zusätzliche externe Zwangsführung der Faltenbälge.

[0029] Die Drehantriebsvorrichtung kann bei Bedarf mit einer Positionserfassungseinrichtung ausgestattet werden, um eine oder mehrere Drehpositionen des Abtriebskörpers erfassen zu können. Die Positionserfassungseinrichtung kann auch als Wegmesssystem ausgeführt sein. Hierbei empfiehlt sich insbesondere eine Ausgestaltung als Folienpotentiometer.

[0030] Besonders kostengünstig lässt sich die Drehantriebsvorrichtung unter Anwendung eines generativen Fertigungsverfahrens herstellen. Die generative Fertigung kann sich auf sämtliche oder auch auf nur einige Komponenten der Drehantriebsvorrichtung beziehen. Vorzugsweise ist zumindest eine den Statorkörper und die beiden Faltenbälge enthaltende Struktureinheit einstückig durch Anwendung eines generativen Fertigungsverfahrens hergestellt.

[0031] Unter verschiedenen bekannten Verfahren der generativen Fertigung eignet sich vor allem das sogenannte selektive Lasersintern zur Herstellung der Drehantriebsvorrichtung. Beim selektiven Lasersintern handelt es sich um ein Verfahren, bei dem räumliche Strukturen durch Sintern aus einem pulverförmigen Ausgangsstoff hergestellt werden. Es handelt sich hierbei um ein generatives Schichtbauverfahren. Die Struktureinheit wird Schicht für Schicht aufgebaut. Durch die Wirkung der Laserstrahlen können beliebige dreidimensionale Geometrien auch mit komplexen Hinterschneidungen erzeugt werden. Basis für den Fertigungsprozess sind in dreidimensionaler Form vorliegende Geometriedaten der gewünschten Struktur, die als Schichtdaten verarbeitet sind, beispielsweise als CAD-Daten.

[0032] Grundsätzlich sind unter dem Begriff "generative Fertigungsverfahren" die häufig auch als Rapid Prototyping beziehungsweise Rapid Manufacturing bezeichneten Verfahren zur schnellen und kostengünstigen Fertigung von Produkten zu verstehen. Die Fertigung erfolgt dabei direkt auf der Basis rechnerinterner Datenmodelle, insbesondere aus formlosen Pulvern mittels chemischer und/oder physikalischer Prozesse. Obwohl es sich um urformende Verfahren handelt, sind für die Realisierung eines konkreten Erzeugnisses keine speziellen Werkzeuge erforderliche, in denen die Geometrie des herzustellenden Produktes implementiert ist.

[0033] Zweckmäßigerweise wird als Material für die durch generative Fertigung erzeugte Struktureinheit ein Kunststoffmaterial verwendet, wobei sich insbesondere Polyamid empfiehlt.

[0034] Unter Anwendung eines generativen Fertigungsverfahrens besteht bei der Drehantriebsvorrichtung auch die vorteilhafte Möglichkeit, mehrere generativ gefertigte Komponenten durch konventionelle Maßnahmen miteinander zu verbinden. So können beispielsweise Gelenkachsen der Gelenkeinrichtungen durch nachträglich eingebrachte Achsbolzen realisiert werden.

[0035] Im Übrigen können die Gelenkeinrichtungen auch insgesamt einstückig aufgebaut sein, beispielsweise nach Art sogenannter Filmscharniere. Hierbei sind die gelenkig miteinander verbundenen Komponenten einstückig miteinander ausgebildet, wobei die Materialdicke

im Bereich der Gelenkeinrichtung zur Definition einer Gelenkachse herabgesetzt ist, so dass die Möglichkeit besteht, die aneinander angelenkten Komponenten durch gegenseitiges Verbiegen relativ zueinander zu verschwenken.

[0036] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Figur 1 eine bevorzugte erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehantriebsvorrichtung in einer perspektivischen Darstellung,

Figur 2 die Drehantriebsvorrichtung aus Figur 1 in einer Seitenansicht mit Blickrichtung gemäß Pfeil II und teilweise aufgebrochen,

Figur 3 eine Draufsicht der Drehantriebsvorrichtung mit Blickrichtung gemäß Pfeil III aus Figur 2,

Figur 4 eine Unteransicht der Drehantriebsvorrichtung mit Blickrichtung gemäß Pfeil IV aus Figur 2,

Figur 5 einen Querschnitt durch die Drehantriebsvorrichtung, rechtwinkelig zur Drehachse des Abtriebskörpers und gemäß Schnittlinie V-V aus Figur 2,

Figur 6 eine weitere Ausführungsform der Drehantriebsvorrichtung in einer perspektivischen Darstellung,

Figur 7 eine Seitenansicht der Drehantriebsvorrichtung aus Figur 6 mit Blickrichtung gemäß Pfeil VII,

Figur 8 eine Draufsicht der Drehantriebsvorrichtung der Figuren 6 und 7 mit Blickrichtung gemäß Pfeil VIII aus Figur 7,

Figur 9 einen Querschnitt durch die Drehantriebsvorrichtung der Figuren 6 bis 8 gemäß Schnittlinie IX-IX aus Figuren 7 und 10, und

Figur 10 einen nichtlinearen Längsschnitt durch die Drehantriebsvorrichtung der Figuren 6 bis 9 gemäß Schnittlinie X-X aus Figur 8.

[0037] Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich, sofern im Einzelfall keine anderen Angaben gemacht werden, auf alle in der Zeichnung abgebildeten Ausführungsbeispiele.

[0038] Die insgesamt mit Bezugsziffer 1 bezeichnete Drehantriebsvorrichtung ist zur Betätigung mittels Fluidkraft ausgelegt und lässt sich mittels eines fluidischen und bevorzugt gasförmigen Druckmediums antreiben. Vorzugsweise ist Druckluft als Antriebsmedium vorgesehen.

[0039] Die Drehantriebsvorrichtung 1 verfügt über einen Statorkörper 2, der zweckmäßigerweise mit mindestens einer Befestigungsschnittstelle 3 ausgestattet ist, mit deren Hilfe er an einer nicht weiter abgebildeten beliebigen Tragstruktur befestigt werden kann. Eine solche Tragstruktur kann beispielsweise der bewegliche Arm eines Handhabungsroboters sein.

[0040] Die Drehantriebsvorrichtung 1 verfügt ferner über einen relativ zu dem Statorkörper 2 um eine Drehachse 4 verdrehbaren Abtriebskörper 5. Die in der Zeichnung durch einen Doppelpfeil illustrierte Drehbewegung des Abtriebskörpers 5 sei als Abtriebsdrehbewegung 6 bezeichnet.

[0041] Der Abtriebskörper 5 kann prinzipiell jede beliebige Gestaltung aufweisen. Beim Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 5 ist er tellerförmig gestaltet. Vorzugsweise verfügt er über mindestens eine exemplarisch durch zwei Befestigungslöcher repräsentierte Befestigungsschnittstelle 7, an der sich eine zu einer Drehbewegung anzutreibende Komponente in bevorzugt lösbarer Weise fixieren lässt. Eine solche Komponente ist beispielsweise als zum Ergreifen von Gegenständen ausgebildete Greifvorrichtung ausgeführt.

[0042] Es ist ohne weiteres möglich, den Abtriebskörper 5 als integralen Bestandteil einer zu einer Drehbewegung anzutreibenden Komponente auszuführen. Eine solche Lösung ist beim Ausführungsbeispiel der Figuren 6 bis 10 verwirklicht. Dort bildet der Abtriebskörper 5 den Basiskörper einer fluidbetätigten Greifvorrichtung 8, die durch Verdrehen des Abtriebskörpers 5 simultan ebenfalls verdrehbar ist. Die Greifvorrichtung 8 weist beispielsweise mehrere an dem Abtriebskörper 5 schwenkbeweglich gelagerte Greifelemente 12 auf, die durch einen integrierten, durch Fluidkraft betätigbaren Aktor 13 der Greifvorrichtung 8 verschwenkbar sind, um einen Greifvorgang auszuführen. Der Aktor 13 ist exemplarisch als Balgaktor ausgebildet und lässt sich über einen mit ihm kommunizierenden und insbesondere den Abtriebskörper 5 durchsetzenden Betätigungskanal 14 hindurch gesteuert mit einem fluidischen Druckmedium beaufschlagen.

[0043] Zur Erzeugung der Abtriebsdrehbewegung 6 kann in den Abtriebskörper 5 ein Drehmoment eingeleitet werden. Dies geschieht unter Mitwirkung eines drehfest mit dem Abtriebskörper 5 verbundenen Antriebsarmes 15, der in einer zu der Drehachse 4 quer und insbesondere rechtwinkelig verlaufenden Richtung von dem Abtriebskörper 5 wegragt. Der Antriebsarm 15 verfügt über einen mit radialem Abstand zu der Drehachse 4 angeordneten Krafteinleitungsabschnitt 16, an dem er mit einer als Schwenkkraft bezeichenbaren Querkraft beaufschlagbar ist, die in einer zu der Drehachse 4 rechtwinkeligen Hauptebene 17 verläuft und zugleich quer zu einer gedachten Verbindungslinie orientiert ist, die die Drehachse 4 mit dem Krafteinleitungsabschnitt 16 verbindet. Je nachdem, in welcher Richtung eine Schwenkkraft in den Krafteinleitungsabschnitt 16 eingeleitet wird, lässt sich der Antriebsarm 15 zu einer Schwenkbewe-

gung 17 um die Drehachse 4 antreiben, die entweder im oder entgegen dem Uhrzeigersinn gerichtet ist. Es besteht insbesondere auch die Möglichkeit, den Antriebsarm 15 zu einer oszillierenden Schwenkbewegung 17 anzutreiben.

[0044] Indem der Antriebsarm 15 drehfest mit dem Abtriebskörper 5 verbunden ist, resultiert aus einer Schwenkbewegung 17 des Antriebsarmes 15 unmittelbar die rotative Abtriebsbewegung 6 des Abtriebskörpers 5.

[0045] Der Antriebsarm 15 und der Abtriebskörper 5 sind zweckmäßigerweise einstückig miteinander ausgebildet, wobei sie insbesondere eine Struktureinheit bilden, die durch Anwendung eines generativen Fertigungsverfahrens hergestellt ist.

