



(10) **DE 10 2020 104 746 B3** 2021.06.02

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 104 746.0**
(22) Anmeldetag: **24.02.2020**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.06.2021**

(51) Int Cl.: **A61B 90/50** (2016.01)
A61B 5/055 (2006.01)
A61B 34/30 (2016.01)
B25J 11/00 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
**Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 39106
Magdeburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2017 / 0 308 667	A1
US	4 266 548	A

(72) Erfinder:
**Odenbach, Robert, 39116 Magdeburg, DE; Hajer,
Johannes, 91301 Forchheim, DE**

(54) Bezeichnung: **Positioniereinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Positioniereinrichtung (20) für die Positionierung eines medizinischen Artikels (1, 2, 3) relativ zu einem Patienten, wobei die Positioniereinrichtung (20) einen Basiskörper (22) und einen zum Halten des medizinischen Artikels (1, 2, 3) eingerichteten Haltekörper (50) aufweist, der über einen Verstellmechanismus in wenigstens einem Freiheitsgrad in einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen Position und/oder einer Winkelorientierung gegenüber dem Basiskörper (22) verstellbar ist, wobei der Verstellmechanismus zur Verstellung des Haltekörpers (50) in wenigstens einem Freiheitsgrad einen Seilzug-Mechanismus aufweist.

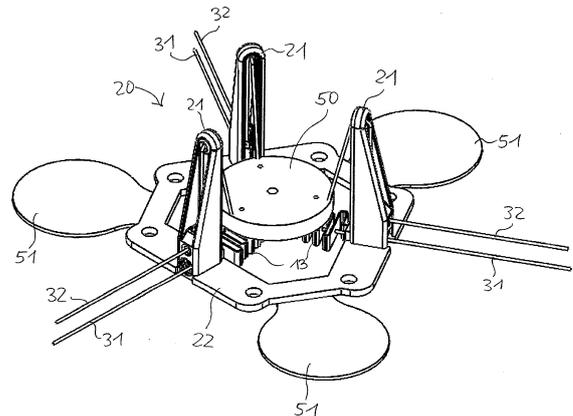


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Positioniereinrichtung für die Positionierung eines medizinischen Artikels relativ zu einem Patienten, wobei die Positioniereinrichtung einen Basiskörper und einen zum Halten des medizinischen Artikels eingerichteten Haltekörper aufweist, der über einen Verstellmechanismus in wenigstens einem Freiheitsgrad in einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen Position und/oder einer Winkelorientierung gegenüber dem Basiskörper verstellbar ist.

[0002] Zumindest in Bezug auf die Positioniereinrichtung betrifft die vorliegende Erfindung das Gebiet medizinischer Vorrichtungen, insbesondere für den Bereich bildgebender Untersuchungen wie z.B. die Magnetresonanztomographie (MRT). Insbesondere im Bereich interventioneller Anwendungen des MRT bestehen besondere Anforderungen, z.B. hinsichtlich der MRT-Kompatibilität der verwendeten Materialien der medizinischen Vorrichtung sowie der Bedienbarkeit medizinischer Einrichtungen in einem relativ langen und schmalen MRT-Tunnel. Insbesondere sollen auch unnötige Belastungen der in diesem Bereich tätigen Personen durch das Magnetfeld vermieden werden. Für solche Anwendungen im Bereich des MRT existieren beispielsweise einfache mechanische Positionierhilfen, die die Führung einer Biopsienadel oder ähnlicher Instrumente erlauben und vom Anwender im Wesentlichen hinsichtlich der Winkelorientierung eingestellt werden können. Solche Einrichtungen können aber nicht aus der Ferne bedient werden.

[0003] Aus der US 2017 / 0 308 667 A1 ist ein mechanisch fern bedientes Gerät für eine Fernmanipulation bekannt. Aus der US 4 266 548 A ist eine Einrichtung und ein Verfahren zur Nutzung von Energie zum Schneiden pathologischen Gewebes bekannt.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Positioniereinrichtung für die Positionierung eines medizinischen Artikels anzugeben, die die zuvor erwähnten Nachteile vermeidet.

[0005] Diese Aufgabe wird mit einer Positioniereinrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst. Dies beinhaltet, dass der Verstellmechanismus zur Verstellung des Basiskörpers in wenigstens einem Freiheitsgrad einen Seilzug-Mechanismus aufweist. Der Seilzug-Mechanismus hat den Vorteil, dass die Positioniereinrichtung mittels eines Zugseils des Seilzug-Mechanismus fernbedienbar ist. Der Benutzer muss somit zur präzisen Einstellung des medizinischen Artikels bzw. des Basiskörpers in den möglichen Freiheitsgraden nicht innerhalb des MRT-Tunnels arbeiten, sondern kann das Zugseil von außen bedienen. Das Zugseil bzw. der Seilzug-Mechanismus kann auch über

automatisch betätigbare Aktuatoren betätigt werden, beispielsweise computergesteuert.

[0006] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass ein solcher Verstellmechanismus durchgehend MRT-kompatibel gestaltet werden kann, da der Seilzug-Mechanismus beispielsweise ohne Metallteile oder ähnliches realisiert werden kann. Das erforderliche Zugseil kann beispielsweise ein Kunststoffseil sein. Die erfindungsgemäße Positioniereinrichtung, die auch als Mikropositionierungssystem bezeichnet werden kann, eignet sich somit für die Ausrichtung und Führung von medizinischen Artikeln jeder Art, insbesondere von minimalinvasiven Instrumenten, die in der interventionellen MRT eingesetzt werden.

[0007] Mit der Erfindung ist somit eine Fernsteuerbarkeit der Positionierung des medizinischen Artikels möglich, sodass die Positionierung aus der Entfernung auch bei nur wenig zur Verfügung stehenden Raum ohne weiteres möglich ist. Die Positioniereinrichtung ist damit wesentlich anwendungsfreundlicher und komfortabler zu bedienen.

[0008] Die Positioniereinrichtung, insbesondere der wenigstens eine Seilzug-Mechanismus kann beispielsweise manuell bedient werden. Beispielsweise kann an dem Seil des Seilzug-Mechanismus manuell gezogen werden. Für eine Arretierung in einer gewünschten Position kann das Seil dann fixiert werden, beispielsweise mit einem üblichen Seilzug-Fixierelement wie z.B. eine Klampe oder eine Seilklemme.

[0009] Wie nachfolgend noch erläutert wird, kann das Seil des Seilzug-Mechanismus auch mittels eines Seilzugaktuator und/oder über einen steuerbaren Motor und/oder einen Fluidmuskel betätigt werden.

[0010] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Verstellmechanismus zur Verstellung des Haltekörpers mehrere Seilzug-Mechanismen oder ausschließlich Seilzug-Mechanismen aufweist. Dies erlaubt eine vollständige Fernbedienbarkeit der Positioniereinrichtung in allen vorhandenen Freiheitsgraden in einer MRT-kompatiblen Ausführung. Beispielsweise kann der Verstellmechanismus zwei Verschiebe-Freiheitsgrade aufweisen, in denen der Haltekörper beispielsweise in einer x-Richtung und einer y-Richtung gegenüber dem Basiskörper verstellbar ist, und zwei Winkelorientierungs-Freiheitsgrade, in denen der Haltekörper gegenüber dem Basiskörper hinsichtlich der Winkelorientierung verstellbar ist. Ein zusätzlicher Freiheitsgrad kann darin bestehen, dass der Haltekörper oder der am Haltekörper befestigte medizinische Artikel in einer dritten Koordinatenrichtung, d.h. der z-Richtung, die orthogonal zur x-Richtung und der y-Richtung ausgerichtet ist, verstellbar ist. Dabei

können beispielsweise zwei, drei oder mehr Seilzug-Mechanismen für die Einstellung der zweidimensionalen Verschiebeposition vorhanden sein, zwei, drei oder mehr Seilzug-Mechanismen für die Winkelorientierungs-Verstellung sowie mindestens ein Seilzug-Mechanismus für die Verstellung in der z-Richtung. Bei geschickter Konstruktion der Positioniereinrichtung können dieselben Seilzug-Mechanismen, die für die Einstellung der Verschiebeposition dienen, zugleich auch für die Einstellung der Winkelorientierung genutzt werden, sodass die gesamte Positioniereinrichtung zur Einstellung der erwähnten Freiheitsgrade lediglich vier Seilzug-Mechanismen benötigt.

[0011] Ein Seilzug-Mechanismus kann dabei nur ein Zugseil aufweisen, mit dem eine Verstellung in einer Richtung erfolgen kann. Die Rückstellung in die entgegengesetzte Richtung kann beispielsweise durch ein Federrückstellelement erfolgen. Ein Seilzug-Mechanismus kann auch zwei Zugseile aufweisen, die in entgegengesetzter Richtung wirksam sind, sodass durch Betätigung eines jeweiligen Zugseils die Verstellung in dem einen Freiheitsgrad in beiden Richtungen erfolgen kann. In diesem Fall ist ein Federrückstellelement nicht unbedingt erforderlich.

[0012] Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass die Positioniereinrichtung wenigstens ein Federrückstellelement aufweist, durch das eine über wenigstens einen Seilzug-Mechanismus vorgenommene Verstellung des Haltekörpers in eine Ausgangslage rückstellbar ist. Dies hat den Vorteil, dass der Seilzug-Mechanismus relativ einfach gestaltet sein kann und für die Verstellung in einem Freiheitsgrad lediglich ein Zugseil benötigt wird. Die Rückstellung in der entgegengesetzten Richtung des Freiheitsgrads erfolgt dann über das Federrückstellelement. Das Federrückstellelement, insbesondere dessen Feder, kann dabei auch aus einem MRT-kompatiblen Material gefertigt sein, beispielsweise aus Kunststoff.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Federrückstellelement zur Rückstellung des Haltekörpers sowohl hinsichtlich einer Winkelverstellung als auch hinsichtlich einer Positionsverstellung eingerichtet ist. Auf diese Weise ist das Federrückstellelement universell wirksam und übernimmt die Rückstellung in mehreren Freiheitsgraden. Auf diese Weise kann die Positioniereinrichtung mit relativ wenigen Bauteilen realisiert werden.

[0014] Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass das Federrückstellelement ein mit dem Basiskörper gekoppeltes Basiselement, ein mit dem Haltekörper gekoppeltes Halteelement und mehrere das Basiselement mit dem Halteelement verbindende Federn aufweist. Dabei kann das Basiselement auch einstückiger Bestandteil des Basiskörpers sein. Das Halteelement kann einstückiger Bestandteil des Haltekör-

pers sein. Das Halteelement ist somit federnd an dem Basiselement aufgehängt.

