



(10) **DE 10 2011 011 497 A1** 2012.08.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 011 497.1**

(22) Anmeldetag: **17.02.2011**

(43) Offenlegungstag: **23.08.2012**

(51) Int Cl.: **A61B 17/00 (2006.01)**

A61B 19/00 (2006.01)

B25J 9/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

KUKA Roboter GmbH, 86165, Augsburg, DE

(74) Vertreter:

**Wallinger Ricker Schlotter Tostmann, 80331,
München, DE**

(72) Erfinder:

Brudniok, Sven, Dr., 86157, Augsburg, DE

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

US 6 371 952 B1

US 7 169 141 B2

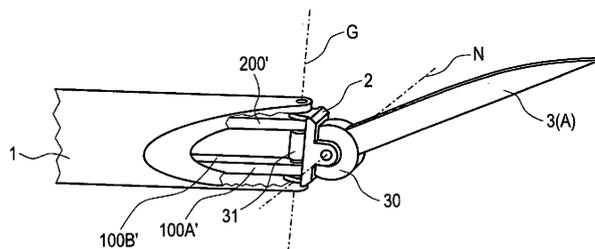
EP 1 886 630 B1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Chirurgisches Instrument**

(57) Zusammenfassung: Ein erfindungsgemäßes, insbesondere robotergeführtes, chirurgisches Instrument, weist ein Schaftende (1), einen Werkzeughalter (2), der um eine Gierachse (G) drehbar an dem Schaftende gelagert ist, und ein Werkzeug (3) mit einem Grundhebel (3A), insbesondere einer Klinge und/oder Backe, das um eine Nickachse (N) drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, sowie ein Rädergetriebe mit einem Antriebsrad (31), das durch ein Antriebsmittel (200) um eine Eingangsgtriebeachse (G) drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und einem dieses kraft- und/oder formschlüssig kontaktierenden Abtriebsrad (30), das um eine Ausgangsgtriebeachse (N) drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das das Werkzeug um die Nickachse drehbar ist, oder ein Umschlingungsgetriebe mit einem Antriebsrad, das durch ein Antriebsmittel um eine Eingangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, einem Abtriebsrad, das um eine Ausgangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das das Werkzeug um die Nickachse drehbar ist, und zwei von dem Antriebsmittel verschiedenen, insbesondere verbundenen, Zugmitteltrummern, welche An- und Abtriebsrad koppeln, auf.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein, insbesondere robotergeführtes, chirurgisches Instrument, vorzugsweise für die minimalinvasive Chirurgie, mit einem Schaftende, einem Werkzeughalter, der um eine Gierachse drehbar an dem Schaftende gelagert ist, und einem Werkzeug mit wenigstens einem Hebel, insbesondere einer Klinge und/oder Backe, das um eine Nickachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist.

[0002] Seit einigen Jahren werden insbesondere minimalinvasive chirurgische Eingriffe, bei denen ein oder mehrere am distalen Ende chirurgischer Instrumente angeordnete Werkzeuge, vorzugsweise durch Trokare, in den Patienten eingeführt werden, robotergestützt durchgeführt, indem durch Operateure telegesteuerte Roboter die Instrumente bewegen.

[0003] Die US 6,371,952 und US 7,169,141 schlagen hierzu chirurgische Instrumente vor, bei denen ein Werkzeughalter und zwei Hebel eines darin gelagerten Werkzeugs mittels seilumschlungenen Scheiben um eine Gier- bzw. Nickachse gedreht werden können.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein chirurgisches Instrument mit einer alternativen Aktuierung zur Verfügung zu stellen.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Instrument mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 4 gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

[0006] Ein erfindungsgemäßes chirurgisches Instrument weist einen Schaft mit einem Schaftende sowie einen, vorzugsweise käfigartigen, i. e. im Wesentlichen durch stabförmige Teile definierten, Werkzeughalter auf, der um eine Gierachse drehbar an dem Schaftende gelagert ist. Der Schwenkbereich des Werkzeughalters beträgt in einer bevorzugten Ausführung wenigstens 180°, vorzugsweise wenigstens 230°. Das Schaftende kann fest mit dem, vorzugsweise robotergeführten, Schaft verbunden, insbesondere integral ausgebildet sein. Gleichmaßen kann es, etwa zur Darstellung eines Rollfreiheitsgrades um eine Schaftlängsachse, gelenkig mit dem Schaft verbunden und mittels eines Antriebsmittels bewegbar sein.

[0007] An dem Werkzeughalter ist ein Werkzeug mit wenigstens einem, vorzugsweise zwei oder mehr Hebeln, um eine Nickachse drehbar gelagert. Der Schwenkbereich des Werkzeugs beträgt in einer bevorzugten Ausführung wenigstens 180°, vorzugsweise wenigstens 200°. Gier- und Nickachse kreuzen sich vorzugsweise – wenigstens im Wesentlichen – rechtwinkelig. Gier- und Nickachse können dabei ei-

nen gemeinsamen Schnittpunkt aufweisen, i. e. einander schneiden, oder windschief, i. e. ohne Schnittpunkt mit Achsabstand aneinander vorbeilaufen, so dass vorliegend verallgemeinernd insbesondere zwei nicht parallele Achsen als kreuzende Achsen bezeichnet werden. Vorzugsweise ist ein Antriebsrad mit dem Werkzeughalter fest oder wirkverbunden, das durch ein Antriebsmittel um die Gierachse drehbar ist. Durch Drehung dieses Antriebsrades, das nachfolgend auch als Werkzeughalterrad bezeichnet wird, mittels des Antriebsmittels kann der Werkzeughalter um die Gierachse gedreht werden.

[0008] Ein oder mehrere Hebel können fest mit dem Werkzeug verbunden, insbesondere integral ausgebildet sein, und beispielsweise eine Klinge eines Skalpells aufweisen. Zusätzlich oder alternativ können ein oder mehrere Hebel relativ zu dem Werkzeug beweglich, insbesondere drehbar, sein, und zum Beispiel die Klingen einer Schere oder die Backen einer Zange aufweisen. Der Schwenkbereich eines oder mehrerer Hebel beträgt in einer bevorzugten Ausführung wenigstens 180°, vorzugsweise wenigstens 200°.

[0009] Insbesondere können zwei an dem Werkzeug drehbeweglich gelagerte Hebel oder ein an dem Werkzeug drehbeweglich gelagerter sowie ein mit diesem oder dem Werkzeughalter fest verbundener Hebel scheren- bzw. zangenartig zusammenwirken. Zusätzlich oder alternativ können ein oder mehrere Hebel translatorisch an dem Werkzeug gelagert sein, um zum Beispiel einen verfahrbaren Stift darzustellen. Der Begriff Hebel bezeichnet daher unabhängig von seiner Geometrie vorliegend insbesondere einen Teil des Werkzeugs mit einer Wirkfläche.

[0010] Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das chirurgische Instrument ein Rädergetriebe mit einem Antriebsrad, das durch ein Antriebsmittel um eine Eingangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und mit einem dieses kraft- und/oder formschlüssig kontaktierenden Abtriebsrad auf, das um eine Ausgangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das das Werkzeug um die Nickachse drehbar ist. Für eine kompakte, einheitliche Darstellung wird dieses Rädergetriebe nachfolgend auch als Werkzeug-Rädergetriebe bezeichnet.

[0011] Insbesondere, um einen weiteren Freiheitsgrad zu aktuieren, weist in einer bevorzugten Weiterbildung das Instrument wenigstens ein weiteres Rädergetriebe mit einem weiteren Antriebsrad, das durch ein weiteres Antriebsmittel um eine weitere Eingangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und einem dieses kraft- und/oder formschlüssig kontaktierenden weiteren Abtriebsrad auf, das um eine weitere Ausgangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch

das ein weiterer Hebel des Werkzeugs um eine weitere Werkzeugachse drehbar ist.