[0046] Beim Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 5 ist der Statorkörper 2 mit zwei Lagerlaschen 18a, 18b ausgestattet, zwischen die der Antriebsarm 15 mit einem dem Krafteinleitungsabschnitt 16 entgegengesetzten Lagerabschnitt 22 eingreift, wobei durch die Lagerlaschen 18a, 18b und den Lagerabschnitt 22 ein nicht weiter abgebildeter Lagerbolzen hindurchgesteckt ist, der die Drehachse 4 definiert. Der Abtriebskörper 5 sitzt an einem von dem Antriebsarm 15 wegragenden und insbesondere abgewinkelten Tragarm 21.

[0047] Beim Ausführungsbeispiel der Figuren 6 bis 10 verfügt der Antriebsarm 15 über einen dem außen liegenden Krafteinleitungsabschnitt 16 entgegengesetzten Lagerabschnitt 22, der über einen zu der Drehachse 4 koaxialen, hülsenförmigen Verbindungsabschnitt 23 mit dem Abtriebskörper 5 verbunden ist, wobei der Verbindungsabschnitt 23 zur Definition der Drehachse 4 von mindestens einem von dem Statorkörper 2 getragenen Lagerauge 24 umfasst ist.

[0048] Der Antriebsarm 15 hat zweckmäßigerweise eine zwischen dem Lagerabschnitt 22 und dem Krafteinleitungsabschnitt 16 geradlinigen Längsverlauf. Er kann plattenähnlich ausgebildet sein, wobei seine Hauptausdehnungsebene beim Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 5 parallel zu Drehachse 4 und beim Ausführungsbeispiel der Figuren 6 bis 10 rechtwinkelig zur Drehachse 4 verläuft.

[0049] Zur Erzeugung der auf den Antriebsarm 15 einwirkenden Schwenkkräfte und mithin zur Erzeugung der Abtriebsbewegung 6 ist die Drehantriebsvorrichtung 1 mit zwei Faltenbälgen 25, 26 ausgestattet, die zur besseren Unterscheidung im Folgenden auch als erster Faltenbalg 25 und zweiter Faltenbalg 26 bezeichnet werden. Jeder Faltenbalg 25, 26 hat eine bogenförmige Längserstreckung und mithin eine bogenförmig gekrümmte Längsachse 27.

[0050] Die beiden Faltenbälge 25, 26 sind derart längsseits nebeneinander angeordnet, dass ihre Längsachsen 27 in ein und derselben, zur Drehachse 4 rechtwinkeligen Ebene verlaufen, insbesondere in der Hauptebene 19.

[0051] Jeder Faltenbalg 25, 26 hat eine seinem Krümmungszentrum zugewandte konkave Längsseite 28 und eine diesbezüglich entgegengesetzte, dem Krümmungszentrum abgewandte konvexe Längsseite 29. Die beiden Faltenbälge 25, 26 sind so ausgerichtet, dass ihre konkaven Längsseiten 28 einander zugewandt sind.

[0052] Jeder Faltenbalg 25, 26 hat zwei in Achsrichtung seiner Längsachse 27 einander entgegengesetzt orientierte Endabschnitte, deren einer als ortsfester Endabschnitt 32 und deren anderer als beweglicher Endabschnitt 33 bezeichnet sei.

[0053] Jeder Faltenbalg 25, 26 verfügt über eine eine Faltenstruktur aufweisende Umfangswand, die im Folgenden als Faltenwand 34 bezeichnet sei. Exemplarisch sind die ortsfesten und beweglichen Endabschnitte 32, 33 von Endabschnitten der Faltenwand 34 des betreffenden Faltenbalges 25, 26 gebildet. Jede Faltenwand 34 umschließt peripher und unter Abdichtung einen Balginnenraum 35.

[0054] Jeder Faltenbalg 25, 26 ist mit seinem ortsfesten Endabschnitt 32 bevorzugt starr an dem Statorkörper 2 befestigt.

[0055] Der Statorkörper 2 verfügt zweckmäßigerweise über einen Halteabschnitt 36, an dem beide ortsfesten Endabschnitte 32 fixiert sind. Der Halteabschnitt 36 greift insbesondere zwischen die beiden ortsfesten Endabschnitte 32 ein und weist zwei einander entgegengesetzt orientierte Stirnflächen 37 auf, an die sich jeweils einer der ortsfesten Endabschnitte 32 anschließt. Der Halteabschnitt 36 liegt in der gleichen Ebene wie die Längsachsen 27 der beiden Faltenbälge 25, 26.

[0056] Vorzugsweise sind die beiden Faltenbälge 25, 26 beziehungsweise deren Faltenwände 34 über den dazwischen angeordneten Halteabschnitt 36 einstückig miteinander verbunden. In vorteilhafter Weise kann der Statorkörper 12 gemeinsam mit den beiden Faltenbälgen 25, 26 eine einstückige Struktureinheit bilden, die durch Anwendung eines generativen Fertigungsverfahrens hergestellt ist.

[0057] Die Faltenwände 34 sind fluiddicht an dem Statorkörper 2 angebracht. Somit sind die Faltenbälge 25, 26 im Bereich der ortsfesten Endabschnitte 32 durch den Statorkörper 2 dicht verschlossen.

[0058] Auch im Bereich der beweglichen Endabschnitte 33 sind die Faltenbälge 25, 26 fluiddicht verschlossen. Jeder Faltenbalg 25, 26 verfügt dort über eine Verschlusswand 38, an der die zugeordnete Faltenwand 34 unter Abdichtung und vorzugsweise einstückig, insbesondere im Rahmen eines generativen Fertigungsverfahrens, angebracht ist.

[0059] Auf diese Weise sind die Balginnenräume 35 jeweils zur Umgebung hin durch eine periphere Faltenwand 34, eine Verschlusswand 38 und den Statorkörper 2 hermetisch dicht abgeschlossen.

[0060] Jeder Balginnenraum 35 kann allerdings gesteuert mit einem Antriebsmedium beaufschlagt werden. Hierbei ist insbesondere eine individuelle, voneinander unabhängige Fluidbeaufschlagung der beiden Faltenbälge 25, 26 durchführbar. Ermöglicht wird dies dadurch, dass in jeden Balginnenraum 35 einer von zwei Fluid-

steuerkanälen 43, 44 einmündet, die den Statorkörper 2 durchsetzen und mit jeweils einer Anschlussöffnung zu einer Außenfläche 45 des Statorkörpers 2 ausmünden. An die Anschlussöffnungen kann unter Zwischenschaltung externer Fluidkanäle eine die Verbindung mit einer Druckquelle und einer Drucksenke steuernde Steuerventileinrichtung angeschlossen werden, die insbesondere in der Lage ist, die Fluidbeaufschlagung der beiden Balginnenräume 35 unabhängig voneinander zu steuern.

[0061] Die Fluidbeaufschlagung eines Balginnenraumes 35 hat zur Folge, dass der zugeordnete Faltenbalg 25 oder 26 zumindest partiell eine Verlängerung in Achsrichtung seiner Längsachse 27 erfährt. Die Faltenwand 34 wird bei einer solchen Fluidbeaufschlagung zumindest bereichsweise axial gedehnt. Entsprechend reduziert sich die Balglänge, wenn der Balginnenraum 35 wieder druckentlastet wird.

[0062] Die Längenveränderung des Faltenbalges 25, 26 äußert sich in einer Verlagerung des beweglichen Endabschnittes 33 des betreffenden Faltenbalges 25, 26 gemäß Doppelpfeil 46 in der Achsrichtung der zugeordneten Längsachse 27. Der bewegliche Endabschnitt 33 bewegt sich dabei entlang einer gekrümmten Bahn, was auf die besondere Struktur der Faltenwand 34 zurückzuführen ist.

[0063] Zum einen verfügt die Faltenwand 34 jedes Faltenbalges 25, 26 über eine derartige Struktursteifigkeit, dass sie bei den in ihrem Innern auftretenden Betriebsdrücken des Antriebsmediums keine radiale Aufweitung erfährt, sondern lediglich Längenänderungen zulässt. Die Längenänderungen resultieren aus einem Aufweiten und Zusammenziehen der in Achsrichtung der Längsachse 27 aufeinanderfolgenden Falten 47 der Faltenwand 34. Mit ein wesentlicher Faktor für die Längenveränderung entlang einer gekrümmten Bewegungsbahn ist beim Ausführungsbeispiel, dass die radial gemessene Faltentiefe der Falten 47 im Bereich der konvexen Längsseite 29 wesentlich größer ist als im Bereich der konkaven Längsseite 28. Die Figur 9 illustriert anhand des zweiten Ausführungsbeispiels, dass die Faltentiefe an der konkaven Längsseite 28 nur einen Bruchteil derjenigen im Bereich der außen liegenden konvexen Längsseite 29 beträgt.

[0064] Beim Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 5 ist die Faltentiefe im Bereich der konkaven Längsseite 28 sogar auf null reduziert. Im Bereich der konkaven Längsseite 28 liegt hier überhaupt keine Faltung vor und die Faltenwand 28 hat dort einen ungefalteten, insbesondere streifenförmigen Wandabschnitt, der keinerlei Längendehnung zulässt.

[0065] Dies bedeutet, dass bei einer Fluidbeaufschlagung eines Balginnenraumes 35 die Längenveränderung eines Faltenbalges 25, 26 vom radial innenliegenden Querschnittsbereich zum radial außenliegenden Querschnittsbereich zunimmt, wobei der Begriff "radial" bezogen ist auf das Krümmungszentrum der Bogenstruktur des betreffenden Faltenbalges 25, 26.

[0066] Insbesondere beim Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 5 hat eine Fluidbeaufschlagung des Balginnenraumes 35 zur Folge, dass die Faltenwand 34 an ihrer innen angeordneten konkaven Längsseite 28 überhaupt keine Längenänderung erfährt, sondern dort nur in dem Maße umgebogen wird, in dem die Faltenwand 34 in ihrem radial weiter außen liegenden Bereich durch Entfaltung bzw. Längendehnung der Faltenwand 34 verlängert wird.