[0015] Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass das Halteelement umfangsseitig von Basiselement umgeben ist, wobei sich die Federn jeweils radial vom Außenumfang des Halteelementes zum Innenumfang des Basiselementes erstrecken. Dabei kann über den Außenumfang des Halteelementes verteilt eine Anordnung von zwei, drei, vier oder mehr Federn vorhanden sein. Vorteilhaft ist insbesondere eine Anordnung von drei Federn, die jeweils um einen Winkel von 120 Grad voneinander versetzt sind.

[0016] Das Federrückstellelement kann weitere Merkmale aufweisen, beispielsweise Merkmale des nachfolgend noch als unabhängige Erfindung erläuterten Federrückstellelementes.

[0017] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der wenigstens eine Seilzug-Mechanismus ein polyfiles Seil als Zugseil aufweist. Dies hat den Vorteil, dass ein MRT-kompatibles Zugseil mit geringer Dehnung eingesetzt werden kann. Das Zugseil kann beispielsweise als geflochtenes Seil ausgebildet sein. Alternativ kann auch ein monofiles Zugseil eingesetzt werden, wenn dieses den Anforderungen entspricht.

[0018] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Positioniereinrichtung wenigstens einen Seilzugaktuator auf, durch den mittels eines Seilzug-Mechanismus wenigstens ein Bauteil der Positioniereinrichtung verstellt werden kann. Der Seilzugaktuator kann beispielsweise Teil des Verstellmechanismus sein. Der Seilzugaktuator kann beispielsweise als Linearaktuator ausgebildet sein, der in Folge einer Betätigung des Seilzug-Mechanismus eine lineare Stellbewegung ausführt.

[0019] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Positioniereinrichtung ein Hexapodsystem zur Verstellung des Haltekörpers auf. Ein solches Hexapodsystem erlaubt eine präzise Einstellung des Haltekörpers in mehreren Freiheitsgraden, beispielsweise in drei Raumrichtungen und in drei Winkelfreiheitsgraden. Das Hexapodsystem kann als Aktuatoren einen oder mehrere Seilzugaktuatoren der zuvor erläuterten Art aufweisen.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Positioniereinrichtung einen Betätigungsmechanismus für die Betätigung des medizinischen Artikels auf, der einen drehbar gelagerten Seilzug hat. Mit einem derartigen Betätigungsmechanismus kann der medizinische Artikel, beispielsweise eine Biopsienadel, axial bewegt werden. Durch den drehbar gelagerten Seilzug kann diese axiale Bewegung aus der Ferne gesteuert werden, wobei durch

die Drehbarkeit die Steuerung aus unterschiedlichen Richtungen erfolgen kann.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der wenigstens eine Seilzug-Mechanismus wenigstens einen Flaschenzug aufweist. Durch den Flaschenzug kann insbesondere eine sehr feinfühligke Wegeinstellung mittels des Zugseils erfolgen, entsprechend dem Übersetzungsfaktor des Flaschenzugs. Die Positioniereinrichtung eignet sich damit besonders für eine sehr präzise Einstellung des Haltekörpers in den möglichen Freiheitsgraden bei einer medizinischen Anwendung.

[0022] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Positioniereinrichtung als Antrieb für wenigstens einen Seilzug-Mechanismus, gegebenenfalls in Kombination mit einem Flaschenzug, einen steuerbaren Motor und/oder einen Fluidmuskel aufweist. Der Motor und/oder der Fluidmuskel sind dabei vorteilhafter Weise ebenfalls MRT-kompatibel gestaltet, beispielsweise ohne Metallbauteile. Der Motor kann z.B. als pneumatischer Motor oder hydraulischer Motor ausgebildet sein. Der Fluidmuskel kann z.B. als pneumatischer Muskel oder hydraulischer Muskel ausgebildet sein. Ein solcher Antrieb kann beispielsweise über Ventile, die ebenfalls MRT-kompatibel ausgebildet sein können, gesteuert werden.

[0023] Des Weiteren wird ein Federrückstellelement für eine Positioniereinrichtung der zuvor erläuterten Art offenbart. Das Federrückstellelement weist ein Basiselement, ein Halteelement und mehrere das Basiselement mit dem Halteelement verbindende Federn auf. Auf diese Weise ist das Halteelement federnd mit dem Basiselement verbunden, wobei das Basiselement, das Halteelement und die Federn einstückig als ein Bauteil ausgebildet sind. Dies erlaubt eine sehr effiziente und kostengünstige Fertigung eines solchen Federrückstellelementes. Das Federrückstellelement kann beispielsweise mittels eines generativen Fertigungsverfahrens hergestellt werden, d.h. durch 3D-Druck. Um das Federrückstellelement MRT-kompatibel zu gestalten, kann es z.B. aus Kunststoff gebildet sein.

[0024] Eine, mehrere oder alle Federn des Federrückstellelementes sind mäanderförmig ausgebildet. Dies erlaubt eine sehr einfache Fertigung des Federrückstellelementes, beispielsweise durch das erwähnte generative Fertigungsverfahren oder mittels subtraktiver Fertigungsverfahren, beispielsweise durch spanende Fertigung. Dabei kann die Federkonstante der jeweiligen Feder durch die Gestaltung der Mäanderform in der gewünschten Weise beeinflusst werden, z.B. durch die Materialbreite, die Materialdicke, die Anzahl der Mäander-Schleifen und deren Abstand voneinander.

[0025] Eine jeweilige Feder des Federrückstellelementes kann z.B. eine über ihre Länge variierende Breite aufweisen. So kann die Feder beispielsweise vom Basiselement hin zum Halteelement eine sich verringende Breite aufweisen. Das Halteelement kann umfangsseitig von Basiselement umgeben sein, wobei sich die Federn jeweils radial vom Außenumfang des Halteelementes zum Innenumfang des Basiselementes erstrecken können.

[0026] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Verwendung von Zeichnungen näher erläutert.

[0027] Es zeigen

Fig. 1 einen medizinischen Artikel und

Fig. 2 ein Federrückstellelement und

Fig. 3 eine Positioniereinrichtung und

Fig. 4 die Positioniereinrichtung gemäß **Fig. 3** in einer seitlichen Schnittansicht und

Fig. 5 das Positioniersystem gemäß **Fig. 3** mit Zugseilen und

Fig. 6 eine weitere Ausführungsform einer Positioniereinrichtung und

Fig. 7 eine weitere Ausführungsform einer Positioniereinrichtung und

Fig. 8 einen Aktor der Positioniereinrichtung gemäß **Fig. 8** in Schnittdarstellung und

Fig. 9 einen Betätigungsmechanismus zur Betätigung des medizinischen Artikels in perspektivischer Ansicht und in einer seitlichen Schnittdarstellung und

Fig. 10 einen Flaschenzug und

Fig. 11 eine Betätigungseinheit in seitlicher Schnittdarstellung und

Fig. 12 die Betätigungseinheit gemäß **Fig. 11** in perspektivischer Ansicht und

Fig. 13 eine weitere perspektivische Darstellung der Betätigungseinheit gemäß **Fig. 12** und

Fig. 14 die Anwendung der Positioniereinrichtung an einem MRT-System.

[0028] Der in **Fig. 1** dargestellte medizinische Artikel weist eine Biopsienadel **1**, eine Nadelführungshülse **2** sowie einen MRT-Marker **3** auf. Die Biopsienadel **1** ist in der Nadelführungshülse **2** in Längsrichtung geführt, d.h. sie kann in eine Richtung z_1 verschoben werden und um ihre Längsachse gedreht werden. Die Nadelführungshülse **2** ist mit dem MRT-Marker **3** starr gekoppelt, sodass beide Elemente jeweils die gleiche Bewegung ausführen, wenn sie über die noch zu erläuternde Positioniereinrichtung verstellt werden. Beispielfhaft ist in der **Fig. 1** dargestellt, dass

dieser medizinische Artikel in zwei Verschiebe-Freiheitsgraden entlang von x- und y-Achsen verstellbar und zusätzlich in zwei Winkelorientierungen α und β verstellbar sein soll. Gegebenenfalls kann der medizinische Artikel zusätzlich in einer zu den x- und y-Achsen orthogonalen Richtung z_2 verstellbar sein. Der MRT-Marker **3** mit der Nadelführungshülse **2** kann somit maximal in fünf Freiheitsgraden x , y , z_2 , α , β verstellt werden, die Biopsienadel **1** kann zusätzlich in einem Freiheitsgrad z_1 gegenüber der Nadelführungshülse **2** und dem MRT-Marker **3** verstellt werden.

[0029] Die **Fig. 2** zeigt ein Federrückstellelement **10**, das vorteilhafte Eigenschaften für die nachfolgend noch beschriebene Positioniereinrichtung aufweist, aber auch für andere Anwendungen eingesetzt werden kann. Das Federrückstellelement **10** weist ein Basiselement **11**, ein Halteelement **12** und mehrere Federn **13** auf. Das Basiselement **11** ist in diesem Fall plattenförmig mit einer inneren Aussparung dargestellt, das Basiselement **11** kann aber auch anders gestaltet sein. In der inneren Aussparung des Basiselementes **11** oder einem anderen darin angeordneten Freiraum ist das Halteelement **12** angeordnet. Das Halteelement **12** ist mittels mehrerer Federn **13** mit dem Basiselement **11** verbunden. Die Federn **13** erstrecken sich jeweils vom Außenumfang des Halteelementes **12** zum Innenumfang der Aussparung des Basiselementes **11** hin. Ein solches Federrückstellelement **10** kann als ein integral gefertigtes Bauteil ausgebildet sein, d.h. das Basiselement **11**, das Halteelement **12** und die Federn **13** sind einstückig als ein Bauteil hergestellt. Somit geht eine im Wesentlichen biegesteife Rahmenstruktur, nämlich das Basiselement **11**, in biegsame integral gefertigte Federelemente **13** über. Die Federn **13** können wie dargestellt mäanderförmig ausgebildet sein, beispielsweise mit einer sich vom Basiselement **11** zum Halteelement **12** hin verringernden Breite.