[0012] Das Werkzeug-Rädergetriebe und/oder das weitere Rädergetriebe können jeweils insbesondere als Schnecken-, Schraub-, Kegel-, Hypoid-, Kronen- oder Reibradgetriebe ausgebildet sein, so dass seine Ein- und Ausgangsgetriebeachse einander, insbesondere – wenigstens im Wesentlichen – rechtwinklig, mit bzw. ohne Schnittpunkt kreuzen. Bei einem Schnecken-, Schraub-, Kegel-, Hypoid- oder Kronenradgetriebe kontaktieren An- und Abtriebsrad einander formschlüssig mit kämmenden Verzahnungen, bei einem Reibradgetriebe reib-, i. e. kraftschlüssig. Zur kompakten, einheitlichen Darstellung werden auch eine Schnecke, ein Kegelrad und dergleichen, allgemein ein Rotationskörper mit einer Stirn- und/oder Umfangsverzahnung bzw. Reibfläche, als An- bzw. Abtriebsrad im Sinne der vorliegenden Erfindung bezeichnet. Unter einer Achse wird vorliegend insbesondere eine kinematische Drehachse verstanden, diese kann konstruktiv insbesondere durch eine fliegend oder beidseitig gelagerte Welle oder durch eine Nabe definiert sein, die sich auf einem konstruktionstechnisch auch als Achse bezeichneten Zylinder dreht.

[0013] Nach einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das chirurgische Instrument ein Umschlingungsgetriebe mit einem Antriebsrad, das durch ein Antriebsmittel um eine Eingangsgetriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, einem Abtriebsrad, das um eine Ausgangsgetriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das das Werkzeug um die Nickachse drehbar ist, und mit zwei von dem Antriebsmittel verschiedenen, insbesondere verbundenen, Zugmitteltrumm auf, welche dieses An- und Abtriebsrad koppeln. Für eine kompakte, einheitliche Darstellung wird dieses Umschlingungsgetriebe nachfolgend auch als Werkzeug-Umschlingungsgetriebe bezeichnet.

[0014] Insbesondere, um einen weiteren Freiheitsgrad zu aktivieren, weist in einer bevorzugten Weiterbildung das Instrument wenigstens ein weiteres Umschlingungsgetriebe mit einem weiteren Antriebsrad, das durch ein weiteres Antriebsmittel um eine weitere Eingangsgetriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und einem weiteren Abtriebsrad, das um eine weitere Ausgangsgetriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das ein weiterer Hebel, insbesondere eine Klinge und/oder Backe, des Werkzeugs um eine weitere Werkzeugachse drehbar ist, und mit zwei von dem Antriebsmittel verschiedenen, insbesondere verbundenen, weiteren Zugmitteltrumm auf, welche das weitere An- und Abtriebsrad koppeln.

[0015] An- und Abtriebsrad des Werkzeug-Umschlingungsgetriebes und/oder des weiteren Um-

schlingungsgetriebes werden in einer bevorzugten Weiterbildung jeweils wenigstens über einem Teil ihres Umfangs von den beiden zu einem geschlossenen Zugmittel verbundenen, insbesondere integral miteinander ausgebildeten Zugmitteltrumm reibschlüssig, insbesondere durch ein Zugseil, einen Reibriemen oder dergleichen, oder formschlüssig, insbesondere durch einen Zahnriemen oder dergleichen, umschlungen. Zwei miteinander verbundene Zugmitteltrumm können insbesondere durch ein durchgehendes Zugmittel, beispielsweise ein Seil, Kabel oder einen Riemen, gebildet sein, dessen beiden Enden fest oder lösbar miteinander verbunden sind, so dass das Zugmittel bzw. die beiden verbundenen Zugmitteltrumm eine oder mehrere geschlossene Schlaufen bilden. Zur einheitlichen Darstellung werden auch eine Rolle oder Scheibe, allgemein ein Rotationskörper mit einer Kontaktfläche zur reib- oder formschlüssigen Kraftübertragung mit den Zugmitteltrumm, als An- bzw. Abtriebsrad im Sinne der vorliegenden Erfindung bezeichnet.

[0016] In einer bevorzugten Ausführung bildet ein Zugmitteltrumm mit der Gier- und/oder der Nickachse einen Winkel, der größer als 0° , insbesondere größer als 15° , und kleiner als 90° , insbesondere kleiner als 75° ist. Das andere Zugmitteltrumm eines Umschlingungsgetriebes bildet vorzugsweise mit Gier- und/oder der Nickachse einen – wenigstens im Wesentlichen – rechten Winkel. Hierzu ist insbesondere ein Zugmittel mit kreisförmigem Querschnitt geeignet, da es mit verschiedenen Umfangsbereichen An- und Abtriebsrad kontaktieren kann, ohne verdrillt zu werden.

[0017] Insbesondere, um das vorstehend erläuterte Zugmitteltrumm, welches schief zur Gier und/oder Nickachse verläuft, zwischen An- und Abtriebsrad zu führen, wird in einer bevorzugten Ausführung ein Zugmitteltrumm durch eine, zwei oder mehr Führungsräder geführt wird. Vorzugsweise ist eine Führungsdrehachse, um die ein Führungsrad drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, um einen Winkel gegen die Nick- und/oder Gierachse geneigt, der größer als 0° , insbesondere größer als 15° , und kleiner als 90° , insbesondere kleiner als 75° ist.

[0018] Sowohl nach dem ersten als auch dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann ein vorteilhaftes Übertragungsverhalten realisiert werden. Insbesondere kann in einer bevorzugten Weiterbildung die Dynamik eines solchen Rädergetriebes besser modelliert werden als bei bisher bekannten Instrumenten und so eine für eine Krafterückkopplung zum Operateur notwendige indirekte, modellbasierte Kraftmessung aufgrund der Antriebskräfte erleichtern. Entsprechend ist in einer bevorzugten Weiterbildung vorgesehen, dass modellbasiert aus gemessenen Antriebskräften und/oder -momenten, insbesondere von Antrieben oder durch Antriebsmittel über-

tragenen Kräften bzw. Momenten, an einem oder mehreren Hebeln des Werkzeugs auftretenden Kräfte bzw. Momente ermittelt werden. Zusätzlich oder alternativ kann ein Instrument nach dem ersten oder zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung größere Schwenkbereiche in einem oder mehreren Freiheitsgraden und/oder eine präzisere Aktuierung ermöglichen.

[0019] Die nachfolgend erläuterten vorteilhaften Ausführungen können den ersten und/oder zweiten Aspekt weiterbilden.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausführung ist die Eingangsgtriebeachse des Werkzeug-Räder- bzw. -Umschlingungsgetriebes und/oder des weiteren Räder- bzw. Umschlingungsgetriebes – wenigstens im Wesentlichen – parallel zu der Gierachse des Werkzeughalters, insbesondere mit dieser fluchtend oder auch mit einem Achsabstand. Zusätzlich oder alternativ können die Ausgangsgtriebeachse des Werkzeug-Räder- bzw. -Umschlingungsgetriebes und/oder des weiteren Räder- bzw. Umschlingungsgetriebes – wenigstens im Wesentlichen – parallel zu der Nickachse sein, insbesondere mit dieser fluchten.

[0021] In einer bevorzugten Ausführung weist das Werkzeug einen Werkzeuggrundkörper auf, der um die Nickachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und mit dem Abtriebsrad des Werkzeug-Räder- bzw. -Umschlingungsgetriebes wirk- oder fest verbunden, insbesondere integral ausgebildet ist. Unter einer Wirkverbindung im Sinne der vorliegenden Erfindung wird allgemein insbesondere eine form- oder kraft-, insbesondere reibschlüssige Koppelung derart verstanden, dass eine Bewegung eines Körpers eine zwangsgeführte Bewegung des mit diesem wirkverbundenen Körpers bewirkt. Insbesondere kann eine Wirkverbindung ein ein- oder mehrstufiges zwischengeschaltetes Zahn-, Reibrad- und/oder Umschlingungsgetriebe aufweisen.