[0067] Zur Kraftübertragung zwischen den Faltenbälgen 25, 26 und dem Antriebsarm 15 ist die Drehantriebsvorrichtung 1 mit einem die beiden beweglichen Endabschnitte 33 der Faltenbälge 25, 26 verbindenden starren Koppelsteg 48 ausgestattet. Der Koppelsteg 48, der zweckmäßigerweise eine geradlinige Erstreckung hat, ist über eine erste Gelenkeinrichtung 51 am beweglichen Endabschnitt 33 des ersten Faltenbalges 25 angelenkt. Außerdem ist der Koppelsteg 48 an einer zu der ersten Gelenkeinrichtung 51 beabstandeten Stelle über eine zweite Gelenkeinrichtung 52 am beweglichen Endabschnitt 33 des zweiten Faltenbalges 26 angelenkt.

[0068] Jede der beiden Gelenkeinrichtungen 51, 52 definiert eine Gelenkachse 54, die parallel zur Drehachse 4 des Abtriebskörpers 5 verläuft, die gleichzeitig eine Schwenkachse des Antriebsarmes 15 definiert.

[0069] Aufgrund der beiden Gelenkeinrichtungen 51, 52 ist der Koppelsteg 48 einerseits relativ zum beweglichen Endabschnitt 33 des ersten Faltenbalges 25 und andererseits relativ zum beweglichen Endabschnitt 33 des zweiten Faltenbalges 26 verschwenkbar. Als Schwenkachse fungiert die jeweils zugeordnete Gelenkachse 54.

[0070] Der Antriebsarm 15 ist an seinem Krafteinleitungsabschnitt 16 und, mithin an einer zu der Drehachse 4 radial beabstandeten Stelle, mittels einer dritten Gelenkeinrichtung 53 gelenkig mit dem Koppelsteg 48 verbunden. Die dritte Gelenkeinrichtung 53 definiert ebenfalls eine Gelenkachse 54, die zu der Drehachse 4 und mithin zu den Gelenkachsen 54 der ersten und zweiten Gelenkeinrichtung 51, 52 parallel verläuft.

[0071] Die dritte Gelenkeinrichtung 53 ist mit Abstand zur ersten und zweiten Gelenkeinrichtung 51, 52 angeordnet, wobei der Abstand zur ersten Gelenkeinrichtung 51 insbesondere gleichgroß ist wie der Abstand zur zweiten Gelenkeinrichtung 52. Vorzugsweise befindet sich die dritte Gelenkeinrichtung 53 zwischen der ersten und zweiten Gelenkeinrichtung 51, 52. Aufgrund der dritten Gelenkeinrichtung 53 ist der Koppelsteg 58 relativ zum Antriebsarm 15 verschwenkbar gelagert.

[0072] Die erste und zweite Gelenkeinrichtung 51, 52 ist jeweils so ausgebildet, dass zwischen den aneinander angelenkten Komponenten 33, 48 jeweils Schub- und Zugkräfte in bezüglich der zugeordneten Gelenkachse 34 radialer Richtung übertragbar sind. Die erste und zweite Gelenkeinrichtung 51, 52 definiert also jeweils ausschließlich einen Schwenkfreiheitsgrad zwischen dem Koppelsteg 48 und dem zugeordneten beweglichen Endabschnitt 33.

[0073] Die dritte Gelenkeinrichtung 53 ist bei beiden Ausführungsbeispielen so ausgebildet, dass der Koppelsteg 48 unter Vermittlung der zugeordneten Gelenkachse 54 Querkräfte in den Antriebsarm 15 einleiten kann, die rechtwinkelig zu einer gedachten Verbindungsgeraden ausgerichtet sind, die sich zwischen der Drehachse 4 und der Gelenkachse 54 der dritten Gelenkeinrichtung 53 erstreckt. Diese Kräfte fungieren als Schwenkkräfte, die unter Berücksichtigung des von dem Antriebsarm 15 definierten Hebelarmes das an dem Abtriebskörper 5 abgreifbare Drehmoment generieren.

[0074] Wird durch Fluidbeaufschlagung eines Balginnenraumes 35 die Länge eines Faltenbalges 25 oder 26 vergrößert, verlagert sich der zugeordnete bewegliche Endabschnitt 33, wobei dessen Bewegung über die zugeordnete erste oder zweite Gelenkeinrichtung 51, 52 und die dritte Gelenkeinrichtung 53 in den Antriebsarm 15 eingeleitet wird, so dass dieser eine Schwenkkraft erfährt.

[0075] Da die beiden Faltenbälge 25, 26 über den Koppelsteg 48 zwangsgekoppelt sind, führen sie stets gegensinnige Auslenkbewegungen 46 in ihrer Längsrichtung aus. Mit anderen Worten hat somit die Verlängerung des jeweils einen Faltenbalges eine gleichzeitige Verkürzung des jeweils anderen Faltenbalges zur Folge. Daraus resultiert der vorteilhafte Effekt, dass der Antriebsarm 15 bei jeder Winkelstellung in jeder seiner beiden möglichen Schwenkrichtungen mit einer Schwenkkraft beaufschlagbar ist. Somit kann der Antriebsarm 15 stets aktiv in beiden Richtungen beaufschlagt werden. Dabei ist auch eine gleichzeitige Beaufschlagung in beiden Richtungen möglich, um eine Aussteifung des Systems zu erzielen.

[0076] Allen Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, dass die Drehachse 4, in ihrer Achsrichtung betrachtet, zwischen den beiden Faltenbälgen 25, 26 verläuft und dabei insbesondere mit zumindest im Wesentlichen gleichem Abstand zu diesen beiden Faltenbälgen 25, 26.

[0077] Besonders zweckmäßig ist eine Anordnung der Drehachse 4 im Bereich der beiden ortsfesten Endabschnitte 32.

[0078] Hinsichtlich der dritten Gelenkeinrichtung 53 besteht die Möglichkeit zu einer Ausgestaltung, bei der wie bei den ersten und zweiten Gelenkeinrichtungen 51, 52 eine bezüglich der zugeordneten Gelenkachse 54 allseitige radiale Abstützung zwischen dem Koppelsteg 48 und dem Antriebsarm 15 vorliegt. Eine solche Ausführungsform ist beim Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 5 realisiert. Somit sind zwischen dem Koppelsteg 48 und dem Antriebsarm 15 ausschließlich Schwenkbewegungen um die Gelenkachse 54 der dritten Gelenkeinrichtung 53 möglich.

[0079] Man hat somit beim Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 5 eine Lösung, bei der die Gelenkachsen 54 sämtlicher Gelenkeinrichtungen 51, 52, 53 quer zu ihrer Achsrichtung ortsfest bezüglich jeweils beider durch eine jeweilige Gelenkeinrichtung 51, 52, 53 aneinander angelenkter Komponenten angeordnet sind.

[0080] Die Gelenkachse 54 der dritten Gelenkeinrichtung 53 ist somit insbesondere derart abgestützt, dass ihr Abstand zu der Drehachse 4 unabhängig vom Betriebszustand der beiden Faltenbälge 25, 26 und insbesondere auch unabhängig von der momentanen Schwenkposition des Antriebsarmes 15 konstant ist.

[0081] Eine hierzu alternative Bauform, die exemplarisch anhand Figuren 6 bis 10 illustriert ist, gestattet der Gelenkachse 54 der dritten Gelenkeinrichtung 53 einen translatorischen Bewegungsfreiheitsgrad in einer zur Drehachse 4 rechtwinkeligen Ebene und dabei quer zu einer gedachten Verbindungsgeraden, die die Gelenkachsen 54 der ersten und zweiten Gelenkeinrichtung 51, 52 miteinander verbindet.. Der.translatorische Bewegungsfreiheitsgrad ist insbesondere ein linearer Bewegungsfreiheitsgrad, wobei die entsprechende Linearbewegung in Figur 9 bei 55 mittels eines Doppelpfeils illustriert ist.

[0082] Besonders vorteilhaft ist eine Ausgestaltung, bei der die Gelenkachse 54 der dritten Gelenkeinrichtung 53 relativ zum Antriebsarm 15 in bezüglich der Drehachse 4 radialer Richtung linear beweglich ist.

[0083] Die dritte Gelenkeinrichtung 53 kann zur Gewährleistung der geschilderten Eigenschaften beispielsweise so gestaltet sein, dass der Antriebsarm 15 über ein den translatorischen Bewegungsfreiheitsgrad gewährleistendes Langloch 56 verfügt, in dem ein fest am Koppelsteg 48 angeordneter Lagerbolzen 57 linear verschiebbar und - unter Definition der Gelenkachse 54 - zugleich auch drehbar aufgenommen ist.

[0084] Die beim Ausführungsbeispiel der Figuren 6 bis 10 realisierte Variante einer dritten Gelenkeinrichtung 53 verspricht große Schwenkwinkel für den Antriebsarm 15 bei bereits verhältnismäßig geringer Auslenkung der Faltenbälge 25, 26. Die relative Beweglichkeit zwischen den beiden Faltenbälgen 25, 26 wird verbessert, weil der Antriebsarm 15 in der bezüglich der Drehachse 4 radialen Richtung keine Blockierung des Koppelsteges 48 hervorruft.

[0085] Zur Anbringung der ersten und zweiten Gelenkeinrichtungen 51, 52 sind die beiden Faltenbälge 25, 26 an ihren beweglichen Endabschnitten 33 zweckmäßigerweise mit jeweils einem Lagerflansch 58 versehen, der insbesondere einstückig mit der zugeordneten Verschlusswand 38 ausgebildet ist. Aus Figuren 1 und 6 ist gut ersichtlich, dass der Lagerflansch 58 gabelförmig ausgebildet sein kann, so dass der Koppelsteg 48 zwischen zwei Lagerschenkel des Lagerflansches 58 eingreifen kann.

[0086] Zur Realisierung der ersten und zweiten Gelenkeinrichtung 51, 52 ist der Koppelsteg 48 zweckmäßigerweise an seinen beiden einander entgegengesetzten Endabschnitten von je einer zur Drehachse 4 parallelen Lagerbohrung durchsetzt, die mit in dem Lagerflansch 58 ausgebildeten Lagerbohrungen fluchtet, wobei in die miteinander fluchtenden Lagerbohrungen ein die Gelenkachse 54 definierender Lagerbolzen 61 eingesteckt ist. Ein solcher Lagerbolzen 61 kann in vergleichbarer

Weise auch zur Realisierung der dritten Gelenkeinrichtung 53 des in Figuren 1 bis 5 gezeigten Ausführungsbeispiels verwendet werden.