[0030] Die **Fig. 3** zeigt eine Positioniereinrichtung **20**, die ein Federrückstellelement **10** der zuvor erläuterten Art aufweist. Das Basiselement **11** ist dabei als Teil eines Basiskörpers **22** der Positioniereinrichtung **20** ausgebildet. Der Basiskörper **22** kann z.B. als flache, ebene Platte ausgebildet sein. Zumindest ist es vorteilhaft, wenn der Basiskörper **22** an der Unterseite eine ebene Fläche zur Auflage am Körper eines Patienten aufweist. Von dem Basiskörper **22** ragen in einem Winkel, z.B. im rechten Winkel, bezogen auf die Hautauflagefläche Führungsarme **21** ab, die zur Führung von Zugseilen von Seilzug-Mechanismen der Positioniereinrichtung **20** dienen. Jeder Führungsarm **21** weist eine untere Durchführung **23** für ein erstes Zugseil auf, das durch Öffnungen **26** in der jeweiligen Feder **13** hin zu dem Halteelement **12** geführt werden kann und dort befestigt werden kann. Zusätzlich weist jeder Führungsarm **21** eine Zuführung **24** für ein zweites Zugseil auf, das eine Um-

lenkung des Zugseils zu einer weiter oben liegenden oberen Durchführung **25** beinhaltet. Das Zugseil wird dann durch die Zuführung **24** und die obere Durchführung **25** hin zu einer Befestigungsöffnung **27** des Halteelementes **12** geführt. Durch das erste Zugseil ist eine Positionierung des Halteelementes **12** in x- und y-Richtung möglich. Durch das zweite Zugseil ist eine Winkelverstellung des Halteelementes **12** in den Winkelorientierungen α und β möglich. Zusätzlich könnte über die Kombination der zweiten Zugseile der verschiedenen Führungsarme **21** auch eine Verstellung des Halteelementes **12** in z_2 -Richtung durchgeführt werden.

[0031] Die **Fig. 4** zeigt die Positioniereinrichtung gemäß **Fig. 3** in seitlicher Schnittansicht, wobei für einen Führungsarm **21** die Seilführung des ersten und des zweiten Zugseils dargestellt ist.

[0032] Das erste Zugseil **31** erstreckt sich im Wesentlichen gradlinig durch die untere Durchführung **23** und weiter durch die Öffnungen **26** der Feder **13** hin zu dem Halteelement **12**, wo es befestigt ist. Das zweite Zugseil **32** erstreckt sich im Winkel durch die Zuführung **24** hin zur oberen Durchführung **25**, wo es wiederum zur Befestigungsöffnung **27** des Halteelementes **12** umgelenkt wird. In den Durchführungen **23**, **25** und der Zuführung **24** können Führungskörper für die Zugseile vorhanden sein, insbesondere Führungskörper, die eine reibungsarme Umlenkung und Führung der Zugseile ermöglichen. Vorteilhaft sind hier beispielsweise Keramikelemente, da sie verschleißfest und zudem MRT-kompatibel sind. Die Zugseile **31**, **32** können in jeweiligen Umhüllungen **33**, **34** geführt sein, beispielsweise um sie vor Umgebungseinflüssen zu schützen.

[0033] Die **Fig. 5** zeigt die Positioniereinrichtung **20** gemäß **Fig. 3**, wobei an sämtlichen Führungsarmen **21** jeweils das erste Zugseil **31** und das zweite Zugseil **32** angebracht ist. Die jeweiligen ersten Zugseile **31** sind am Halteelement **12** befestigt. Die jeweiligen zweiten Zugseile **32** sind an einem mit dem Halteelement **12** verbundenen Haltekörper **50** befestigt. Der Haltekörper **50** ist starr mit dem Halteelement **12** verbunden. Der Haltekörper **50** dient als Montageplattform für den medizinischen Artikel, wie in **Fig. 1** dargestellt.

[0034] Die **Fig. 5** zeigt außerdem eine Ergänzung der Positioniereinrichtung **20** um zusätzliche Fixierungsflächen **51**, mit denen eine verbesserte Fixierung der Positioniereinrichtung **20** am Körper eines Patienten erfolgen kann. Die Fixierungsflächen **51** können z.B. als Klebepads für die direkte Fixierung am Interventionsgebiet auf der Hautoberfläche dienen.

[0035] Anhand der **Fig. 3** bis **Fig. 5** wurde eine Ausführungsform der Positioniereinrichtung in drei-

fach rotationssymmetrischer Ausführung, d.h. mit drei Teilsegmenten, erläutert. Die **Fig. 6** zeigt eine alternative Ausführungsform der Positioniereinrichtung **20** mit vier Teilsegmenten, die in einer viereckigen Konfiguration angeordnet sind. In diesem Fall kann das Halteelement **12** auch an vier Federn **13** aufgehängt und mit dem Basiselement bzw. dem Basiskörper **22** verbunden sein. Dementsprechend sind in diesem Fall auch vier Führungsarme **21** mit jeweiligen Zugseilen **31**, **32** und vier Fixierungsflächen **51** vorhanden. Aufgrund der vierfachen Symmetrie ist bei der Ausführungsform der **Fig. 6** eine direkte Bewegung des Halteelements **12** und des Haltekörpers **50** in einem kartesischen Koordinatensystem möglich. Bei der dreifach rotationssymmetrischen Ausführung der **Fig. 3** bis **Fig. 5** ist dagegen eine Koordinatentransformation in ein kartesisches Koordinatensystem erforderlich.

[0036] Die **Fig. 7** zeigt eine Ausführungsform einer Positioniereinrichtung **20**, bei der der Mechanismus als Hexapod-System ausgebildet ist. Ein solches Hexapod-System ermöglicht die Ausrichtung von Objekten in allen sechs Freiheitsgraden, d.h. drei Raumrichtungen und drei Winkelorientierungen. Je nach Ausführungsform des Hexapod-Systems kann jeder Freiheitsgrad mit einer bestimmten Reichweite abgedeckt werden. Das in **Fig. 7** dargestellte Hexapod-System weist einen Basiskörper **70** auf, an dem sechs Aktuatoren **73** über Gelenke befestigt sind. An den Aktuatoren **73** ist am anderen Ende ebenfalls über Gelenke ein Haltekörper **71** befestigt, der über die Aktuatoren **73** gegenüber dem Basiskörper **70** in den erwähnten Freiheitsgraden verstellt werden kann. An dem Haltekörper **71** ist über ein Verbindungselement **72** der medizinische Artikel befestigt, beispielsweise die Nadelführungshülse **2** mit der Biopsienadel **1**. In erfindungsgemäßer Weise sind die Aktuatoren **73** für eine Betätigung mittels Seilzügen eingerichtet. Dies wird anhand der Schnittzeichnung der **Fig. 8** näher beschrieben.

[0037] Der Aktuator **73** weist einen Kolben **80** auf, der in einem Zylinder **81** längsbeweglich gelagert ist. Es sind eines oder mehrere Zugseile **82** durch eine Zuführöffnung **83** in das Innere des Aktuators **73**, beispielsweise in einen inneren Hohlraum des Kolbens **80**, geführt und dort am oberen Ende umgelenkt und mit dem Zylinder **81** verbunden. Wird nun von außen an den Zugseilen **82** gezogen, wird aufgrund der Seilumlenkung der Zylinder **81** gegenüber dem Kolben **80** nach oben bewegt. Für die Rückstellung des Zylinders **81** gegenüber dem Kolben **80** weist der Aktuator **73** Federelemente **84** auf, beispielsweise in Form von Gummibändern. Zur Verringerung der Reibung der Zugseile **82** können ebenfalls keramische Schnurlaufringe integriert sein.

[0038] Anhand der **Fig. 9** wird eine beispielhafte Ausführungsform eines Betätigungselementes für die

Betätigung des medizinischen Artikels, insbesondere der Biopsienadel **1**, beschrieben. Wie erwähnt, kann die Biopsienadel **1** in der Richtung z_1 axial bewegt werden. Um diese Bewegung aus der Ferne zu steuern bzw. durchzuführen, dient der in der **Fig. 9** dargestellte Betätigungsmechanismus. Hierbei ist die Nadelführungshülse **2** an dem MRT-Marker **3** drehbar gelagert. Ein Seilzug-Mechanismus mit einem Zugseil **93**, das in einer Schutzumhüllung **92** geführt ist, ist durch die Nadelführungshülse **2** geführt und tritt in Richtung eines Zugkörpers **91** aus der Nadelführungshülse **2** aus. Das Zugseil **93** ist an dem Zugkörper **91** befestigt. Der Zugkörper **91** ist über eine Druckfeder **90** gegenüber der Nadelführungshülse **2** gelagert. Die Biopsienadel **1** erstreckt sich durch den Zugkörper **91**, an dem die Biopsienadel **1** befestigt ist, hindurch. Wird an dem Zugseil **93** gezogen, dann wird der Zugkörper **91** zusammen mit der Biopsienadel **1** nach unten hin ausgelenkt, entgegen der Kraft der Druckfeder **90**. Wird die Zugkraft im Zugseil **93** wieder verringert, sorgt die Druckfeder **90** für eine Rückstellung des Zugkörpers **91** mit der Biopsienadel **1**.

[0039] Die **Fig. 10** zeigt einen Flaschenzug **100** zur Weg-Kraft-Untersetzung und zur Mikropositionierung des Haltekörpers und damit des medizinischen Artikels mittels der Positioniereinrichtung **20**. Der Flaschenzug **100** weist ein eingehendes Zugseil **102** und ein abgehendes Zugseil **101** auf, die in diesem Ausführungsbeispiel beide auf der gleichen Seite des Flaschenzugs **100** angeordnet sind. Der Flaschenzug **100** weist eine bewegliche Umlenkreihe **103** und eine festgelagerte bzw. statische Umlenkreihe **104** auf. Das Zugseil wird durch verschiedene Umlenkstellen **105** sowohl in der beweglichen Umlenkreihe **103** als auch in der statischen Umlenkreihe **104** mehrfach umgelenkt. Zur Reduzierung der Seilreibung können an den Umlenkstellen **105** keramische Schnurlaufringe angeordnet sein. Durch Zug am Zugseil kann die bewegliche Umlenkreihe **103** um ein Maß bewegt werden, das entsprechend dem Übersetzungsverhältnis des Flaschenzugs kleiner ist als die Auslenkung des Zugseils. Diese Bewegung kann über das eingehende Zugseil **102** oder das abgehende Zugseil **101** auf die Aktoren einer Positioniereinrichtung übertragen werden, z.B. einer Positioniereinrichtung der zuvor erläuterten Art.