[0022] Ein nachfolgend auch als Grundhebel bezeichneter Hebel des Werkzeugs kann fest mit diesem Werkzeuggrundkörper verbunden, insbesondere integral ausgebildet sein, so dass dieser Hebel mit dem Werkzeuggrundkörper durch das Abtriebsrad des Werkzeug-Räder- bzw. -Umschlingungsgetriebes um die Nickachse gedreht wird.

[0023] Um zwei gegeneinander bewegliche Hebel zu aktuierten, kann der weitere Hebel, der durch das weitere Räder- bzw. Umschlingungsgetriebe bewegt wird, drehbar an dem Werkzeuggrundkörper gelagert und mit dem Abtriebsrad des weiteren Räder- bzw. Umschlingungsgetriebes wirk- oder fest verbunden, insbesondere integral ausgebildet, sein, wobei in einer bevorzugten Weiterbildung die weitere Werkzeugachse – wenigstens im Wesentlichen – parallel

zu der Nickachse ist, insbesondere mit dieser fluchtet. Auf diese Weise kann insbesondere eine Schere bzw. Zange dargestellt werden, deren Scherenklängen bzw. Zangenbacken durch den Grundhebel und den Werkzeuggrundkörper einerseits und den hierzu vorzugsweise wenigstens im Wesentlichen spiegel-symmetrischen – weiteren Hebel andererseits gebildet werden.

[0024] Gleichermaßen kann in einer bevorzugten Ausführung der Grundhebel um eine Werkzeugachse, die nachfolgend auch als Grundwerkzeugachse bezeichnet wird, drehbar an dem Werkzeuggrundkörper gelagert sein. In einer bevorzugten Weiterbildung ist der weitere Hebel des Werkzeugs, der durch das weitere Abtriebsrad drehbar ist, um die weitere Werkzeugachse ebenfalls drehbar an dem Werkzeuggrundkörper gelagert, wobei in einer bevorzugten Weiterbildung die Grund- sowie die weitere Werkzeugachse – wenigstens im Wesentlichen – parallel sind, insbesondere fluchten.

[0025] In einer bevorzugten Weiterbildung spreizt eine Drehung des weiteren Abtriebsrades Haupt- und weiteren Hebel gegeneinander. Hierzu ist eine bevorzugte Weiterbildung ein Umsetzungsgetriebe zur Umsetzung einer rotatorischen und einer translatorischen Bewegung ineinander zwischen dem weiteren Abtriebsrad und den Hebeln des Werkzeugs angeordnet. Das Umsetzungsgetriebe weist in einer bevorzugten Ausführung eine mit dem weiteren Abtriebsrad wirk- oder fest verbundene spiralförmige Kulissee auf, an der ein translatorisch geführter Gleitkörper formschlüssig geführt ist. Unter einer spiralförmigen Kulissee wird insbesondere eine Kulissee verstanden, deren einen Vorsprung des Gleitkörpers führende Nut oder deren eine Nut des Gleitkörpers führender Vorsprung einen mit dem Drehwinkel, vorzugsweise linear, variierenden radialen Abstand aufweist, so dass eine Drehung der Kulissee den Gleitkörper translatorisch verschiebt. Haupt- und weiterer Hebel weisen vorzugsweise eine gegenläufige Kulissee-führung auf, an der der Gleitkörper formschlüssig geführt ist, und die eine translatorische Bewegung des Gleitkörpers in eine Spreizung von Haupt- und weiterem Hebel gegeneinander bewirkt.

[0026] Ein Antriebsmittel kann allgemein zwei gegenläufige Zugmitteltrumme aufweisen. Zwei gegenläufige Zugmitteltrumme eines Antriebsmittels oder eines Umschlingungsgetriebes, insbesondere Seile, Kabel, Reib-, insbesondere Keil-, oder Zahnriemen, können miteinander zu einem geschlossen Zugmittel verbunden, insbesondere integral ausgebildet sein. Die Zugmitteltrumme können ein getriebenes Rad reibschlüssig teilweise oder mehrfach umschlingen, so dass eine Zugsbewegung eines Zugmitteltrummes eine gegenläufige Bewegung des anderen Zugmitteltrummes und eine Drehung des getriebenen Rades bewirkt. Die Zugmitteltrumme können mit einem

getriebenen Rad auch formschlüssig verbunden sein, indem etwa jeweils ein Ende eines Zugmitteltrummes an dem getriebenen Rad befestigt ist und die beiden Zugmitteltrumme auf gegenüberliegenden Seiten des Rades auf- bzw. ablaufen, so dass wiederum eine Zugbewegung des einen Zugmitteltrummes eine gegenläufige Bewegung des anderen Zugmitteltrummes und eine Drehung des getriebenen Rades bewirkt. Vorzugsweise beträgt in einer Null- bzw. Neutralstellung des getriebenen Rades eine Umschlingung zwischen der Befestigung und dem Ablauf eines Zugmitteltrummes mehr als 90° , so dass das Rad aus der Nullstellung durch ein Zugmitteltrum um mehr als 90° gedreht werden kann, bis es vollständig abgelaufen ist. Gleichmaßen können auch miteinander verbundene Zugmitteltrumme mit einem getriebenen Rad formschlüssig verbunden sein, indem beispielsweise ein Auge im Zugmittel ausgebildet und in einer Aufnahme eines getriebenen Rades angeordnet ist.

[0027] Antriebsseitig können zwei Zugmitteltrumme ebenfalls miteinander verbunden sein und beispielsweise ein Abtriebsrad eines Antriebs, vorzugsweise eines Elektromotors, form- oder reibschlüssig teilweise oder mehrfach umschlingen. Gleichmaßen können die beiden Zugmitteltrumme antriebsseitig auch separat, vorzugsweise gegenläufig synchronisiert, gezogen werden. Beispielsweise können zwei Zugmitteltrummen an zwei gegenüberliegenden Hebeln gelenkig befestigt sein, die durch eine Abtriebswelle eines Elektromotors verdreht werden, so dass ein Hebel das mit ihm gelenkig verbundene Zugmitteltrum zieht, während der andere Hebel dem anderen Zugmitteltrum gegenläufig synchron nachgibt. Auf diese Weise kann eine ähnliche Aktuierung realisiert werden wie bei einem Abtriebsrad, das durch zwei antriebsseitig miteinander verbundene Zugmitteltrumme umschlungen ist und diese so ebenfalls gegenläufig aktuiert.

[0028] Ein getriebenes Rad kann auch durch ein daran gelenkig befestigtes Schubmittel insbesondere eine Schubstange, die gelenkig mit einem im getriebenen Rad translatorisch verschieblich geführten Gleitkörper verbunden ist, aktuiert werden.

[0029] Das durch ein Antriebsmittel getriebene Rad kann insbesondere ein Antriebsrad eines Räder- oder Umschlingungsgetriebes oder ein Werkzeughalterrad sein. Gleichmaßen kann es als Zwischenrad mit einem solchen auch wirkverbunden sein, insbesondere durch ein weiteres Zugmittel oder eine Verzahnung.

[0030] Ein erfindungsgemäßes Instrument ist insbesondere für die minimalinvasive Chirurgie geeignet, bei der das Schaftende teilweise, vorzugsweise durch einen Trokar, in den Körper eines Patienten eingeführt und das Werkzeug im Inneren des Patienten von außen aktuiert wird, geeignet. In einer be-

vorzugten Weiterbildung ist das Instrument robotergeführt, i. e. wird von einem Roboter aktuiert und/oder als Ganzes, insbesondere mit zwei rotatorischen und einem translatorischen Freiheitsgrad um einen Trokarpunkt, bewegt. Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt, vielmehr kann ein erfindungsgemäßes Instrument auch für nicht-minimalinvasive, offene chirurgische Eingriffe verwendet und/oder von einem Operateur manuell geführt und aktuiert werden. In der bevorzugten Anwendung wird nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung jedoch ein System aus einem Roboter, einem damit fest oder lösbar verbundenen erfindungsgemäßen chirurgischen Instrument, sowie Antrieben zur Aktuierung der Antriebsmittel des Instrumentes vorgeschlagen.