[0087] Antriebsarm 15 und Koppelsteg 48 können beispielsweise so angeordnet sein, dass der Antriebsarm 15 an einer Längsseite des Koppelsteges 48 außen vorbeigreift. Dies ist beim Ausführungsbeispiel der Figuren 6 bis 10 der Fall.

[0088] Bei dem in Figuren 1 bis 5 gezeigten Ausführungsbeispiel verfügt der Koppelsteg 48 über ein Fenster 62, in das der Antriebsarm 15 mit seinem Krafteinleitungsabschnitt 16 eintaucht und in dessen Bereich der als Gelenkachse 54 fungierende Lagerbolzen 57 angeordnet ist.

[0089] Abweichend von den Ausführungsbeispielen können sämtliche Gelenkeinrichtungen 51, 52, 53 auch einstückig und insbesondere unter Anwendung eines generativen Fertigungsverfahrens realisiert sein.

[0090] Sofern eine generative Fertigung vorliegt, wird insbesondere das Verfahren des selektiven Lasersinterns angewandt.

[0091] Als Material für die Drehantriebsvorrichtung 1, insbesondere soweit es sich um generativ gefertigte Komponenten handelt, kommt insbesondere ein Kunststoffmaterial in Frage, vorzugsweise Polyamid.

[0092] Um die Drehposition beziehungsweise den Drehwinkel des Abtriebskörpers 5 zu erfassen, kann die Drehantriebsvorrichtung 1 mit einer Positionserfassungseinrichtung ausgestattet sein, insbesondere mit einem Wegmesssystem. Die Positionserfassung kann insbesondere durch Erfassung mindestens einer Schwenkposition des Antriebsarmes 15 realisiert werden. In Figur 5 ist bei 63 ein in dem Antriebsarm 15 ausgebildetes Aufnahmeloch 63 ersichtlich, in dem sich ein Betätigungselement einer Positionserfassungseinrichtung fixieren lässt.

[0093] Die Drehantriebsvorrichtungen 1 beider Ausführungsformen sind mit jeweils zwei generativ gefertigten Faltenbälgen 25, 26 ausgestattet, die bei Ausdehnung eine Drehbewegung des Abtriebskörpers 5 um bis zu 90° ermöglichen. Die Faltenbälge 25, 26 sind derart angeordnet, dass jeder Faltenbalg 25 oder 26 aktiv eine Drehbewegung um 45° herbeiführen kann und gleichzeitig eine Drehbewegung um 45° in die Gegenrichtung zulässt. Somit können die Faltenbälge 25, 26 auch gegeneinander arbeiten, so dass das Drehmoment beziehungsweise die Steifigkeit regelbar ist.

[0094] Für die beiden Faltenbälge 25, 26 erübrigt sich eine Zwangsführung. Die bogenförmige Längenvariation ergibt sich allein schon durch lediglich die besondere Formgebung der Faltenwand 34.

[0095] Vor allem in diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn die Faltenwand 34 einen im Wesentlichen rechteckförmigen Querschnitt hat, wie dies beispielsweise in der Schnittdarstellung der Figur 10 zum Ausdruck kommt. Die Wandabschnitte an der konkaven Längsseite 28 und an der konvexen Längsseite 29 haben dabei zweckmäßigerweise jeweils einen zur Längsachse 4 parallelen Verlauf.

Patentansprüche

1. Fluidbetätigte Drehantriebsvorrichtung, mit einem Statorkörper (2) und einem relativ zu dem Statorkörper (2) um eine Drehachse (4) verdrehbaren Abtriebskörper (5), ferner mit einem drehfest mit dem Abtriebskörper (5) verbundenen und um die Drehachse (4) verschwenkbaren Antriebsarm (15), und mit zwei jeweils eine bogenförmige Längserstreckung aufweisenden Faltenbälgen (25, 26), die mit einander zugewandten konkaven Längsseiten (28) nebeneinander angeordnet sind, wobei sie jeweils einen an dem Statorkörper (2) befestigten ortsfesten Endabschnitt (32) und einen diesbezüglich entgegengesetzten, beabstandet zu der Drehachse (4) mit dem Antriebsarm (15) bewegungsgekoppelten beweglichen Endabschnitt (33) aufweisen, wobei die beiden Faltenbälge (25, 26) durch gesteuerte interne Fluidbeaufschlagung zumindest bereichsweise längenvariabel sind, um mit ihren beweglichen Endabschnitten (33) eine Schwenkkraft auf den Antriebsarm (15) auszuüben, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich zwischen den beiden beweglichen Endabschnitten (33) der Faltenbälge (25, 26) ein starrer Koppelsteg (48) erstreckt, der über eine erste Gelenkeinrichtung (51) mit dem einen beweglichen Endabschnitt (33) und über eine diesbezüglich beabstandete zweite Gelenkeinrichtung (52) mit dem anderen beweglichen Endabschnitt (33) gelenkig verbunden ist, und dass der Antriebsarm (15) mit radialem Abstand zu der Drehachse (4) über eine zu der ersten und zweiten Gelenkeinrichtung (51, 52) beabstandete dritte Gelenkeinrichtung (53) gelenkig mit dem Koppelsteg (48) verbunden ist, wobei jede Gelenkeinrichtung (51, 52, 53) eine zu der Drehachse (4) parallele Gelenkachse definiert.

2. Drehantriebsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Faltenbälge (25, 26) mit ihren ortsfesten Endabschnitten (32) starr an dem Statorkörper (2) befestigt sind.

3. Drehantriebsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Statorkörper (2) mit einem Halteabschnitt (36) zwischen die beiden ortsfesten Endabschnitte (32) der Faltenbälge (25, 26) eingreift, insbesondere derart, dass die beiden ortsfesten Endabschnitte (32) auf einander entgegengesetzten Seiten des Halteabschnittes (36) angeordnet sind, wobei der Halteabschnitt (36) zweckmäßigerweise von mit den Balginnenräumen (35) der Faltenbälge (25, 26) kommunizierenden Fluidsteuerkanälen (43, 44) durchsetzt ist.

4. Drehantriebsvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch**

gekennzeichnet, dass jeder Faltenbalg (25, 26) eine periphere Faltenwand (34) hat, die einenends unter Abdichtung einstückig an dem Halteabschnitt (36) befestigt ist.

5. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Faltenbalg (25, 26) eine periphere Faltenwand (34) aufweist, die derart strukturiert ist, dass die Faltenhöhe im Bereich der konvexen Längsseite (29) größer ist als im Bereich der konkaven Längsseite (28).

6. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Faltenbalg (25, 26) eine periphere Faltenwand (34) aufweist, die derart strukturiert ist, dass sie im Bereich ihrer konkaven Längsseite (28) zwar biegbar, jedoch längeninvariant ist.

7. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehachse (4), in Achsrichtung dieser Drehachse (4) gesehen, zwischen den beiden Faltenbälgen (25, 26) verläuft und dabei insbesondere in der Nachbarschaft der beiden ortsfesten Endabschnitte (32).

8. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abtriebskörper (5) und der Antriebsarm (15) einstückig miteinander ausgebildet sind.

9. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gelenkachsen (54) sämtlicher Gelenkeinrichtungen (51, 52, 53) quer zu ihrer Achsrichtung ortsfest bezüglich jeweils beider durch eine Gelenkeinrichtung (51, 52, 53) aneinander angelenkter Komponenten (33, 48, 15) angeordnet sind.

10. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gelenkachse (54) der dritten Gelenkeinrichtung (53) derart abgestützt ist, dass ihr Abstand zu der Drehachse (4) unabhängig vom Betriebszustand der beiden Faltenbälge (25, 26) stets konstant ist.

11. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gelenkachse (54) der dritten Gelenkeinrichtung (53) in einer zur Drehachse (4) rechtwinkeligen Ebene quer zu einer gedachten Verbindungsgeraden beweglich ist, die die Gelenkachsen (54) der ersten und zweiten Gelenkeinrichtung (51, 52) miteinander verbindet.

12. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gelenkachse (54) der dritten Gelenkeinrichtung (53) relativ zum Antriebsarm (15) in bezüglich der Drehachse (4) radialer Richtung beweglich ist.

13. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faltenbälge (25, 26) jeweils eine Faltenwand (34) haben, deren Struktursteifigkeit eine radiale Aufweitung verhindert und lediglich zumindest bereichsweise Längenänderungen zulässt.

14. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Balginnenraum (35) jedes Faltenbalges (25, 26) mindestens ein eigener Fluidsteuerkanal (43, 44) mündet, der zweckmäßigerweise den Statorkörper (2) durchsetzt, insbesondere derart, dass eine voneinander unabhängige interne Fluidbeaufschlagung der beiden Faltenbälge (25, 26) möglich ist.

15. Drehantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine den Statorkörper (2) und die beiden Faltenbälge (25, 26) enthaltende Struktureinheit einstückig durch Anwendung eines generativen Fertigungsverfahrens hergestellt ist, insbesondere durch selektives Lasersintern, wobei die Struktureinheit zweckmäßigerweise aus Polyamid besteht.

Claims

1. Fluid-actuated rotary actuator device, comprising a stator body (12) and a driven body (5) which is rotatable about an axis of rotation (4) relative to the stator body (12), further comprising a drive arm (15) which is non-rotatably connected to the driven body (5) and pivotable about the axis of rotation (4), and further comprising two bellows (25, 26), each having an arcuate longitudinal dimension, which are arranged one beside the other with their concave longitudinal sides (28) facing one another, wherein each of them comprises a stationary end section (32) secured to the stator body (2) and a movable end section (33) located opposite the former at a distance from the axis of rotation (4) and motion-coupled to the drive arm (15), wherein the two bellows (25, 26) are at least in some regions variable in length by controlled internal fluid application in order to apply a pivoting force to the drive arm (15) with their movable end sections (33), **characterised in that** a rigid coupling web (48) extends between the two movable end sections (33) of the bellows (25, 26), which web (48) is connected to the one movable end section (33) via a first joint device (51) and to the other movable end section (33) via a second joint device (52) located at a distance therefrom, and **in that** the drive arm (15) is hinged to the coupling web (48) at a radial distance from the axis of rotation (4) via a third joint device (53) located at a distance from the first and

second joint devices (51, 52), each of the joint devices (51, 52, 53) defining a joint axis parallel to the axis of rotation (4).