[0040] Anhand der **Fig. 11** bis **Fig. 13** wird ein Antriebssystem **110** für die erwähnten Seilzug-Mechanismen beschrieben, der als Antrieb wenigstens einen Fluidmuskel, z.B. einen pneumatischen Muskel, aufweist. Ein solcher Fluidmuskel besteht beispielsweise aus einem elastischen Schlauch, der durch Einspeisen eines unter Überdruck stehenden Fluids radial expandiert werden kann und aufgrund seiner radialen Expansion eine Längenkontraktion durchführt. Der elastische Schlauch kann zur Begrenzung der radialen Expansion ein Begrenzungselement auf-

weisen, beispielsweise eine geflochtene Schlauchhülle. Durch Einstellung des Überdruckniveaus im Schlauch des Fluidmuskels kann die gewünschte Längenkontraktion präzise eingestellt werden.

[0041] Das in **Fig. 11** dargestellte Antriebssystem **110** weist einen Fluidmuskel **111** sowie einen Flaschenzug **100** auf. Der Flaschenzug **100** kann beispielsweise entsprechend der Ausführungsform der **Fig. 10** ausgebildet sein. Der Fluidmuskel **111** ist an einer Halterung **113** fixiert und dort nicht beweglich. Im Bereich der Halterung **113** kann ein Fluidanschluss **115** für die Beaufschlagung des Inneren des Fluidmuskels **111** mit einem unter Druck stehenden Fluid, beispielsweise einem Druckgas oder einer Druckflüssigkeit, angeordnet sein. Das andere Ende **117** des Fluidmuskels **111** ist das bewegliche Ende, das bei einer Längenkontraktion nach rechts bewegt werden kann. Das bewegliche Ende **117** des Fluidmuskels **111** ist über ein elastisches Rückstellelement **116**, beispielsweise eine Zugfeder oder ein Gummischlauch, mit einer weiteren ortsfesten Halterung **112** verbunden. Beispielfhaft zieht das elastische Rückstellelement **116** mit einem beweglichen Schlitten **114** über Druckstäbe einen beweglichen Schlitten **118** zurück, der an dem beweglichen Ende **117** des Fluidmuskels **111** befestigt ist.

[0042] Das bewegliche Ende **117** des Fluidmuskels **111** ist mit dem eingehenden Zugseil **102** des Flaschenzuges **100** verbunden. Aus dem Weguntersetzungsverhältnis des Flaschenzuges **100** ergibt sich das Untersetzungsverhältnis zwischen der Längenkontraktion des Fluidmuskels **111** zu der folgenden, aber unteretzten Zugbewegung des vom Flaschenzug **100** abgehenden Zugseils **101**. Im Gegensatz ist die Zugkraft am abgehenden Zugseil **101** wesentlich höher als die in Folge des Fluiddrucks vom Fluidmuskel **111** erzeugte Zugkraft (umgekehrte Proportionalität zwischen Weglänge und Zugkraft).

[0043] Die **Fig. 12** zeigt in einer perspektivischen Ansicht einige für die Funktion des Antriebssystems **110** wesentliche Elemente, insbesondere zwei parallel angeordnete elastische Rückstellelemente **116**. Zusätzlich ist eine Führungsschiene **119** erkennbar, in der beispielsweise die bewegliche Umlenkreihe **103** und die Schlitten **114**, **118** in Längsrichtung geführt sein können. Es kann noch eine zweite (nicht dargestellte) Führungsschiene vorhanden sein, die parallel zu der Führungsschiene **119** angeordnet ist.

[0044] Die **Fig. 13** zeigt die anhand der **Fig. 11** erkennbaren Elemente zusätzlich in einer perspektivischen Darstellung, in der die Führungsschienen nicht wiedergegeben sind. Erkennbar ist insbesondere, dass mehrere elastische Rückstellelemente **116** parallel angeordnet sein können, um die Rückstellkraft zu erhöhen. Geeignete elastische Rückstellele-

mente **116** können Gummibänder, Gummischläuche, Latexbänder oder Latexschläuche sein.

[0045] Die Positioniereinrichtung **20** kann beispielsweise manuell an einem Patienten platziert werden. Es ist ebenfalls vorteilhaft möglich, die Positioniereinrichtung durch automatische Hilfseinrichtungen, beispielsweise mittels eines Roboterarms, am Patienten zu platzieren.

[0046] Die **Fig. 14** zeigt beispielhaft die Anwendung der Positioniereinrichtung **20** auf einem Phantom auf dem Tisch eines MRT-Systems **140**. Die Stelle, an der die Positioniereinrichtung **20** platziert ist, ist normalerweise eine Position am Körper eines Patienten. Die Betätigung der Positioniereinrichtung **20** über die Seilzug-Mechanismen kann dabei von einer entfernten Stelle über mehrere Antriebssysteme **110** erfolgen, die über entsprechende Zugseile **142** mit der Positioniereinrichtung **20** verbunden sind.

Patentansprüche

1. Positioniereinrichtung (20) für die Positionierung eines medizinischen Artikels (1, 2, 3) relativ zu einem Patienten, wobei die Positioniereinrichtung (20) einen Basiskörper (22) und einen zum Halten des medizinischen Artikels (1, 2, 3) eingerichteten Haltekörper (50) aufweist, der über einen Verstellmechanismus in wenigstens einem Freiheitsgrad in einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen Position und/oder einer Winkelorientierung gegenüber dem Basiskörper (22) verstellbar ist, wobei der Verstellmechanismus zur Verstellung des Haltekörpers (50) in wenigstens einem Freiheitsgrad einen Seilzug-Mechanismus aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positioniereinrichtung (20) wenigstens ein Federrückstellelement (10) aufweist, durch das eine über wenigstens einen Seilzug-Mechanismus vorgenommene Verstellung des Haltekörpers (50) in eine Ausgangslage rückstellbar ist, wobei das Federrückstellelement (10) ein mit dem Basiskörper (22) gekoppeltes Basiselement (11), ein mit dem Haltekörper (50) gekoppeltes Halteelement (12) und mehrere das Basiselement (11) mit dem Halteelement (12) verbindende Federn (13) aufweist, wobei das Halteelement (12) umfangsseitig von Basiselement (11) umgeben ist, wobei sich die Federn (13) jeweils radial vom Außenumfang des Halteelementes (12) zum Innenumfang des Basiselementes (11) erstrecken.

2. Positioniereinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verstellmechanismus zur Verstellung des Haltekörpers (50) mehrere Seilzug-Mechanismen oder ausschließlich Seilzug-Mechanismen aufweist.

3. Positioniereinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Federrückstellele-

ment (10) zur Rückstellung des Haltekörpers (50) sowohl hinsichtlich einer Winkelverstellung als auch hinsichtlich einer Positionsverstellung eingerichtet ist.

4. Positioniereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positioniereinrichtung (20) wenigstens einen Seilzugaktuator (73) aufweist, durch den mittels eines Seilzug-Mechanismus wenigstens ein Bauteil der Positioniereinrichtung (20) verstellt werden kann.

5. Positioniereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positioniereinrichtung (20) ein Hexapodsystem zur Verstellung des Haltekörpers (50) aufweist.

6. Positioniereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positioniereinrichtung (20) einen Betätigungsmechanismus für die Betätigung des medizinischen Artikels (1, 2, 3) aufweist, der einen drehbar gelagerten Seilzug (92, 93) hat.

7. Positioniereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Seilzug-Mechanismus wenigstens einen Flaschenzug (100) aufweist.

8. Positioniereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positioniereinrichtung (20) als Antrieb für wenigstens einen Seilzug-Mechanismus, gegebenenfalls in Kombination mit einem Flaschenzug (100), einen steuerbaren Motor und/oder einen Fluidmuskel (111) aufweist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