[0031] Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

[0032] [Fig. 1](#): einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht;

[0033] [Fig. 2](#): eine Abwandlung des chirurgischen Instruments nach [Fig. 1](#);

[0034] [Fig. 3](#): das chirurgische Instrument nach [Fig. 2](#) in einer anderen perspektivischen Ansicht;

[0035] [Fig. 4](#): eine Abwandlung des chirurgischen Instruments nach [Fig. 2](#) in einer [Fig. 3](#) entsprechenden Ansicht;

[0036] [Fig. 5](#): einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht;

[0037] [Fig. 6](#): das chirurgische Instrument nach [Fig. 5](#) ohne Werkzeughalter;

[0038] [Fig. 7](#): einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht;

[0039] [Fig. 8](#): das chirurgische Instrument nach [Fig. 7](#) mit durchsichtigem Werkzeughalter;

[0040] [Fig. 9](#): eine Baugruppe des chirurgischen Instruments nach 7 in perspektivischer Ansicht;

[0041] [Fig. 10](#): ein Umsetzungsgetriebe der Baugruppe nach [Fig. 9](#);

[0042] [Fig. 11](#): einen Werkzeuggrundkörper der Baugruppe nach [Fig. 9](#);

[0043] [Fig. 12A/Fig. 12B](#): zwei Hebel der Baugruppe nach [Fig. 9](#) in geschlossener/gespreizter Stellung;

[0044] [Fig. 13](#): einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht;

[0045] [Fig. 14](#): das chirurgische Instrument nach [Fig. 13](#) von einer gegenüberliegenden Seite;

[0046] [Fig. 15](#): einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer fünften Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht;

[0047] [Fig. 16](#): zwei Umschlingungsgetriebe des chirurgischen Instruments nach [Fig. 15](#);

[0048] [Fig. 17](#): ein formschlüssig mit einem Rad zusammenwirkendes Zugmittel in einem chirurgischen Instrument nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einer Draufsicht;

[0049] [Fig. 18](#): eine Abwandlung der Ausführung der [Fig. 17](#) in perspektivischer Ansicht;

[0050] [Fig. 19](#): einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht;

[0051] [Fig. 20](#): ein formschlüssig mit einem Rad zusammenwirkendes Schubmittel des chirurgischen Instruments nach [Fig. 19](#).

[0052] [Fig. 1](#) zeigt den distalen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht mit einem Schaftende **1**. Dieses kann fest mit dem weiteren, nicht dargestellten, hohlzylindrischen Schaft verbunden oder an diesem gelenkig, insbesondere um eine Schaftlängsachse drehbar, gelagert sein, um einen nachfolgend nicht weiter erläuterten Freiheitsgrad, insbesondere ein Rollen des Werkzeugs um eine Rollachse (horizontal in [Fig. 1](#)), darzustellen. Der Schaft kann, ebenfalls nicht dargestellt, fest oder lösbar mit einem Roboter verbunden sein, der das Instrument als Ganzes im Raum positionieren kann.

[0053] In dem Schaftende **1** ist ein Werkzeughalter **2** drehbar gelagert, so dass er sich um eine Gierachse G drehen kann. Ein in [Fig. 1](#) nicht sichtbares Antriebsrad (vgl. hierzu [Fig. 2: 110](#)), das nachfolgend auch als Werkzeughalterrad bezeichnet wird, ist drehfest mit dem Werkzeughalter **2** verbunden, insbesondere integral mit diesem ausgebildet, beispielsweise urgeformt, und wird durch einen Zahn- oder Reibriemen mit zwei Trumme **100A'**, **100B'** form- bzw. reibschlüssig umschlungen. Dieser Riemen **100'** bildet ein Antriebs-, insbesondere Zugmittel, durch das der Werkzeughalter **2** um die Gierachse G drehbar ist, indem ein Zugmitteltrummm vom Werkzeughalter weg gezogen und das damit integral

verbundene gegenüberliegende Zugmitteltrummm entsprechend nachgeführt wird.

[0054] In dem Werkzeughalter **2** ist ein Werkzeug **3**, das einen Grundhebel **3A** und ein damit fest verbundenes Schneckenrad **30** aufweist, um eine Nickachse N drehbar gelagert. Mit dem Schneckenrad **30** kämmt eine Schnecke **31**, die drehbar um die Gierachse G in dem Werkzeughalter **2** gelagert ist. Die Schnecke **31** ist fest mit einem in [Fig. 1](#) nicht sichtbaren Zwischenrad (vgl. hierzu [Fig. 2: 210](#)) verbunden, welches wie das Werkzeughalterrad von einem Zahn- oder Reibriemen **200'** form- bzw. reibschlüssig akkuiert und hierzu von diesem teilweise umschlungen wird. Dieser Riemen **200'** bildet ein Antriebs-, insbesondere Zugmittel, durch das die Schnecke **31** um die Gierachse G drehbar ist, indem ein Zugmitteltrummm vom Werkzeughalter **2** weg gezogen und das damit integral verbundene gegenüberliegende Zugmitteltrummm entsprechend nachgeführt wird.

[0055] Schnecke **31** und Schneckenrad **30** bilden ein Rädergetriebe, wobei die Schnecke **31** ein Antriebsrad bildet, das durch das Antriebsmittel **100A'**, **100B'** um eine mit der Gierachse G fluchtenden bzw. identische Eingangsgetriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter **2** gelagert ist, und wobei das Schneckenrad **30** ein Abtriebsrad bildet, das um eine mit der Nickachse N fluchtenden bzw. identische Ausgangsgetriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter **2** gelagert ist, durch das das Werkzeug **3** um die Nickachse N drehbar ist, und das das Antriebsrad **31** formschlüssig kontaktiert, indem es mit diesem kämmt. Man erkennt, dass der Schwenkbereich um Gier- und Nickachse jeweils größer als 180° bzw. $\pm 90^\circ$ ist. Zudem wird ersichtlich, dass die Bewegung um Gier- und Nickachse unabhängig voneinander sind. Die im System auftretende Reibung ergibt sich aus der Lager- und Getriebereibung und kann gut modelliert werden, was es erlaubt, basierend auf einem dynamischen Modell Kontakt- bzw. Reaktionskräfte auf den Grundhebel **3A** aus den Antriebskräften in den Antriebsmitteln **100A'**, **100B'**, **200'** zu ermitteln.

[0056] [Fig. 2](#) zeigt den distalen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer Abwandlung der ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht. Einander entsprechende Elemente sind mit gleichen, gegebenenfalls durch Weglassen einer Apostrophierung (') individualisierten, Bezugszeichen versehen, so dass nachfolgend nur auf die Unterschiede zur ersten Ausführung nach [Fig. 1](#) eingegangen wird, während die Abwandlung im Übrigen der ersten Ausführung nach [Fig. 1](#) entspricht.

[0057] In der Abwandlung nach [Fig. 2](#) sind die Riemen durch Antriebsmittelbildende Seile **100** bzw. **200** mit zwei integral miteinander verbundenen Seiltrumme **100A**, **100B** bzw. **200A**, **200B** (vgl. hierzu [Fig. 3](#), [Fig. 4](#)) ersetzt, die das Werkzeughalterrad **110**

bzw. Zwischenrad **210** teilweise reibschlüssig umschlingen. Zur Führung der Seile und gegebenenfalls zur Erhöhung der Reibung weisen die Räder **110**, **210** entsprechende Führungsrillen über ihrem Umfang auf.