2. Rotary actuator device according to claim 1, **characterised in that** the two bellows (25, 26) are rigidly secured to the stator body (2) by their stationary end sections (32).

3. Rotary actuator device according to claim 1 or 2, **characterised in that** the stator body (2) engages with a retaining section (36) between the two stationary end sections (32) of the bellows (25, 26), in particular in such a way that the two stationary end sections (32) are placed on opposite sides of the retaining section (36), wherein fluid control passages (43, 44) communicating with the bellows interiors (35) of the bellows (25, 26) expediently pass through the retaining section (36).

4. Rotary actuator device according to claim 3, **characterised in that** each bellows (25, 26) has a peripheral corrugation wall (34) one end of which is integrally secured to the retaining section (36) while forming a seal.

5. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** each bellows (25, 26) has a peripheral corrugation wall (34) which is structured such that the corrugation height is greater in the region of the convex longitudinal side (29) than in the region of the concave longitudinal side (28).

6. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 5, **characterised in that** each bellows (25, 26) has a peripheral corrugation wall (34) which is structured such that it is bendable but variable in length in the region of its concave longitudinal side (28).

7. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** the axis of rotation (4) as viewed in the axial direction of said axis of rotation (4) extends between the two bellows (25, 26), in particular in the proximity of the two stationary end sections (32).

8. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 7, **characterised in that** the driven body (5) and the drive arm (15) are designed as a single piece.

9. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 8, **characterised in that** the joint axes (54) of all joint devices (51, 52, 53) are, at right angles to their axial direction, arranged to be stationary with respect to each pair of components (33, 48, 15) which are hinged to one another by a joint device (51, 52, 53).

10. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 9, **characterised in that** the joint axis (54) of the third joint device (53) is supported in such a way that its distance from the axis of rotation (4) remains constant irrespective of the operating state of the two bellows (25, 26).

11. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 8, **characterised in that** the joint axis (54) of the third joint device (53) is movable in a plane perpendicular to the axis of rotation (4) at right angles to an imaginary straight connecting line which connects the joint axes (54) of the first and second joint devices (51, 52) to one another.

12. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 8 or according to claim 11, **characterised in that** the joint axis (54) of the third joint device (53) is movable relative to the drive arm (15) in a direction which is radial with respect to the axis of rotation (4).

13. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 12, **characterised in that** each of the bellows (25, 26) has a corrugation wall (34), the structural rigidity of which prevents a radial expansion and only allows changes in length at least in some regions.

14. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 13, **characterised in that** at least one dedicated fluid control passage (43, 44) which expediently passes through the stator body (2), in particular in such a way that an independent internal application of fluid to the two bellows (25, 26) is possible, terminates into the bellows interior (35) of each bellows (25, 26).

15. Rotary actuator device according to any of claims 1 to 14, **characterised in that** at least one structural unit containing the stator body (2) and the two bellows (25, 26) is produced in one piece using a generative manufacturing method, in particular selective laser sintering, the structural unit expediently consisting of polyamide.

Revendications

1. Dispositif d'entraînement rotatif à actionnement fluidique, comprenant un corps de stator (2) et un corps de sortie (5) pouvant être tourné autour d'un axe de rotation (4) par rapport au corps de stator (2), comprenant en outre un bras d'entraînement (15) relié de manière solidaire en rotation au corps de sortie (5) et pouvant pivoter autour de l'axe de rotation (4), et comprenant deux soufflets (25, 26) présentant respectivement une extension longitudinale en forme d'arc, lesquels sont disposés l'un à côté de l'autre par des côtés longitudinaux (28) concaves tournés les uns vers les autres, sachant que les soufflets

présentent respectivement une section d'extrémité immobile (32) fixée au niveau du corps de stator (2) et une section d'extrémité mobile (33) opposée à la section d'extrémité immobile dont le déplacement est couplé au bras d'entraînement (15) à distance de l'axe de rotation (4), sachant que les deux soufflets (25, 26) présentent une longueur variable au moins par endroits du fait de l'action interne commandée d'un fluide afin d'exercer sur le bras d'entraînement (15) une force de pivotement par leurs sections d'extrémité mobiles (33), **caractérisé en ce que** s'étend, entre les deux sections d'extrémité mobiles (33) des soufflets (25, 26), une entretoise de couplage (48) rigide, laquelle est reliée de manière articulée à l'une des sections d'extrémité mobiles (33) par l'intermédiaire d'un premier système d'articulation (51) et à l'autre section d'extrémité mobile (33) par l'intermédiaire d'un deuxième système d'articulation (52) tenu à distance du premier système d'articulation, et **en ce que** le bras d'entraînement (15) est relié de manière articulée à l'entretoise de couplage (48) par l'intermédiaire d'un troisième système d'articulation (53) tenu à distance du premier système d'articulation et du deuxième système d'articulation (51, 52) à une distance radiale par rapport à l'axe de rotation (4), sachant que chaque système d'articulation (51, 52, 53) définit un axe d'articulation parallèle à l'axe de rotation (4).

2. Dispositif d'entraînement rotatif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les deux soufflets (25, 26) sont fixés par leurs sections d'extrémité immobiles (32) de manière rigide au niveau du corps de stator (2).

3. Dispositif d'entraînement rotatif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le corps de stator (2) vient en prise avec une section de retenue (36) entre les deux sections d'extrémité immobiles (32) des soufflets (25, 26), en particulier de telle manière que les deux sections d'extrémité immobiles (32) sont disposées sur des côtés opposés de la section de retenue (36), sachant que la section de retenue (36) est traversée de manière appropriée par des canaux de commande de fluide (43, 44) communiquant avec les espaces intérieurs de soufflet (35) des soufflets (25, 26).

4. Dispositif d'entraînement rotatif selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** chaque soufflet (25, 26) comporte une paroi plissée (34) périphérique, qui est fixée au niveau d'une extrémité au niveau de la section de retenue (36) d'un seul tenant en assurant l'étanchéité.

5. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** chaque soufflet (25, 26) présente une paroi plissée (34) périphérique, qui est structurée de telle manière que la hauteur des plis est plus grande dans la zone du côté longitudinal convexe (29) que dans la zone du côté longitudinal concave (28).

6. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** chaque soufflet (25, 26) présente une paroi plissée (34) périphérique, qui est structurée de telle manière qu'elle peut être certes cintrée dans la zone de son côté longitudinal concave (28) sans pour autant faire varier sa longueur.

7. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'axe de rotation (4), vu dans la direction axiale dudit axe de rotation (4), s'étend entre les deux soufflets (25, 26), et dans ce cadre en particulier à proximité des deux sections d'extrémité immobiles (32).

8. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le corps de sortie (5) et le bras d'entraînement (15) sont réalisés ensemble d'un seul tenant.

9. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** les axes d'articulation (54) de tous les systèmes d'articulation (51, 52, 53) sont disposés, de manière transversale par rapport à leur direction axiale, de manière immobile par rapport à respectivement les deux composants (33, 48, 15) articulés l'un contre l'autre par un système d'articulation (51, 52, 53).

10. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'axe d'articulation (54) du troisième système d'articulation (53) est soutenu de telle manière que sa distance par rapport à l'axe de rotation (4) est toujours constante indépendamment de l'état de fonctionnement des deux soufflets (25, 26).

11. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** l'axe d'articulation (54) du troisième système d'articulation (53) est mobile dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation (4), de manière transversale par rapport à une droite de liaison imaginaire, laquelle relie entre eux les axes d'articulation (54) du premier système d'articulation et du deuxième système d'articulation (51, 52).

12. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 ou 11, **caractérisé en ce que** l'axe d'articulation (54) du troisième système d'articulation (53) est mobile, par rapport au bras d'entraînement (15), dans une direction radiale par rapport à l'axe de rotation (4).

13. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les soufflets (25, 26) comportent respectivement une paroi plissée (34), dont la rigidité structurelle empêche un élargissement radial et autorise seulement au moins par endroits des modifications de la longueur.

14. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** débouche dans l'espace intérieur de soufflet (35) de chaque soufflet (25, 26) au moins un canal de commande de fluide (43, 44) propre, lequel traverse de manière appropriée le corps de stator (2) en particulier de telle manière que les deux soufflets (25, 26) peuvent être soumis indépendamment l'un de l'autre à l'action interne d'un fluide.

15. Dispositif d'entraînement rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce qu'**au moins une unité structurelle contenant le corps de stator (2) et les deux soufflets (25, 26) est fabriquée d'un seul tenant en utilisant un procédé génératif de fabrication, en particulier par un frittage par laser sélectif, sachant que l'unité structurelle est constituée de manière appropriée de polyamide.