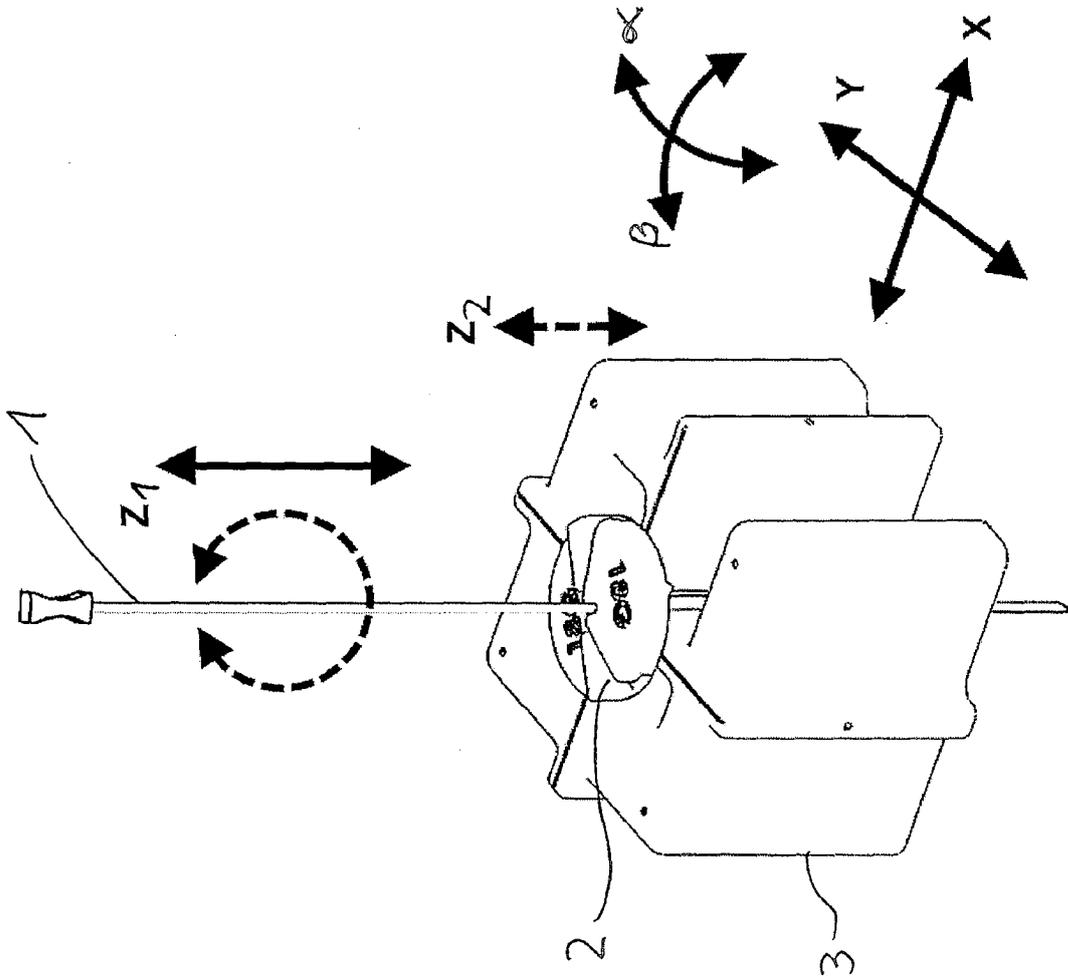


Fig. 1

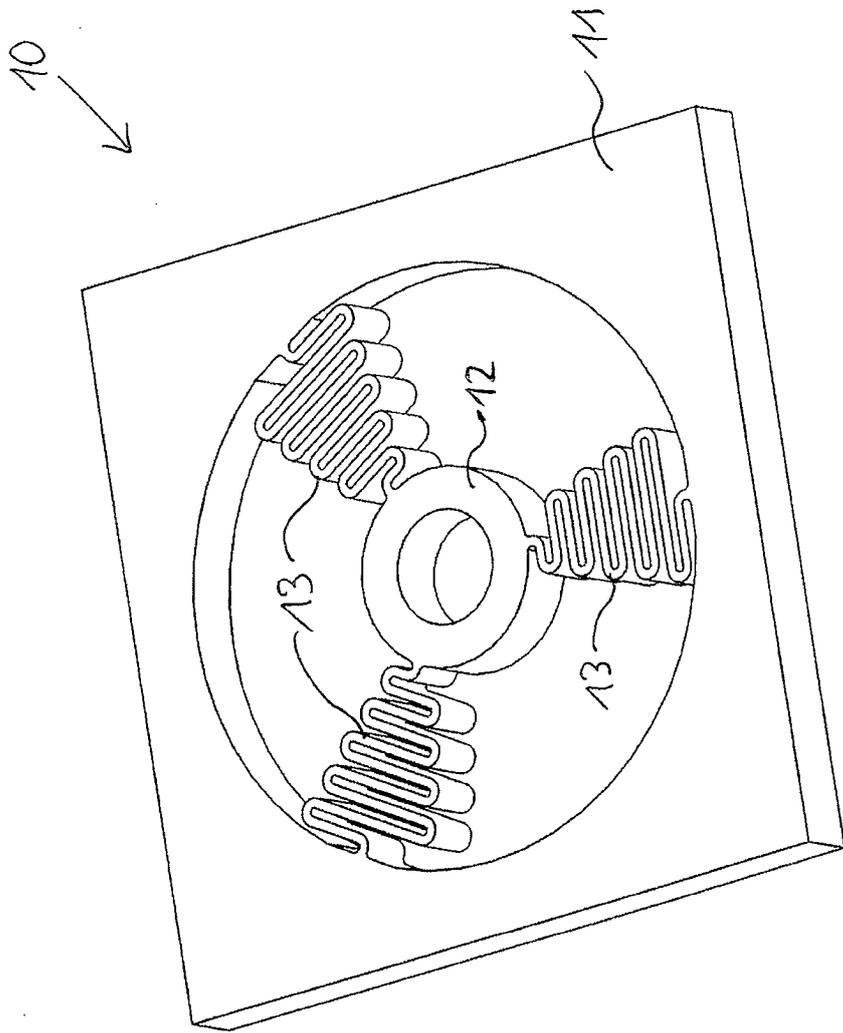


Fig. 2

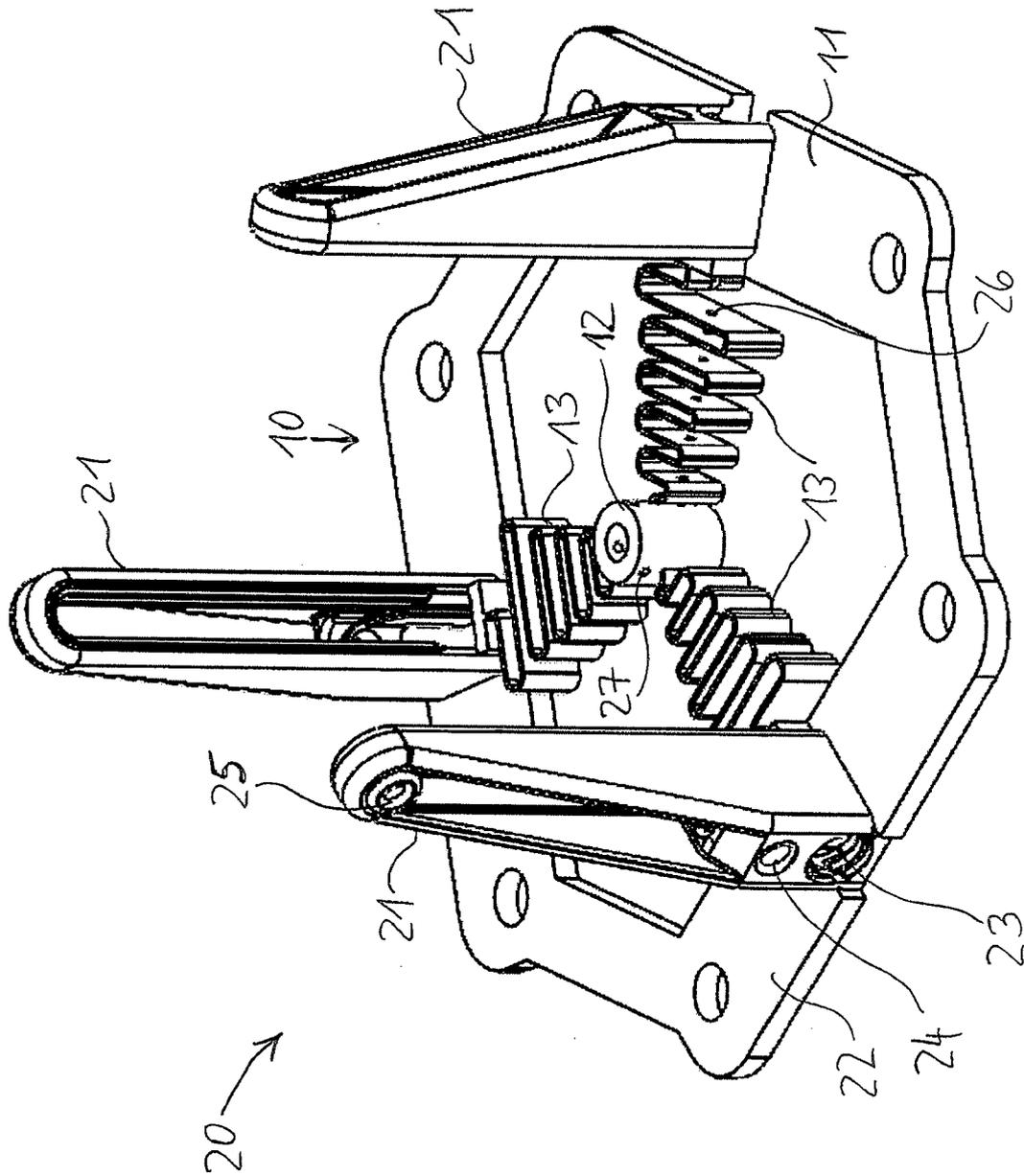


Fig. 3