[0058] **Fig. 3** zeigt das chirurgische Instrument nach **Fig. 2** in einer perspektivischen Ansicht von (nicht dargestellten) Antrieben aus gesehen. Diese können beispielsweise mit dem Schaft oder mit dem diesen führenden Roboter fest oder lösbar verbunden sein.

[0059] Man erkennt die beiden Zugmitteltrümme **100A**, **100B** des Seiles **100** zur Drehung des Werkzeughalters **2** um die Gierachse G und die beiden Zugmitteltrümme **200A**, **200B** des Seiles **200** zur Drehung des Werkzeugs **3** um die Nickachse N über das Zwischenrad **210** und das Schneckenradgetriebe **30**, **31**.

[0060] Die antriebsseitigen (vorne in **Fig. 3**) Enden der Zugmitteltrümme **100A**, **100B**, **200A** bzw. **200B** sind beispielsweise jeweils gelenkig an Hebeln befestigt, die ein Elektromotor gegenläufig synchron um eine zur Gierachse G parallele Drehachse verdreht, so dass jeweils ein Zugmitteltrumm vom Werkzeughalter weggezogen und das andere Zugmitteltrumm zum Werkzeughalter hin nachgeführt wird, um das Werkzeughalterrada **110** bzw. das Zwischenrad **210** und über dieses die Schnecke **31** zu verdrehen. Gleichmaßen können die beiden antriebsseitigen Enden eines Zugmitteltrumpmpaares auch beispielsweise durch Linearmotoren eingezogen bzw. ausgegeben werden.

[0061] **Fig. 4** zeigt eine Abwandlung des chirurgischen Instruments nach **Fig. 2** in einer **Fig. 3** entsprechenden Ansicht. Einander entsprechende Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, so dass nachfolgend nur auf die Unterschiede zur Ausführung nach **Fig. 3** eingegangen wird, während die Abwandlung im Übrigen der Ausführung nach **Fig. 2** entspricht.

[0062] In der Abwandlung sind die beiden Zugmitteltrumpmpaare **100A** und **100B** bzw. **200A** und **200B** jeweils auch an ihren antriebsseitigen Enden (vorne in **Fig. 4**) miteinander verbunden, beispielsweise integral miteinander ausgebildet. Die (nicht dargestellten) Antriebe treiben diese über Zwischenräder **190** bzw. **290** an, die zusammen mit den Zugseilen **100** bzw. **200** und dem Zwischenrad **210** jeweils ein Antriebsmittel zum Drehen des Antriebsrades **110** bzw. **31** bilden. Die Zugseile **100**, **200** bilden jeweils eine geschlossene Schlaufe und umschlingen die Zwischenräder **190** bzw. **290** und das Werkzeughalterrada **110** bzw. das Zwischenrad **210** jeweils um 180°.

[0063] **Fig. 5** zeigt einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer zweiten Ausführung der vorlie-

genden Erfindung in perspektivischer Ansicht, **Fig. 6** dessen distales Ende, wobei zur Verdeutlichung der Werkzeughalter weggelassen ist. Einander entsprechende Elemente sind mit gleichen bzw. einander entsprechenden Bezugszeichen versehen, so dass nachfolgend nur auf die Unterschiede zur ersten Ausführung bzw. deren Abwandlungen nach **Fig. 1** bis **Fig. 4** eingegangen wird, während die zweite Ausführung diesen im Übrigen entspricht.

[0064] In der zweiten Ausführung weist das Werkzeug neben dem Grundhebel **3A** einen weiteren Hebel **38** auf, der spiegelsymmetrisch baugleich mit dem Grundhebel **3A** eine zweite Klinge eines scheren- oder zangenartigen Werkzeugs darstellt. Entsprechend ist auch der weitere Hebel **3B** mit einem weiteren Schneckenrad **30B** fest verbunden, welches um die Nickachse N drehbar in dem Werkzeughalter **2** gelagert ist. Mit dem weiteren Schneckenrad **30B** kämmt eine weitere Schnecke **31B**, die drehbar um eine weitere Eingangsgetriebeachse in dem Werkzeughalter **2** gelagert ist. Die weitere Schnecke **31B** ist fest mit einem in **Fig. 6** erkennbaren weiteren Zwischenrad **320** verbunden, welches ebenso wie ein mit der Schnecke **31A** fest verbundenes Zwischenrad **220** als Zahnrad ausgebildet ist.

[0065] Die weitere Schnecke **31B** und das weitere Schneckenrad **30B** bilden ein weiteres Rädergetriebe, wobei die weitere Schnecke **31B** ein weiteres Antriebsrad bildet, das durch ein Zugmittel, insbesondere Zugseil **300** eines weiteren Antriebsmittels um eine zu der Gierachse G parallel versetzte Eingangsgetriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und wobei das weitere Schneckenrad **30B** ein weiteres Abtriebsrad bildet, das um eine mit der Nickachse N fluchtenden bzw. identische weitere Eingangsgetriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter **2** gelagert ist, durch das der weitere Hebel **3B** um die Nickachse N drehbar ist, und das das weitere Antriebsrad **31B** formschlüssig kontaktiert, indem es mit diesem kämmt.

[0066] Die beiden Schnecken **31A**, **31B**, die um zu der Gierachse parallele und spiegelsymmetrisch angeordnete Eingangsgetriebeachsen drehbar im Werkzeughalter **2** gelagert und jeweils fest mit einem Zahnrad **220** bzw. **320** verbunden sind, werden durch die Zugmittel **200** bzw. **300** gedreht. Hierzu umschlingen diese jeweils ein Zwischenrad **210** bzw. **310** mit kleinerem Durchmesser, welches absatzförmig fest mit einem als Zahnrad ausgebildeten Zwischenrad **215** bzw. **315** mit größerem Durchmesser verbunden ist, das seinerseits mit dem Zahnrad **220** bzw. **320** kämmt. Auf diese Weise können die beiden geschlossenen Zugmittel **200**, **300** parallel zum Zugmittel **100** im Hohlschaft geführt werden. Sie bilden zusammen mit den von ihnen um 180° umschlungenen Zwischenrädern **210**, **310** mit kleinerem Durchmesser, den mit diesen absatzförmig inte-

gral ausgebildeten Zahnrädern **215, 315** und den mit diesen kämmenden Zwischen- bzw. Zahnrädern **220, 320** sowie gegebenenfalls Zwischenrädern **290** (vgl. [Fig. 4](#)) jeweils ein Antriebsmittel zum Antreiben der Antriebsräder bzw. Schnecken **31A, 31B** des Werkzeug- bzw. weiteren Rädergetriebes. Die beiden Antriebsmittel einerseits sowie Grund- und weiterer Hebel **3A, 3B** und Werkzeug- bzw. weiteren Rädergetriebe andererseits sind in um 90° gedrehten Ebenen jeweils spiegelsymmetrisch ausgebildet. Insbesondere ist das Werkzeughalterrad **110** mittig zwischen den beiden Zwischenrädern **210, 310** angeordnet, die ihrerseits innerhalb der beiden Zahnräder **215, 315** angeordnet sind und mit dementsprechend auf einander gegenüberliegenden Seiten des Werkzeughalters angeordneten Zwischenrädern **220** bzw. **320** kämmen.

[0067] Die zweite Ausführung kann dieselben Vorteile bieten wie die erste Ausführung, wobei in der zweiten Ausführung die symmetrische Verzweigung der mit dem Antriebsmittel **100** parallel geführten Antriebsmittel **200, 300** eine besonders günstige Kinematik darstellt.

[0068] [Fig. 7](#) zeigt einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht, [Fig. 8](#) dessen distales Ende von der gegenüberliegenden Seite, wobei zur Verdeutlichung der Werkzeughalter durchsichtig dargestellt ist. Einander entsprechende Elemente sind mit gleichen bzw. einander entsprechenden Bezugszeichen versehen, so dass nachfolgend nur auf die Unterschiede zur ersten bzw. zweiten Ausführung und deren Abwandlungen nach [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#) eingegangen wird, während die dritte Ausführung diesen im Übrigen entspricht.