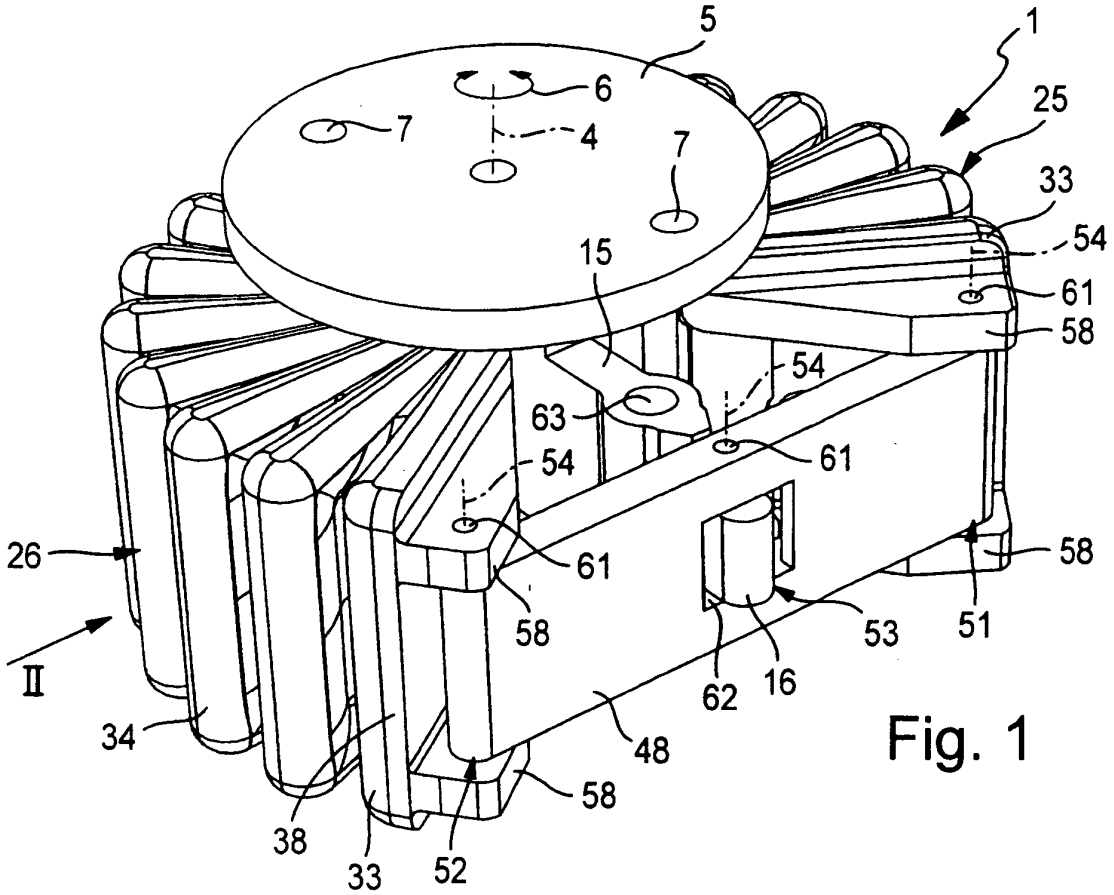

5
1
6
25
7
4
7
33
54
15
61
58
54
63
61
54
61
26
58
58
II
53
51
62
16
34
48
58
38
33
52

Fig. 1

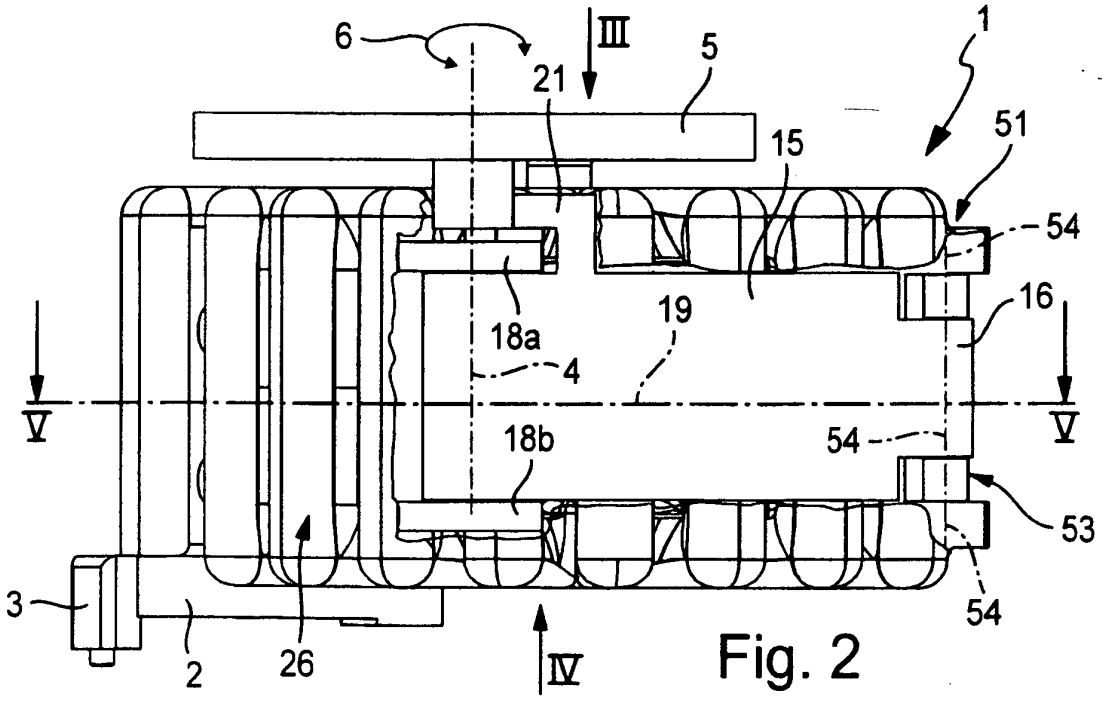

6
III
1
21
5
51
15
54
16
19
18a
4
V
V
18b
54
53
3
54
2
26
IV

Fig. 2

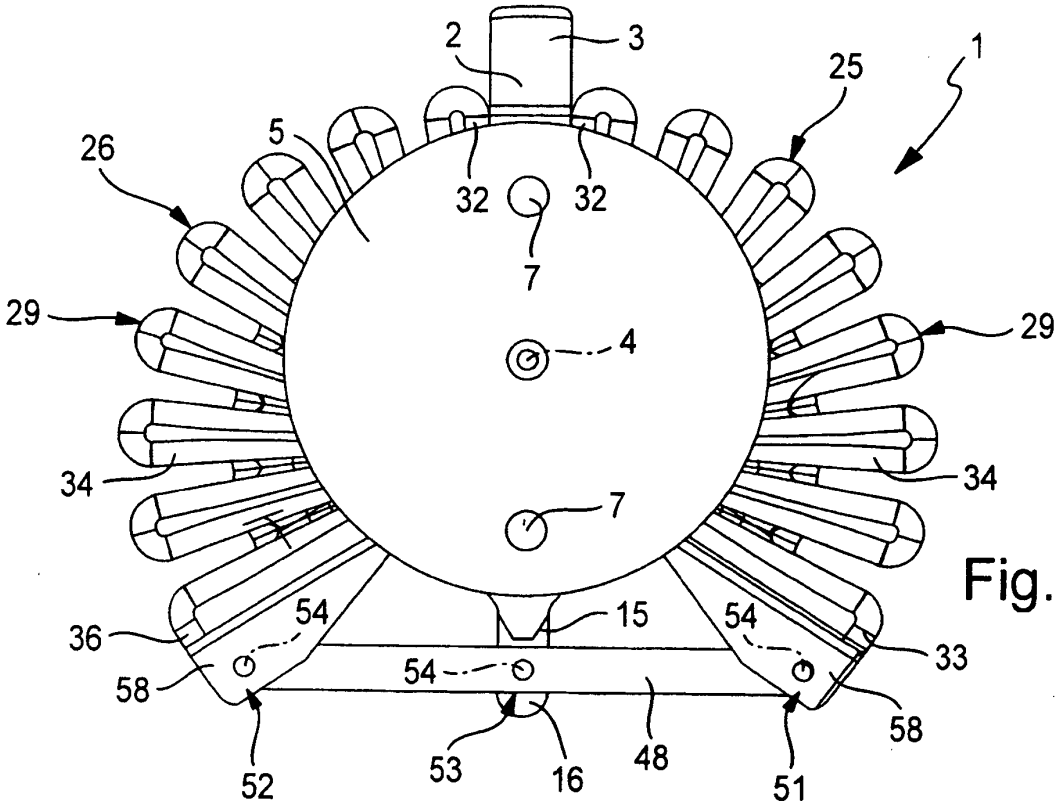

2
3
1
25
26
5
32
32
7
29
29
4
34
34
7
54
15
54
36
33
54
58
58
52
53
16
48
51

Fig. 3

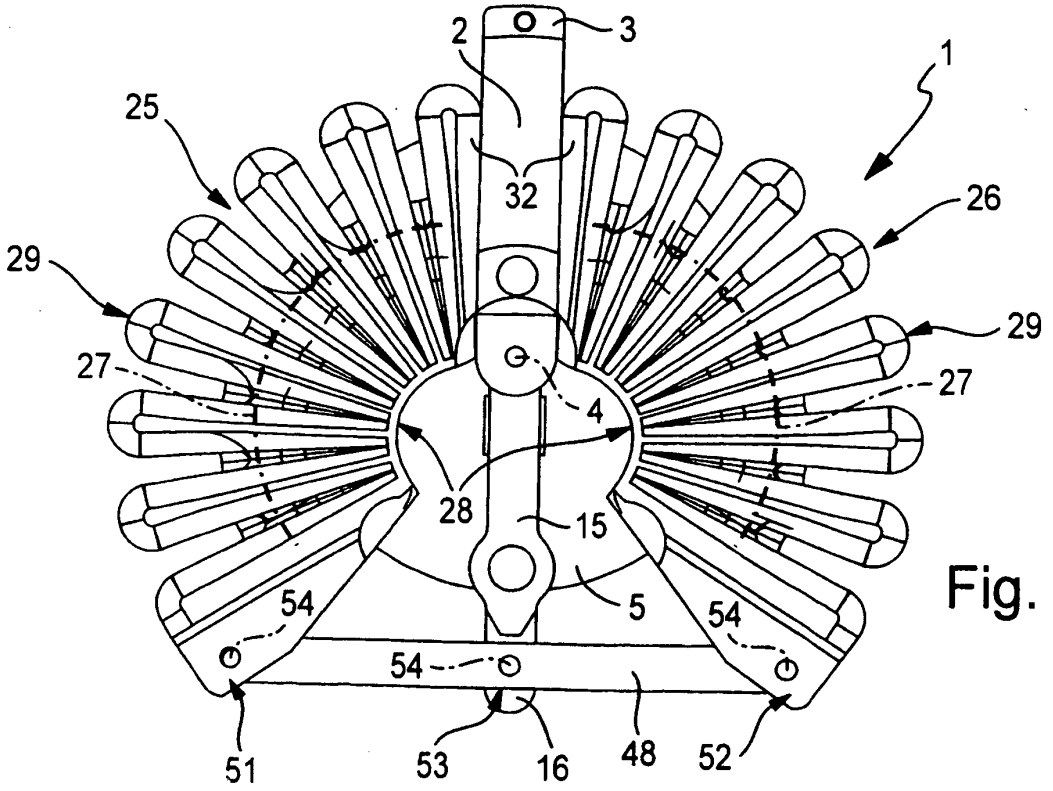

2
3
1
25
32
26
29
29
27
27
4
28
15
5
54
54
54
51
53
16
48
52

Fig. 4

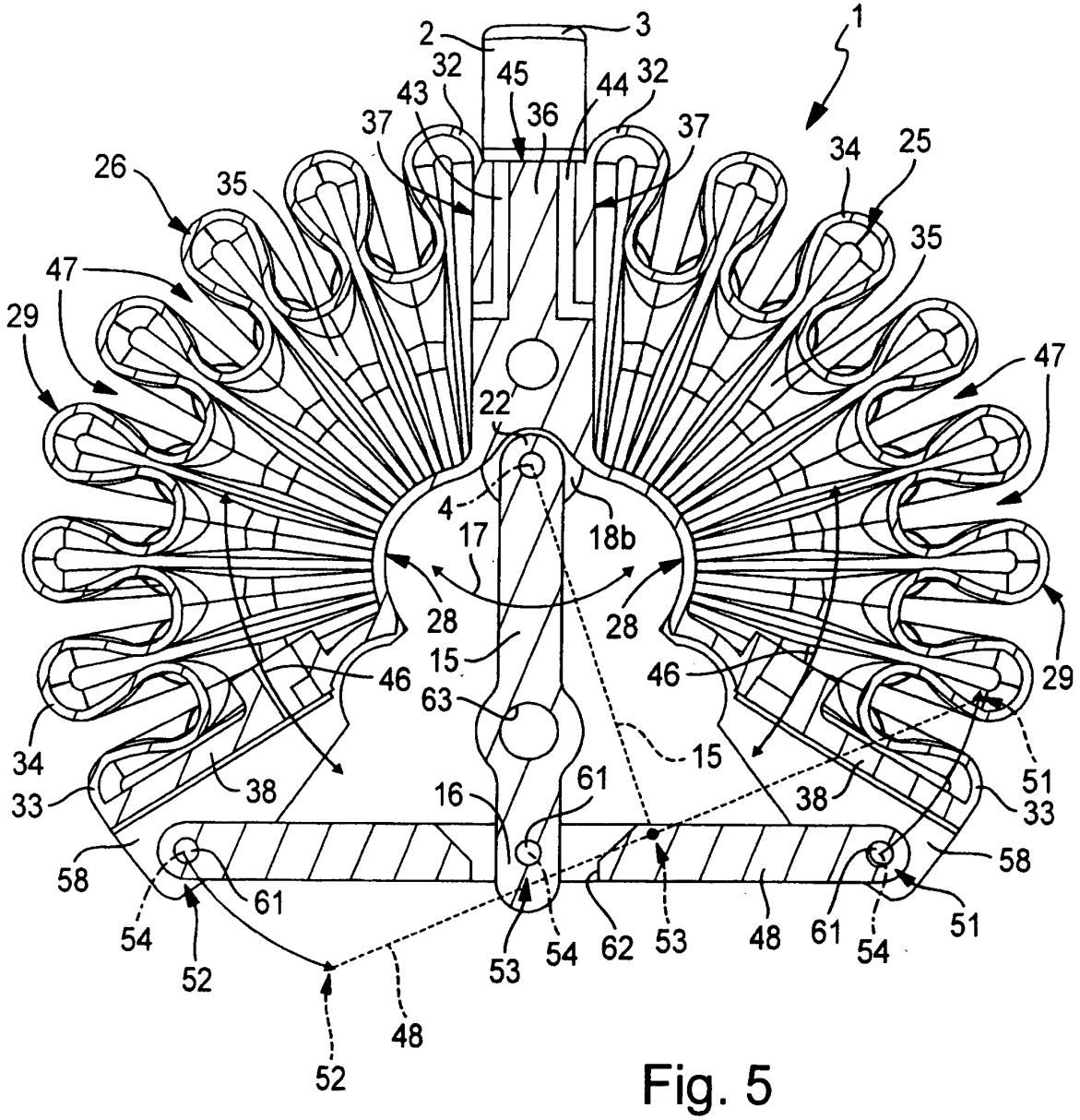

1
2
3
32
45
44
32
43
36
37
37
26
35
34
25
35
47
29
47
22
4
17
18b
28
28
15
46
46
29
63
34
15
33
38
16
61
38
51
33
58
58
61
54
52
53
54
62
53
48
61
54
51
48
52