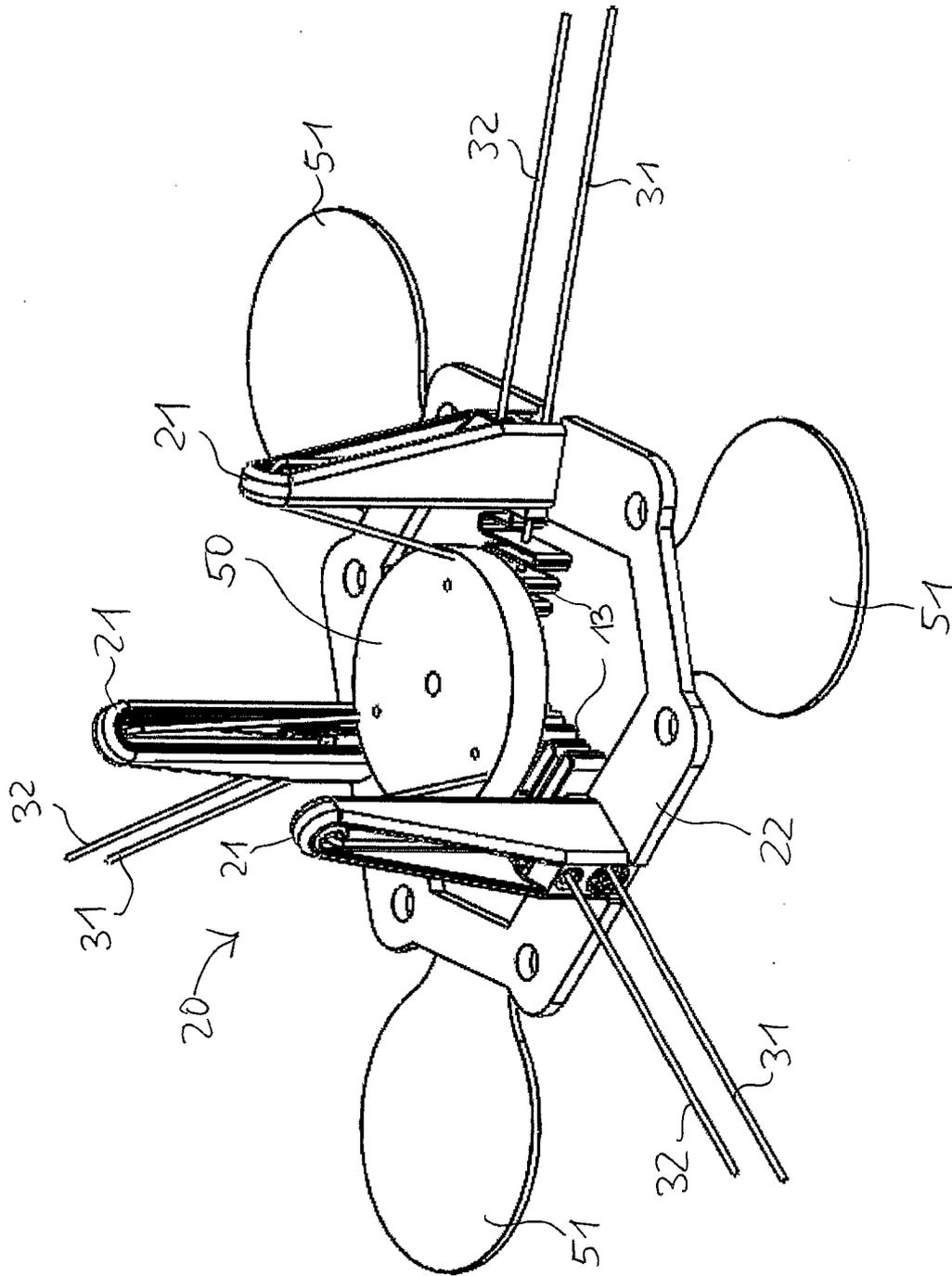


Fig. 5

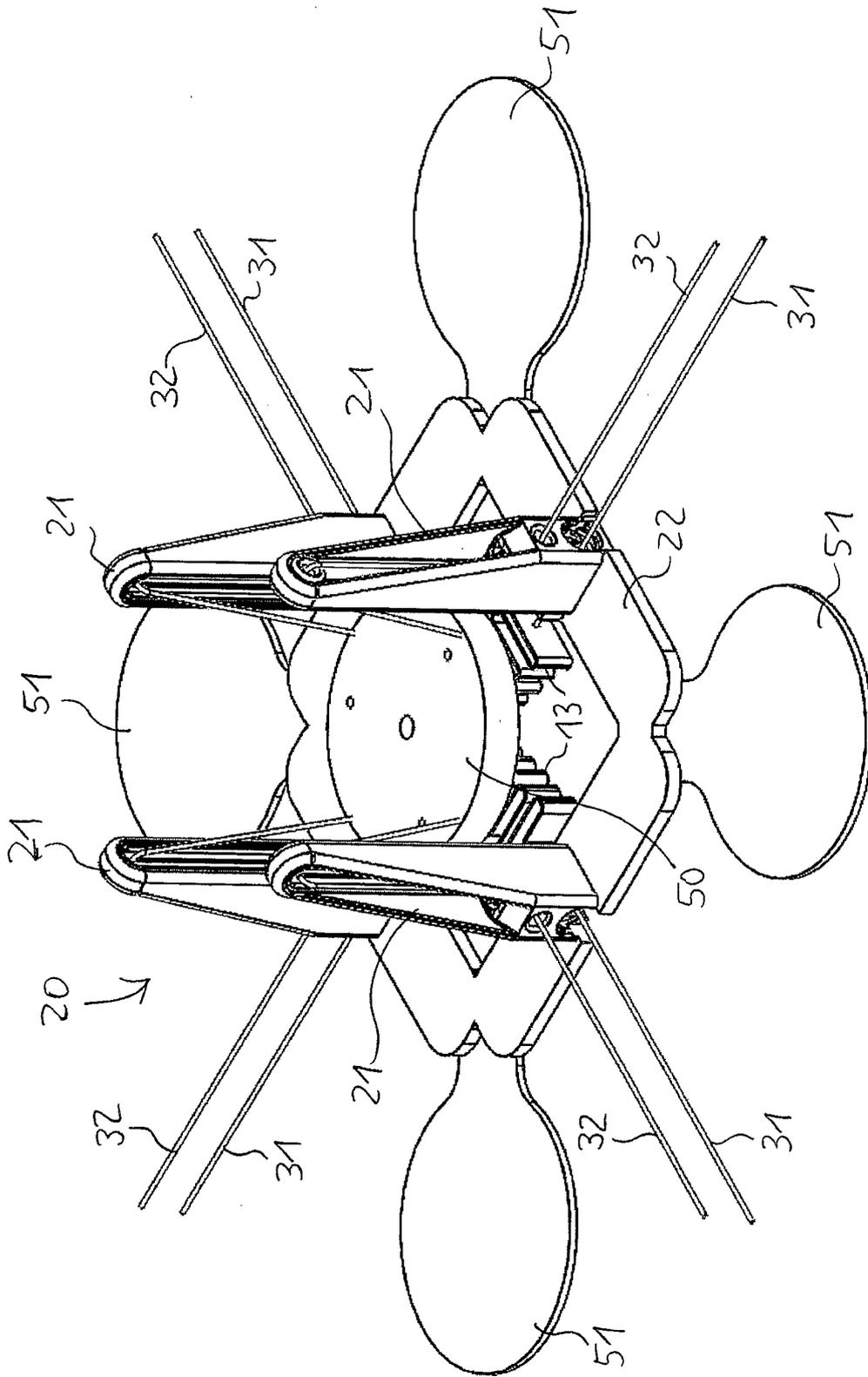


Fig. 6

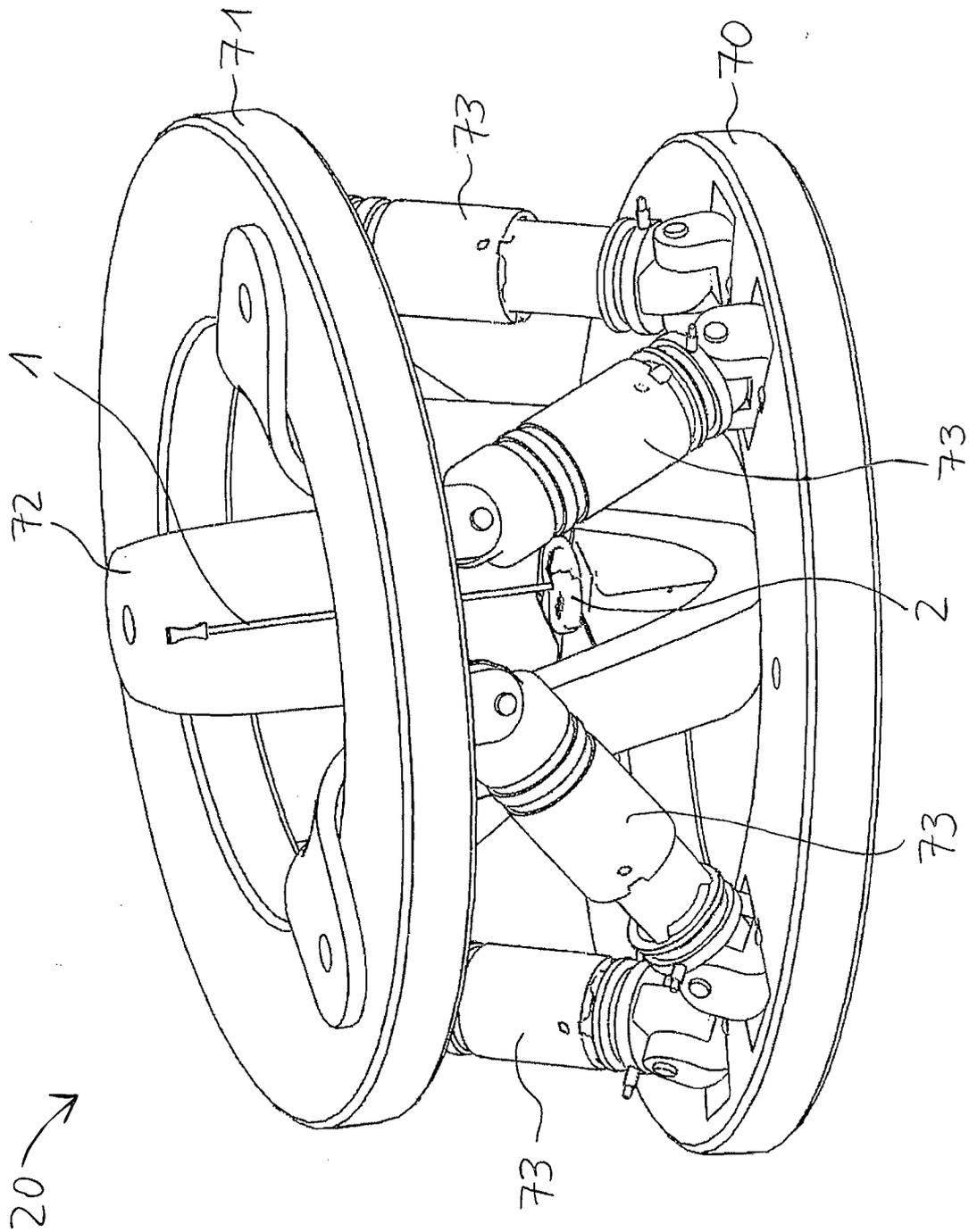


Fig. 7

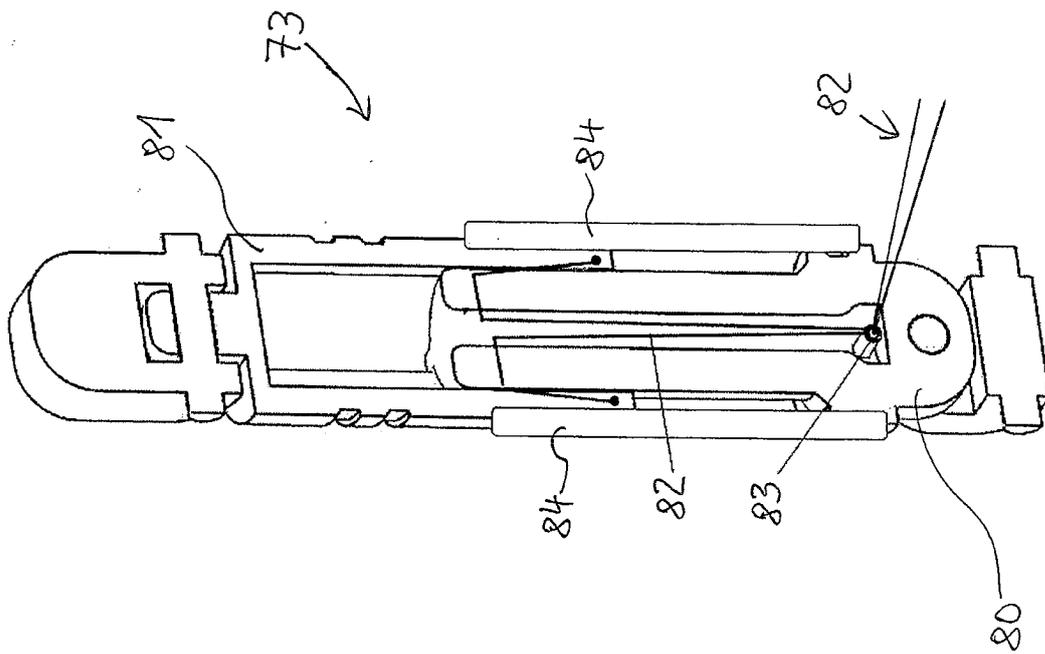