[0069] In der dritten Ausführung weist das Werkzeug einen Werkzeuggrundkörper **3** auf, welcher in [Fig. 11](#) alleine dargestellt ist. In diesem Grundkörper sind zwei gegeneinander symmetrisch spreizbare Hebel **3A, 3B** drehbar um eine Werkzeugachse A gelagert, wie insbesondere [Fig. 9](#) zeigt. Die beiden Hebel **3A, 3B** sind, wie aus der Figurenfolge [Fig. 12A, Fig. 12B](#) deutlich wird, scheren- bzw. zangenartig miteinander verbunden und weisen auf ihrer den Klingen gegenüberliegenden Seite (links in [Fig. 12](#)) gegenläufige Kulissenführungen auf, in denen Stifte formschlüssig verschiebbar geführt sind, die von gegenüberliegenden Seiten eines Gleitkörpers **35** abstehen. Man erkennt, dass eine translatorische Bewegung des Gleitkörpers **35** zur Werkzeugachse A hin bzw. von dieser weg die Hebel bzw. Klingen **3A, 3B** spreizt bzw. schließt.

[0070] Hierzu ist der Gleitkörper **35** in einer insbesondere in [Fig. 11](#) erkennbaren Längsnut **37** translatorisch verschiebbar geführt, die im Werkzeuggrundkörper **3** ausgebildet ist. Auf seiner von der Werk-

zeugachse A abgewandten Seite weist der Gleitkörper **35** einen weiteren Stift auf, der in einer Nut in Form einer archimedischen Spirale **36** formschlüssig geführt ist. In an sich bekannter Weise übersetzt diese Kulissenführung eine Drehung des mit der Spirale **36** ausgebildeten Rades **30C** in eine Translation des Gleitkörpers **35**, die wiederum eine Drehung der Hebel **3A, 3B** um deren Werkzeugachse A zwangsführt. Somit wirken diese Elemente als Umsetzungsgetriebe zur Umsetzung einer rotatorischen und einer translatorischen Bewegung ineinander.

[0071] Das Rad **30C** ist, wie insbesondere aus [Fig. 9](#) erkennbar, als weiteres Schneckenrad ausgebildet, dass von der weiteren Schnecke **31C** aktuiert wird, während der Werkzeughaltergrundkörper **3** fest mit einem Schneckenrad **30A** verbunden ist, das von der Schnecke **31A** aktuiert wird. Zwischen den beiden Schneckenrädern **30A, 30C** der beiden Rädergetriebe und den diese aktuiierenden Antrieben entspricht die dritte der zweiten Ausführung, wie insbesondere aus [Fig. 8](#) deutlich wird. Im Gegensatz zur zweiten Ausführung drehen jedoch die Hebel **3A, 3B** bei einer Aktuierung des weiteren Rädergetriebes **30C, 31C** aufgrund des Umsetzungsgetriebes **35, 36** um die Werkzeugachsen A, die gegenüber der Nickachse N parallel versetzt sind. Das Werkzeug als Ganzes, insbesondere dessen Grundkörper **3**, wird hingegen durch das Werkzeug-Rädergetriebe **30A, 31A** um die Nickachse N gedreht. Das Öffnen bzw. Schließen der Hebel **3A, 3B** ergibt sich im Ausführungsbeispiel aufgrund derselben Größen- und Übersetzungsverhältnisse in dem Werkzeug- und dem weiteren Rädergetriebe entsprechend der Differenz der Drehungen der Schnecken **31A, 31C** um ihre parallelen Eingangsgetriebeachsen, die zudem parallel zur Gierachse G symmetrisch zueinander versetzt sind. Um also beispielsweise die Hebel bei einer Nickbewegung des Werkzeugs **3** in derselben Öffnungsstellung zu halten, werden die Zugmittel **200** und **300** synchron verfahren.

[0072] [Fig. 13](#) zeigt einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht, [Fig. 14](#) dessen distales Ende von der gegenüberliegenden Seite. Einander entsprechende Elemente sind mit gleichen bzw. einander entsprechenden Bezugszeichen versehen, so dass nachfolgend nur auf die Unterschiede zur ersten, zweiten bzw. dritten Ausführung und deren Abwandlungen nach [Fig. 1](#) bis [Fig. 12](#) eingegangen wird, während die vierte Ausführung diesen im Übrigen entspricht.

[0073] Der Aufbau des Werkzeugs entspricht im Wesentlichen der dritten Ausführung, wobei in der vierten Ausführung die Schnecke **31A** des Werkzeug-Rädergetriebes nicht parallel zur Gierachse G versetzt ist, sondern mit dieser fluchtet. Das weitere Rädergetriebe **30C, 31C** ist in der vierten Ausführung als

Kronenradgetriebe ausgebildet, wobei das Abtriebs- bzw. Kronenrad **30C** mittels einer (in den [Fig. 13](#), [Fig. 14](#) nicht erkennbaren) archimedischen Spirale die Hebel **3A**, **3B** spreizt bzw. schließt, wie dies mit Bezug auf [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) erläutert wurde.

[0074] Auch in der vierten Ausführung umschließt ein Zugmittel **300** ein Zwischenrad **310**, welches fest mit einem Zwischenrad **315'** verbunden ist, das im Ausführungsbeispiel denselben Durchmesser aufweist und mit einem Zwischenrad **320'** wirkverbunden ist, welches fest mit dem Antriebs- bzw. Kronenzahnrad **31C** des weiteren Rädergetriebes verbunden ist. Im Gegensatz zum dritten Ausführungsbeispiel sind die beiden wirkverbundenen Zwischenräder **315'**, **320'** jedoch nicht als miteinander kämmende Zahnräder ausgebildet, sondern durch ein geschlossenes Zugmittel, insbesondere ein Seil **317**, eines Umschlingungsgetriebes miteinander wirkverbunden. Zudem ist in der vierten Ausführung das Werkzeughalterrada **110** am Rand des Werkzeughalters **2** angeordnet, so dass die Schnecke **31** und das damit fluchtend drehfest verbundene, vom Zugmittel **200** umschlungene Zwischenrad **210** hier zwischen dem Antriebsmittel **100** zur Aktuierung des Werkzeug-Rädergetriebes und dem Antriebsmittel **300** zur Aktuierung des weiteren Rädergetriebes **30C**, **31C** angeordnet ist.

[0075] [Fig. 15](#) zeigt einen Teil eines chirurgischen Instruments nach einer fünften Ausführung der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht, [Fig. 16](#) zwei Umschlingungsgetriebe dieses chirurgischen Instruments. Einander entsprechende Elemente sind mit gleichen bzw. einander entsprechenden Bezugszeichen versehen, so dass nachfolgend nur auf die Unterschiede zur ersten, zweiten, dritten bzw. vierten Ausführung und deren Abwandlungen nach [Fig. 1](#) bis [Fig. 14](#) eingegangen wird, während die fünfte Ausführung diesen im Übrigen entspricht.

[0076] In der fünften Ausführung sind, insbesondere im Vergleich zur zweiten Ausführung, statt der Rädergetriebe zwei symmetrisch aufgebaute Umschlingungsgetriebe zur Drehung der beiden Hebel **3A**, **3B** um die Nickachse **N** vorgesehen.

[0077] Eines dieser beiden baugleichen Umschlingungsgetriebe, welches ohne Beschränkung der Allgemeinheit nachfolgend als Werkzeug-Umschlingungsgetriebe bezeichnet wird, weist ein drehbar an dem Werkzeughalter **2** gelagertes Antriebsrad **213** auf, das durch ein Zugmittel **200** eines Antriebsmittels umschlungen wird und durch entsprechende Gegenbewegung dessen beider Zugmitteltrumme um eine Eingangsgetriebeachse, die vorliegend mit der Gierachse **G** fluchtet, gedreht werden kann.