Fig. 5

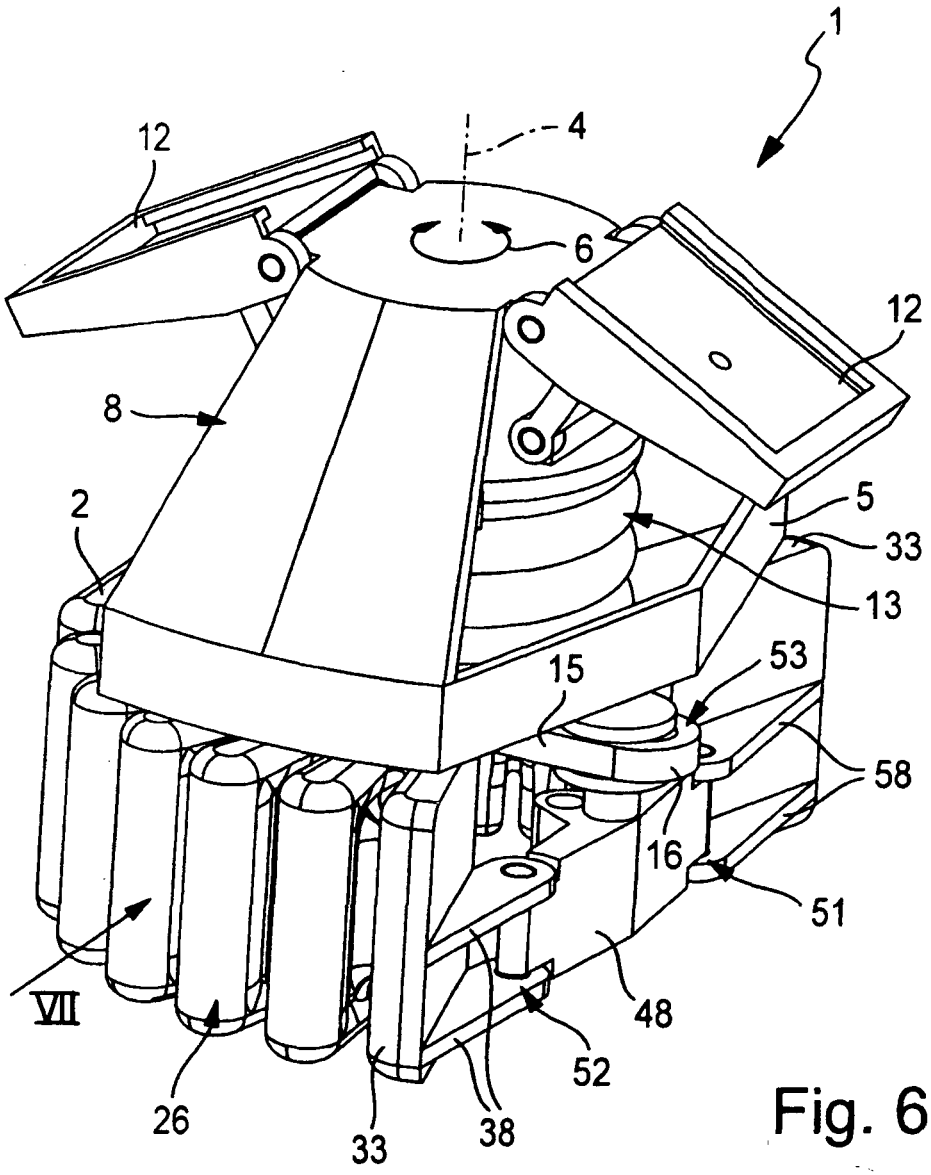


Fig. 6

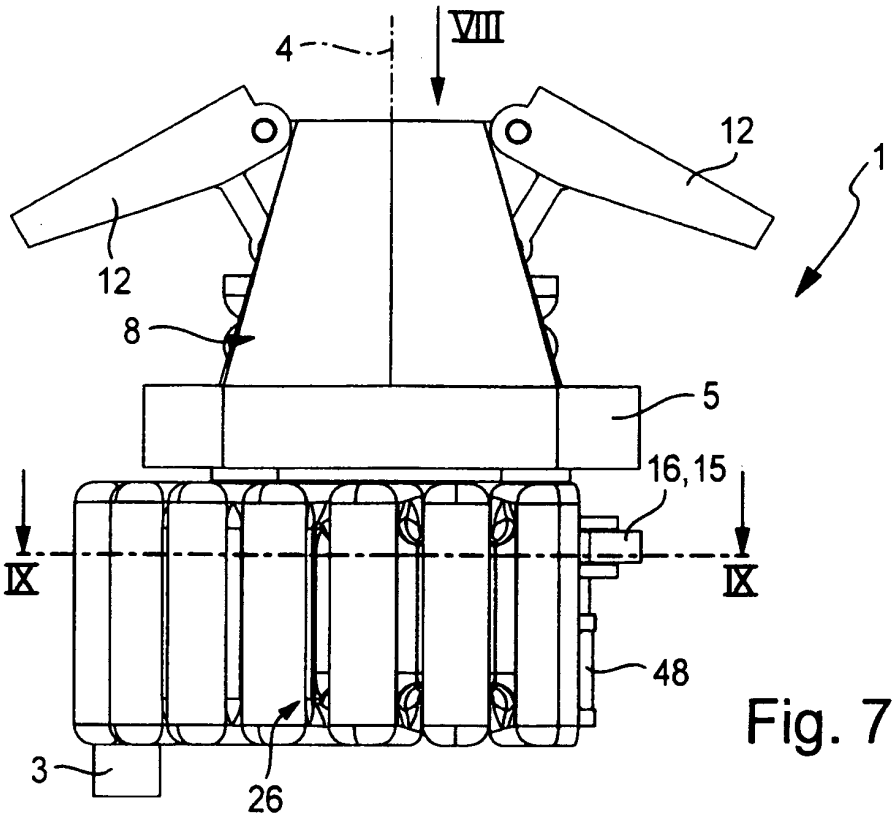


Fig. 7

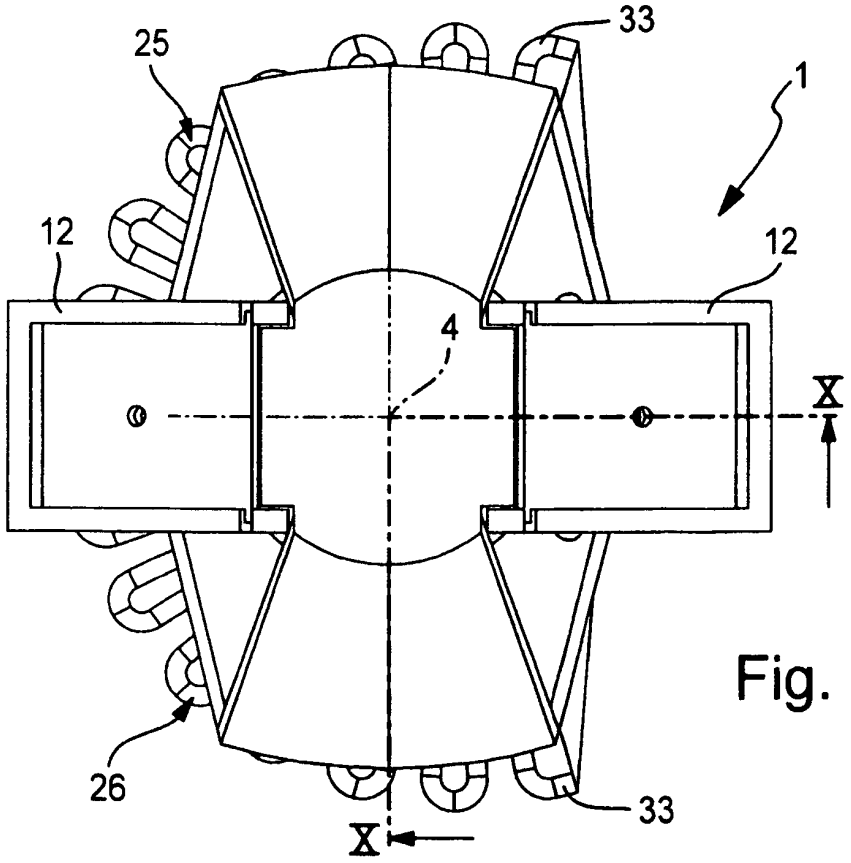


Fig. 8

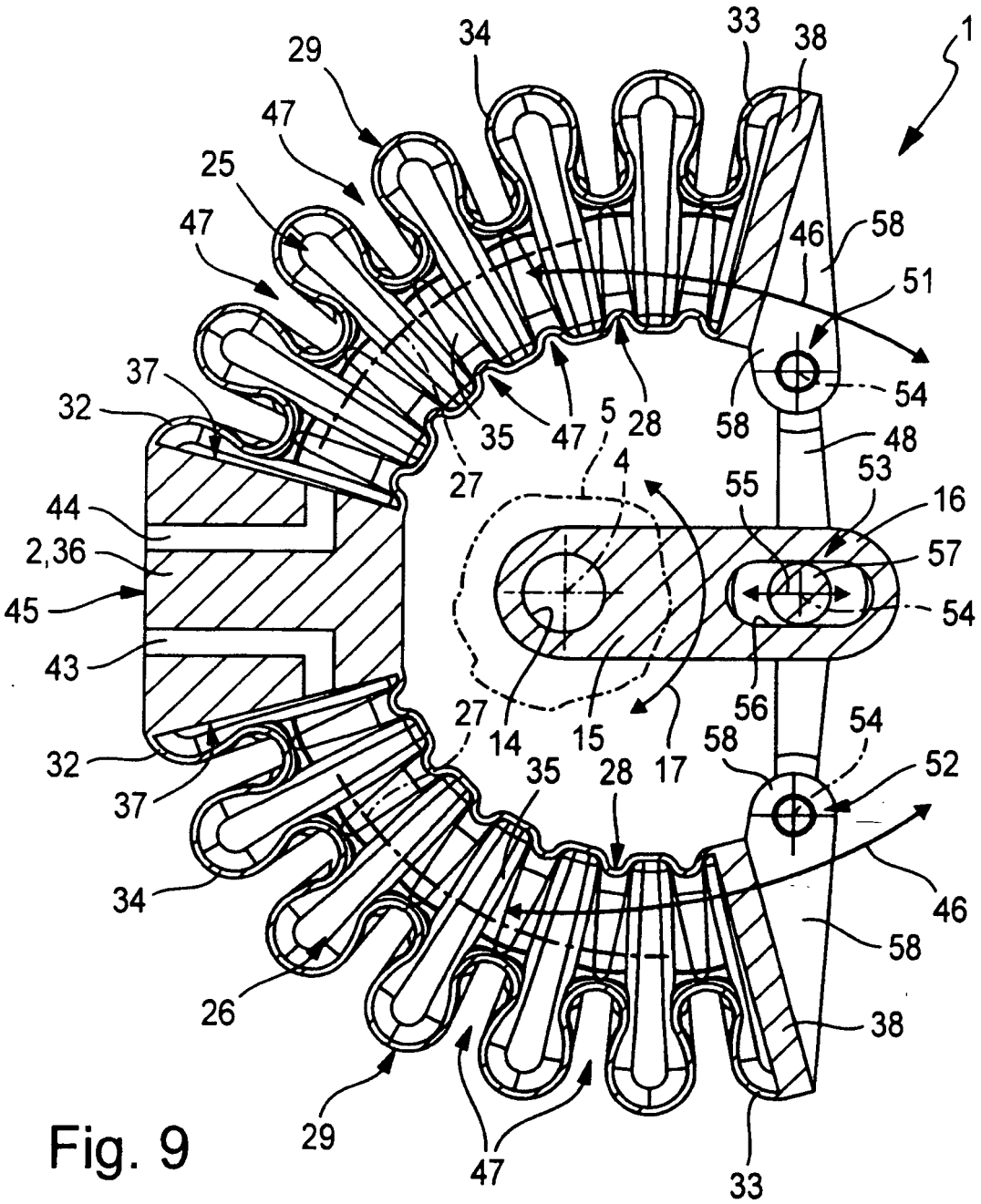

1
29
34
33
38
47
25
47
46
58
51
54
37
32
35
47
5
28
58
48
27
4
55
53
16
44
2,36
57
45
54
43
27
14