Fig. 8

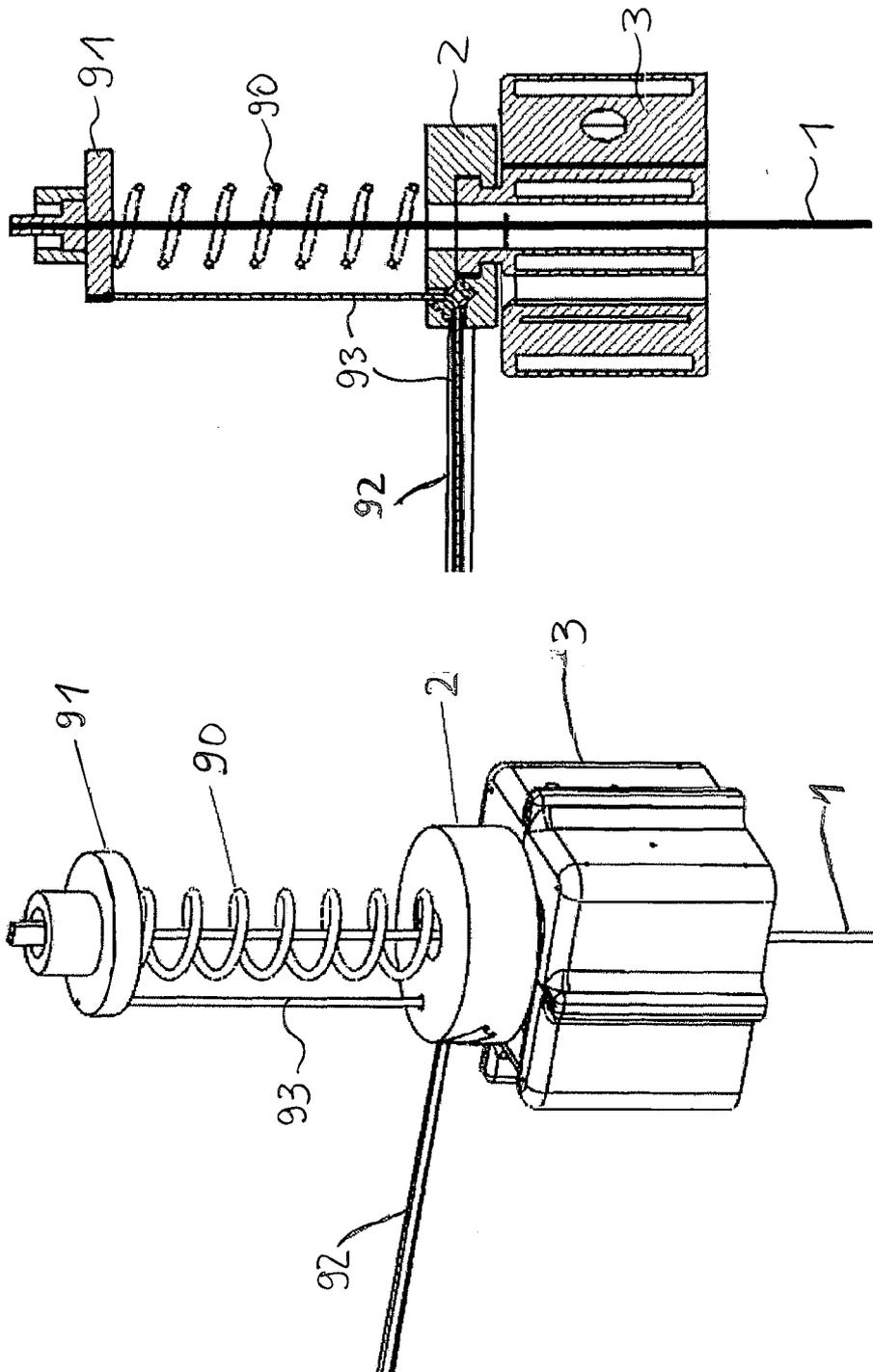


Fig. 9

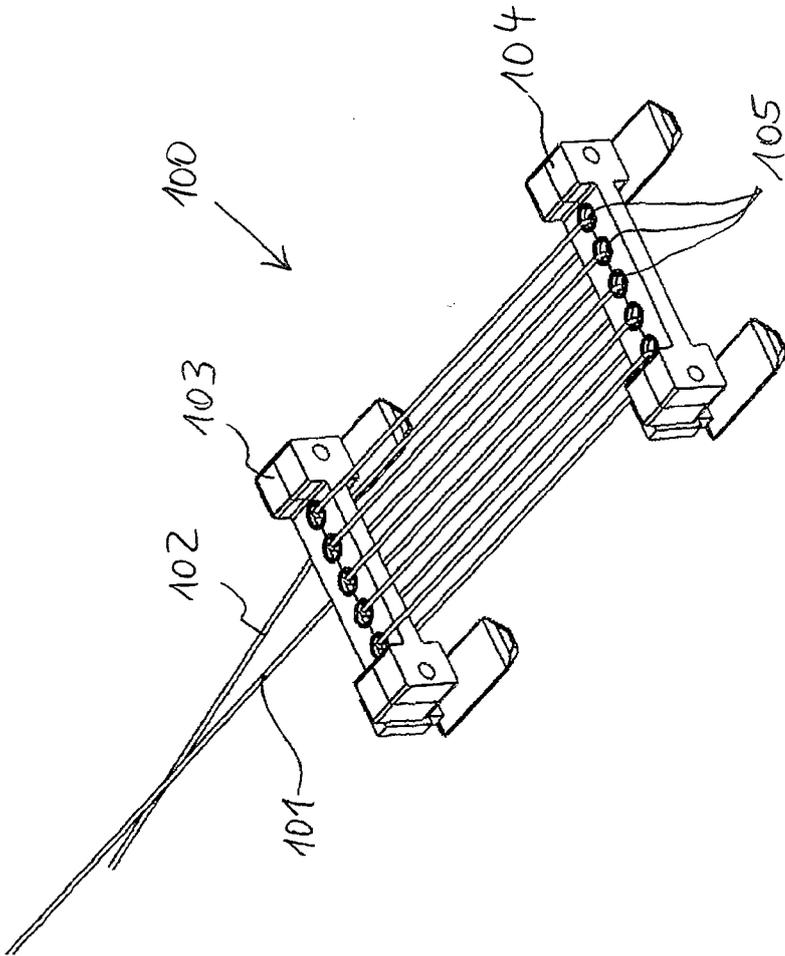


Fig. 10

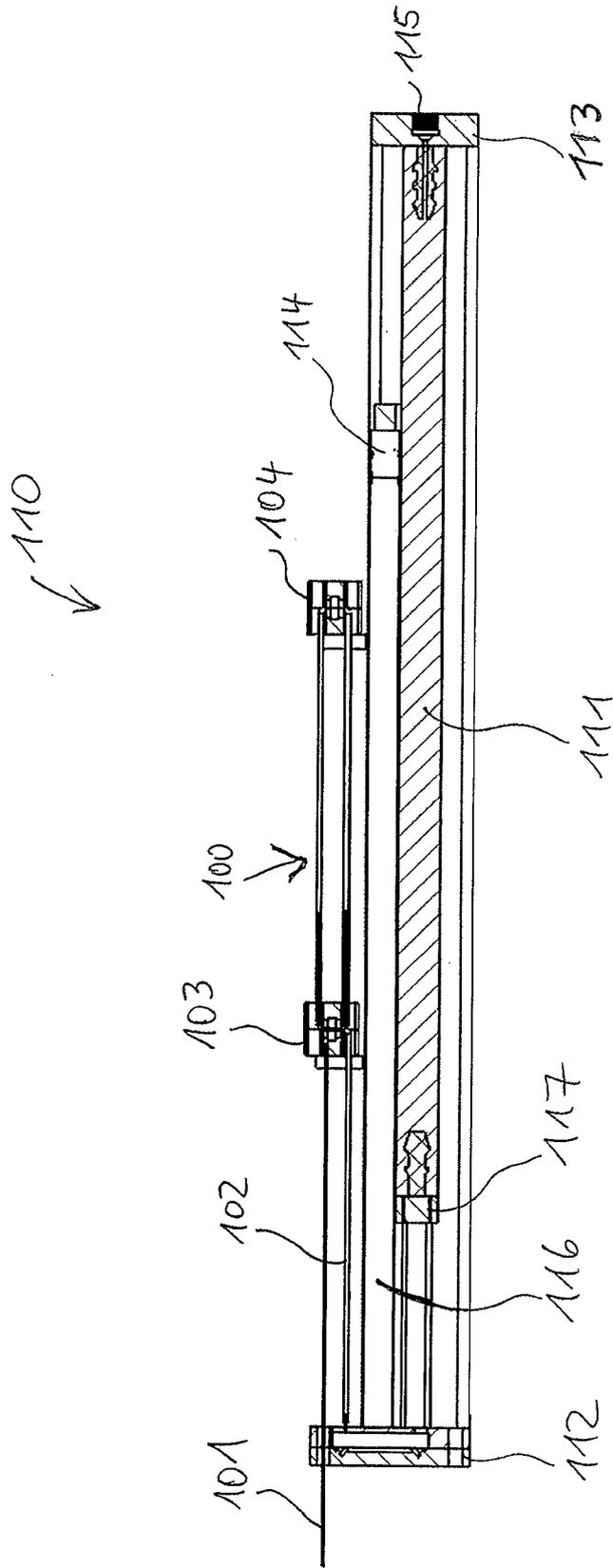