[0078] Zwei von diesem Zugmittel **200** verschiedene, integral miteinander zu einer um 180° ver-

drillten geschlossenen Schlaufe verbundene Zugmitteltrumme **400A**, **400B** umschlingen sowohl das Antriebsrad **213** als auch ein Abtriebsrad **325A**, das um eine Ausgangsgetriebeachse, die vorliegend mit der Nickachse **N** fluchtet, drehbar an dem Werkzeughalter **2** gelagert und fest mit dem Grundhebel **3A** verbunden, insbesondere integral mit diesem ausgebildet ist, um An- und Abtriebsrad **213**, **325A** zu koppeln.

[0079] Dabei läuft das eine Zugmitteltrumme **400A** (oben in [Fig. 16](#)) im rechten Winkel zur Gierachse **G** vom Antriebsrad **213** ab und von dort im Wesentlichen ohne Richtungsänderung im rechten Winkel zur Nickachse **N** auf das Abtriebsrad **325A** auf, von wo aus das Zugmittel dieses Abtriebsrad **325A** um 180° umschlingt und von diesem wiederum im rechten Winkel zur Nickachse **N** abläuft. Hier läuft das andere Zugmitteltrumme **400B** über ein erstes Führungsrad **410A** zu einem zweiten Führungsrad **410B**, von wo aus der geschlossene Seilzug **400** wieder im rechten Winkel zur Gierachse **G** auf das Antriebsrad **213** aufläuft und dieses um 180° umschlingt. Dabei schließt das andere Zugmitteltrumme **400B** zwischen erstem und zweitem Führungsrad **410A**, **410B** mit der Gier- und der Nickachse **G**, **N** jeweils einen Winkel von etwa 45° ein. Dementsprechend sind auch die Drehachsen der beiden Führungsräder **410A**, **410B** gegen Gier- und Nickachse **G**, **N** jeweils um ungefähr 45° geneigt.

[0080] Durch Drehung des Antriebsrades **213** mittels des Zugmittels **200** wird über das Umschlingungsgetriebe mit den Zugmitteltrummen **400A**, **400B** das Abtriebsrad **325A** und mit ihm der Grundhebel **3A** um die Nickachse **N** verschwenkt bzw. gedreht. In analoger Weise kann unabhängig hiervon auch der weitere Hebel **3B** um die Nickachse **N** verschwenkt werden, wenn das weitere Antriebsrad **313** des weiteren Umschlingungsgetriebes durch das weitere Antriebsmittel **300** verdreht wird. Auch hier umschlingen zwei integral miteinander verbundene, von dem weiteren Antriebsmittel **300** verschiedene Zugmitteltrumme **500A**, **500B** das weitere An- und Abtriebsrad **313**, **325B**, wobei wiederum ein Zugmitteltrumme **500A** im Wesentlichen im rechten Winkel zur Gier- und Nickachse **G**, **N** verläuft, während das andere Zugmitteltrumme **500B** zwischen entsprechend geneigten Führungsradern **510A**, **510B** mit der Gier- und der Nickachse **G**, **N** jeweils einen Winkel von etwa 45° einschließt. Ähnlich wie in der zweiten und dritten Ausführung ist auch bei der fünften Ausführung ein Werkzeugträgerrada **110** zwischen den beiden Antriebsrädern **213**, **313** angeordnet und fest mit dem Werkzeughalter **2** verbunden. Dieses wird, wie aus [Fig. 15](#) ersichtlich, durch einen Flachriemen **100'** angetrieben, was exemplarisch zeigt, dass allgemein erfindungsgemäß Seil- und Riemenzugmittel gemeinsam in einer Ausführung eingesetzt werden können. Das Ausführungsbeispiel zeigt ebenfalls

exemplarisch, dass allgemein erfindungsgemäß ein Werkzeug- und ein weiteres Umschlingungsgetriebe nach dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung vorzugsweise spiegelsymmetrisch zueinander angeordnet sein können.

[0081] Wie mit den vorstehend erläuterten Ausführungen kann auch mit dieser fünften Ausführung eine vorteilhafte Kinematik und Dynamik erreicht werden. Insbesondere können die von den Antriebsmittel-Zugmitteln verschiedenen Zugmittel **400**, **500** der Umschlingungsgetriebe, welche wiederum beispielsweise als, vorzugsweise geschlossene, Seil-, Kabel-, Zahn- oder Reibriemenzüge ausgebildet sein können, eine einfachere Modellierung der Reibung und so eine indirekte, modellbasierte Erfassung von Kräften auf die Hebel **3A**, **3B** auf Basis von Kräften in den Antriebsmitteln ermöglichen.

[0082] In den vorstehenden Ausführungsbeispielen wurden überwiegend reibschlüssig mit An-, Abtriebs- oder Zwischenrädern zusammenwirkende Zugmittel gezeigt. In einer Abwandlung kann ein Zugmittel eines Antriebsmittels und/oder eines Umschlingungsgetriebes mit einem entsprechenden Rad zusätzlich oder alternativ auch formschlüssig zusammenwirken. **Fig. 17** zeigt hierzu exemplarisch ein Rad R, welches von einem Zugmittel Z umschlungen ist. Bei dem Rad kann es sich beispielsweise um eines der Räder **110**, **190**, **210**, **213**, **290**, **310**, **313**, **315'**, **320'**, **325A** oder **325B** handeln, bei dem Zugmittel entsprechend um eines der Zugmittel **100**, **200**, **300**, **317**, **400** oder **500** (A, B). In dem Zugmittel Z ist ein Auge gebildet, welches in einen entsprechenden Schlitz im Rad R eingefügt ist, so dass das Zugmittel Z formschlüssig am Rad R festgelegt ist. Dies kann vorteilhaft reibungsbedingten Abrieb und/oder ein Mikrorutschen verringern oder verhindern, welches bei chirurgischen Instrumenten gleichermaßen unerwünscht ist.

[0083] **Fig. 18** zeigt exemplarisch eine andere Abwandlung, bei der zwei abtriebsseitig, i. e. bei einem Rad R' nicht miteinander verbundene Zugmitteltrumme ZA, ZB mit ihren Enden jeweils an dem Rad R' befestigt sind. Die beiden Zugmitteltrumme ZA, ZB laufen auf gegenüberliegenden Seiten des Rades R' von diesem ab, so dass wiederum eine Zugsbewegung eines Zugmitteltrummes eine gegenläufige Bewegung des anderen Zugmitteltrummes und eine Drehung des getriebenen Rades R' bewirkt. In der in **Fig. 18** gezeigten Null- bzw. Neutralstellung des getriebenen Rades R' beträgt eine Umschlingung zwischen der Befestigung und dem Ablauf eines Zugmitteltrummes jeweils ungefähr 270°, so dass das Rad R' aus der Nullstellung durch ein Zugmitteltrum um mehr als 90° gedreht werden kann, bis es vollständig abgelaufen ist. Bei dem Rad R' kann es sich wiederum insbesondere um eines der Räder **110**, **190**, **210**, **213**, **290**, **310**, **313**, **315'**, **320'**, **325A** oder **325B** handeln, bei dem Zugmittel ZA, ZB entspre-

chend um eines der Zugmittel **100**, **200**, **300**, **317**, **400** oder **500** (A, B).

[0084] In den vorstehenden Ausführungsbeispielen wurden überwiegend Zugmittel gezeigt. In einer Abwandlung kann an Stelle eines Zugmittels mit zwei Zugtrummen auch ein Schubmittel, insbesondere eine Schubstange verwendet werden. **Fig. 19** zeigt hierzu exemplarisch eine entsprechende Abwandlung des dritten Ausführungsbeispiels nach **Fig. 6**, auf dessen Beschreibung verwiesen wird. Dort werden die Zwischenräder **110**, **210** und **310** der Antriebsmittel **100**, **200** bzw. **300** jeweils von Zugseilen reibschlüssig umschlossen.