15
17
56
54
58
32
35
28
52
37
34
46
58
26
38
29
47
33

Fig. 9

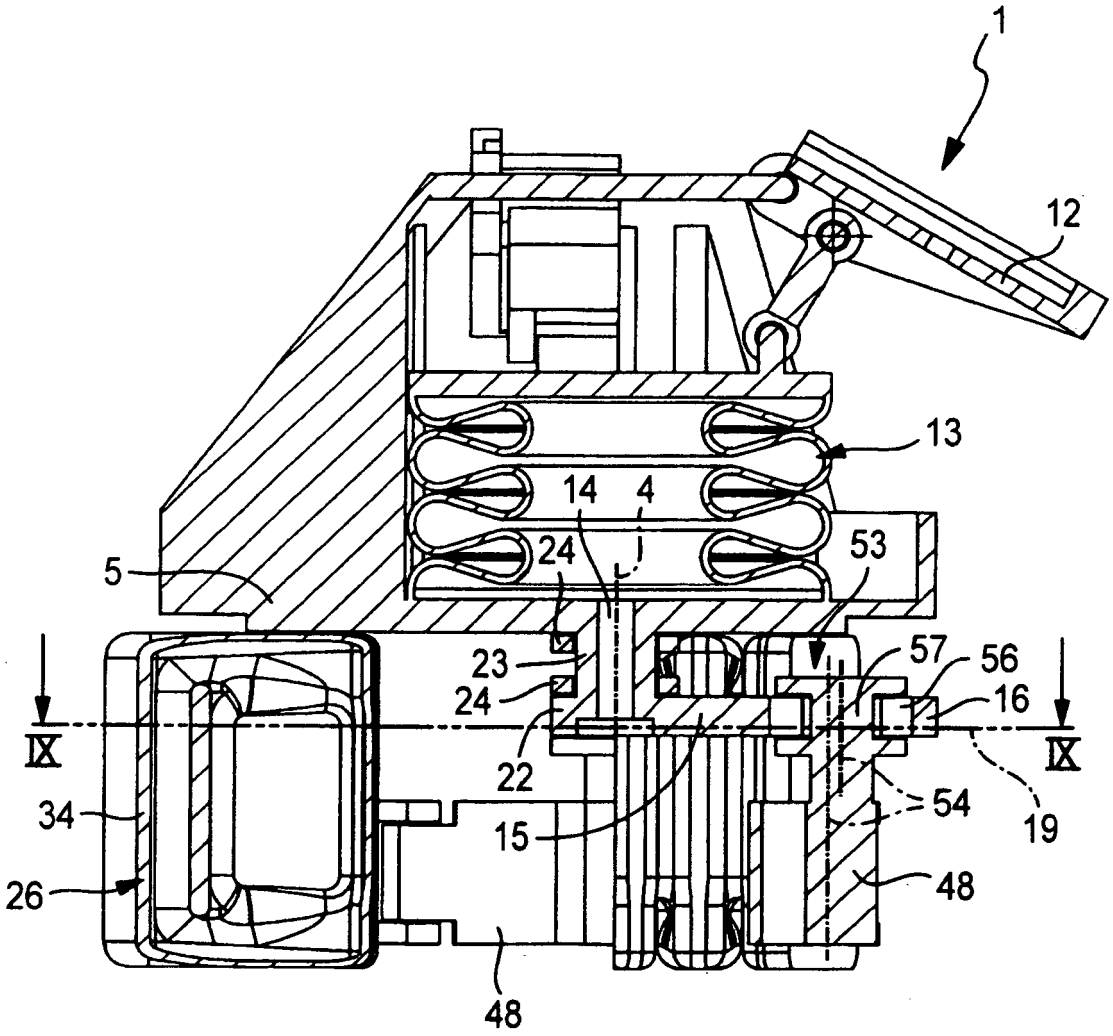


Fig. 10

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10149395 A1 **[0002]**
- DE 4312503 A1 **[0004]**
- DE 4328522 A1 **[0005]**
- US 3977648 A **[0006]**
- DE 102006022855 A1 **[0007]**