Fig. 11

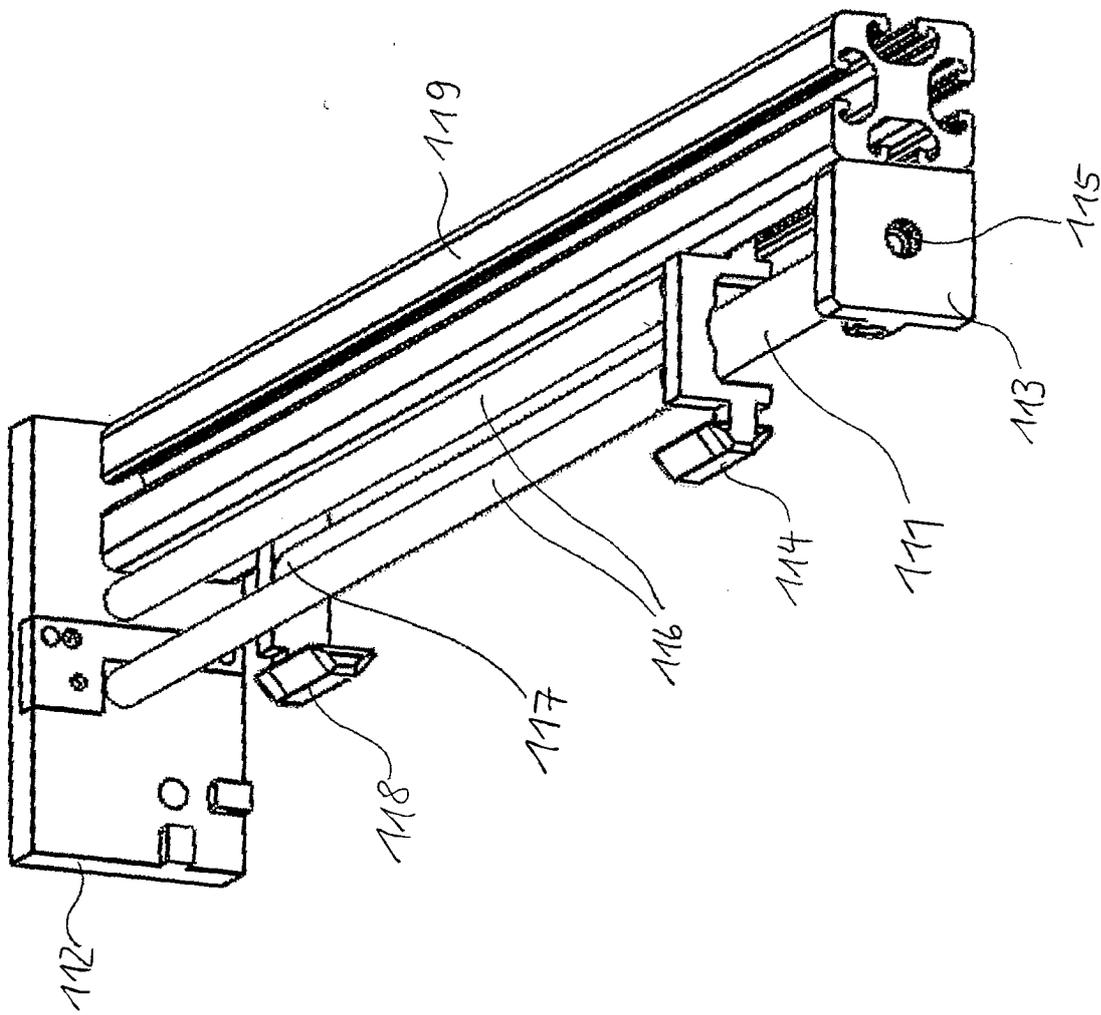


Fig. 12

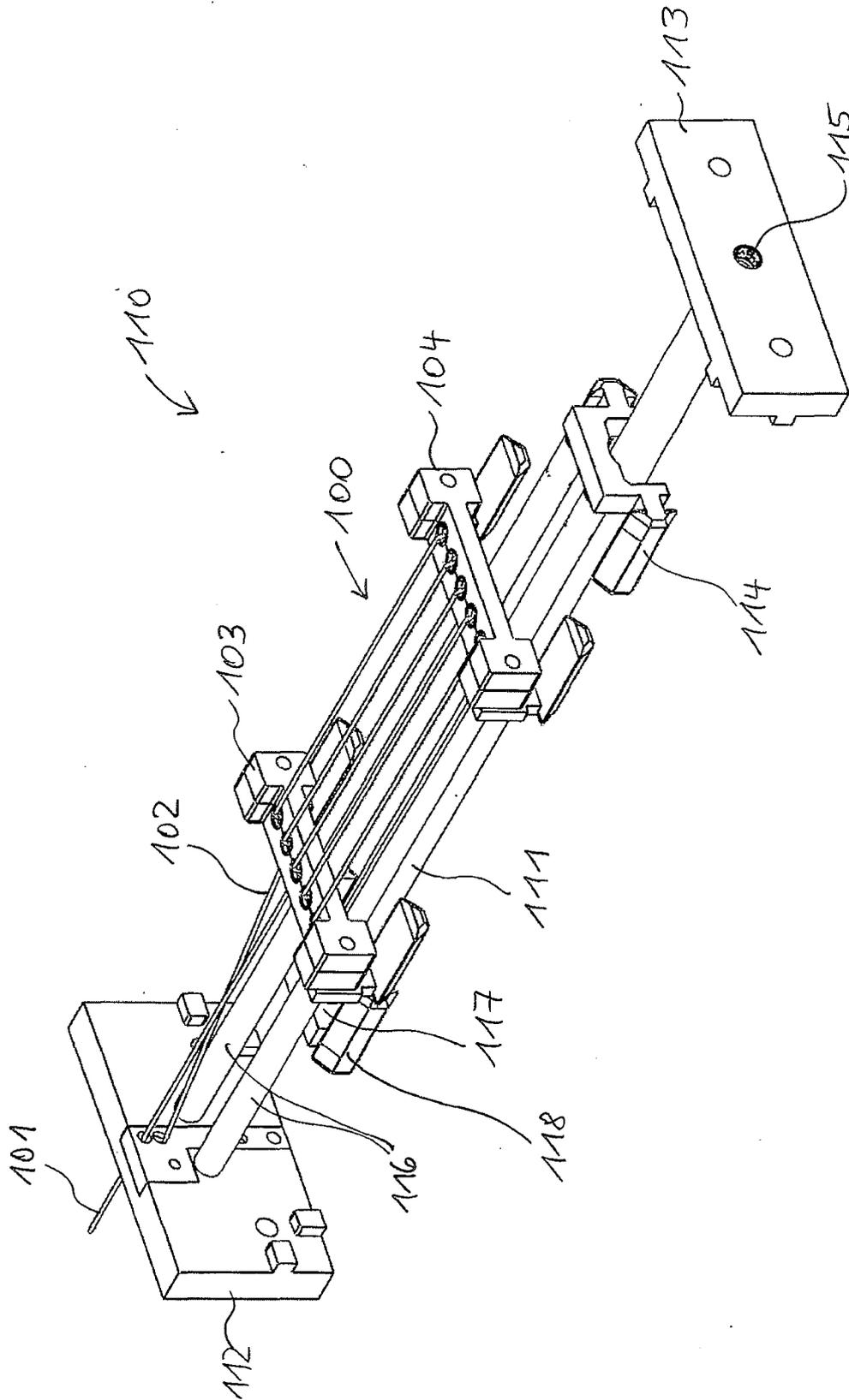


Fig. 13

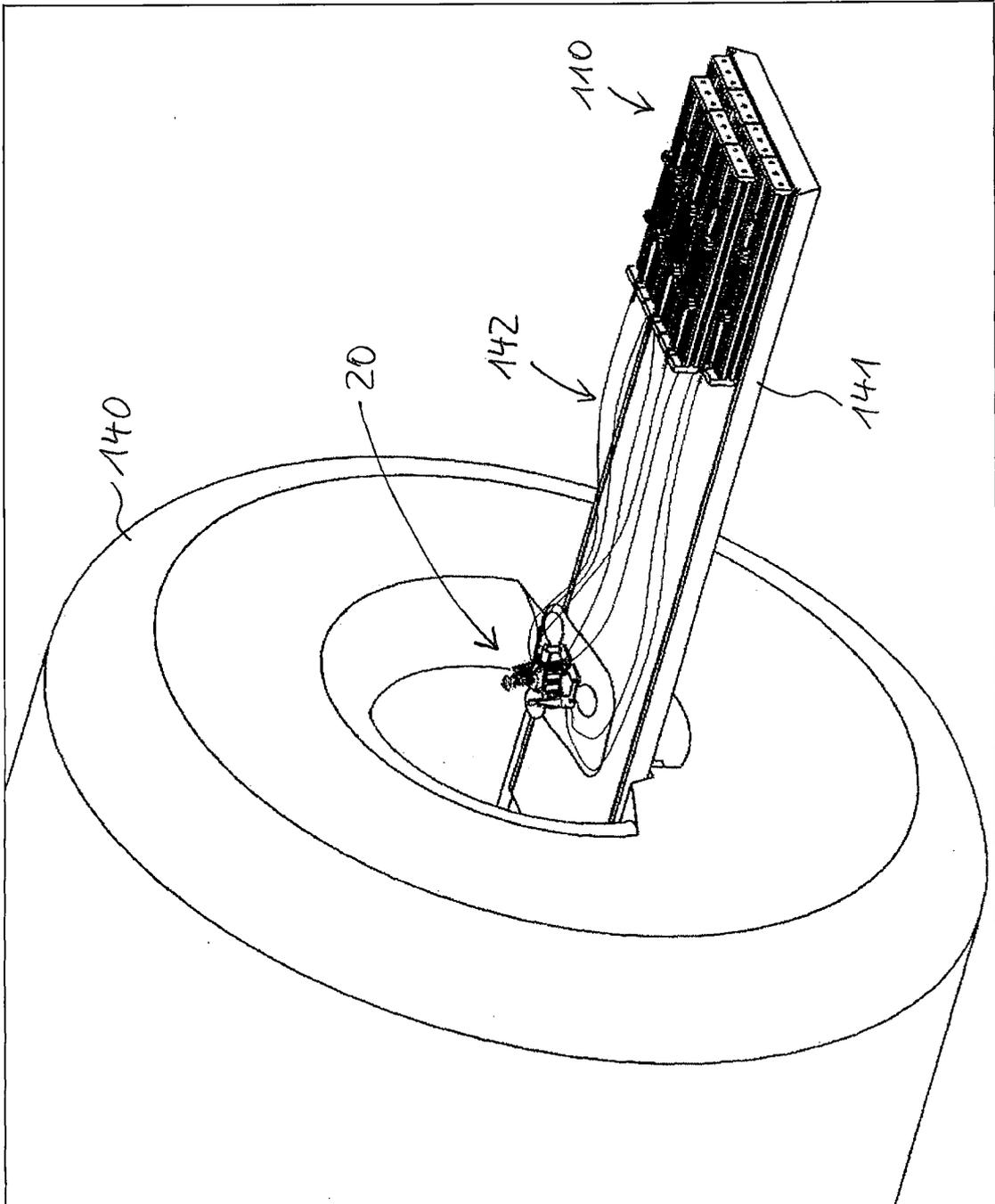


Fig. 14