[0085] In der Abwandlung der **Fig. 19** ist hingegen in den Zwischenrädern **110'**, **210'** und **310'**, die fest mit dem Werkzeughalter **2** bzw. den Zwischenrädern **215**, **315** verbunden sind, jeweils ein sich in radialer Richtung erstreckender Schlitz ausgebildet, in dem jeweils ein Gleitkörper **195** (siehe **Fig. 20**) formschlüssig translatorisch verschiebbar geführt ist. An diesem ist jeweils eine Schubstange **100'**, **200'** bzw. **300'** gelenkig befestigt. Wie insbesondere aus der schematischen Draufsicht der **Fig. 20** erkennbar, bewirkt eine translatorische Verschiebung beispielsweise der Schubstange **100'** eine entsprechende Verdrehung des Zwischenrades **110'**, so dass dieses statt durch zwei gegenläufige Zugmitteltrumme auch durch eine, dann vorzugsweise translatorisch in einer Richtung, insbesondere parallel zur Schaftlängsachse, verschiebbar geführten Schubstange **100'** aktuiert werden kann. Auch insbesondere eines der Räder **110**, **190**, **210**, **213**, **290**, **313**, **310**, **315'**, **320'**, **325A** oder **325B** kann in nicht dargestellten Abwandlungen in entsprechender Weise durch eine Schubstange aktuiert sein. Zusätzlich oder alternativ ist es möglich, eine Schubstange nicht an einem Gleitkörper, sondern gelenkig an dem getriebenen Rad selber zu befestigen. Dies kann dann beispielsweise am gegenüberliegenden Ende an einer Kurbelwelle eines Antriebes gelenkig befestigt sein.

Bezugszeichenliste

1	Schaftende
2	Werkzeughalter
3	Werkzeug (grundkörper)
3A/3B	Grund-/weiterer Hebel
30 , 30A , 30B , 31C , 213 , 313	Antriebsrad (Schnecken-, Kronenrad)
31 ; 31A , 31B , 31C . 325A , 325B	Abtriebsrad (Schnecken-, Kronenzahnrad)
35	Gleitkörper
36	spiralförmige Nut
37	Längsnut
100A , 100B , 200A , 200B , 400A , 400B ,	Seil-/Riementrumm

500A, 500B, ZA, ZB/100A', 100B'	
100, 200; 200', 300, 317, Z 100'	Zugmittel Schubmittel (Schub- stange)
110, 110'	Werkzeughalterrad
190, 210, 210', 215, 220, 290, 310, 310', 315, 315', 320, 320'	Zwischenrad
410A, 410B, 510A, 510B A	Führungsrads (weitere) Werk- zeugachse
G	Gierachse
N	Nickachse

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6371952 [0003]
- US 7169141 [0003]

Patentansprüche

1. Insbesondere robotergeführtes, chirurgisches Instrument, mit
 einem Schaftende (1);
 einem Werkzeughalter (2), der um eine Gierachse (G) drehbar an dem Schaftende gelagert ist;
 und
 einem Werkzeug (3) mit einem Grundhebel (3A), insbesondere einer Klinge und/oder Backe, das um eine Nickachse (N) drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist,
 gekennzeichnet durch
 ein Rädergetriebe mit einem Antriebsrad (31, 31A, 31B, 31C), das durch ein Antriebsmittel um eine Eingangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und einem dieses kraft- und/oder formschlüssig kontaktierenden Abtriebsrad (30, 30A, 30B, 30C), das um eine Ausgangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das das Werkzeug um die Nickachse drehbar ist.

2. Chirurgisches Instrument nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein weiteres Rädergetriebe mit einem weiteren Antriebsrad (31B, 31C), das durch ein weiteres Antriebsmittel um eine weitere Eingangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und einem dieses kraft- und/oder formschlüssig kontaktierenden weiteren Abtriebsrad (30B, 30C), das um eine weitere Ausgangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das ein weiterer Hebel (3B), insbesondere eine Klinge und/oder Backe, des Werkzeugs um eine weitere Werkzeugachse drehbar ist.

3. Chirurgisches Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rädergetriebe als Schnecken-, Schraub-, Kegel-, Hypoid-, Kronen- oder Reibradgetriebe ausgebildet ist.

4. Insbesondere robotergeführtes, chirurgisches Instrument, mit
 einem Schaftende (1);
 einem Werkzeughalter (2), der um eine Gierachse (G) drehbar an dem Schaftende gelagert ist;
 und
 einem Werkzeug (3) mit einem Grundhebel (3A), insbesondere einer Klinge und/oder Backe, das um eine Nickachse (N) drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist,
 gekennzeichnet durch
 ein Umschlingungsgetriebe mit einem Antriebsrad (213, 313), das durch ein Antriebsmittel um eine Eingangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, einem Abtriebsrad (325A, 325B), das um eine Ausgangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das das Werkzeug um die Nickachse drehbar ist, und zwei von dem Antriebsmittel verschiedenen, insbesondere

re verbundenen, Zugmitteltrummen (400A, 400B, 500A, 500B), welche An- und Abtriebsrad koppeln.

5. Chirurgisches Instrument nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch ein weiteres Umschlingungsgetriebe mit einem weiteren Antriebsrad (313), das durch ein weiteres Antriebsmittel um eine weitere Eingangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und einem weiteren Abtriebsrad (325B), das um eine weitere Ausgangsgtriebeachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert und durch das ein weiterer Hebel (3B), insbesondere eine Klinge und/oder Backe, des Werkzeugs um eine weitere Werkzeugachse drehbar ist, und mit zwei von dem Antriebsmittel verschiedenen, insbesondere verbundenen, weiteren Zugmitteltrummen (500A, 500B), welche das weitere An- und Abtriebsrad koppeln.

6. Chirurgisches Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zugmitteltrumm (400B, 500B) mit der Gier- und/oder der Nickachse einen Winkel einschließt, der größer als 0°, insbesondere größer als 15°, und kleiner als 90°, insbesondere kleiner als 75° ist.

7. Chirurgisches Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zugmitteltrumm durch wenigstens ein Führungsrad (410A, 410B, 510A, 510B) geführt wird.

8. Chirurgisches Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
 eine Ein- und Ausgangsgtriebeachse und/oder die Nick- und die Gierachse einander, insbesondere wenigstens im Wesentlichen rechtwinklig, mit oder ohne Schnittpunkt kreuzen;
 eine Eingangsgtriebeachse, wenigstens im Wesentlichen, parallel zu der Gierachse ist, insbesondere mit dieser fluchtet; und/oder
 eine Ausgangsgtriebeachse, wenigstens im Wesentlichen, parallel zu der Nickachse ist, insbesondere mit dieser fluchtet.

9. Chirurgisches Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Antriebsmittel zwei, insbesondere verbundene, Zugmitteltrumme (100A, 100B, 200A, 200B), ein Schubmittel (110', 200', 300'), und/oder wenigstens ein Zwischenrad (190, 210, 210', 215, 220, 290, 310, 310', 315, 315', 320, 320') aufweist, insbesondere ein Zwischenrad (210, 210', 215, 220, 290, 310, 310', 315, 315', 320, 320'), durch das ein Antriebsrad um seine Eingangsgtriebeachse drehbar ist.

10. Chirurgisches Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein mit dem Werkzeughalter fest oder wirkverbundenes

Antriebsrad (**110**; **110'**), das durch ein Antriebsmittel um die Gierachse drehbar ist.

11. Chirurgisches Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug einen Werkzeuggrundkörper (**3**) aufweist, der um die Nickachse drehbar an dem Werkzeughalter gelagert ist, und dass der Grundhebel (**3A**) des Werkzeugs fest mit dem Werkzeuggrundkörper verbunden, insbesondere integral ausgebildet, oder um eine Werkzeugachse drehbar an dem Werkzeuggrundkörper gelagert ist.

12. Chirurgisches Instrument nach Anspruch 2 oder 5 und Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Hebel (**3B**) des Werkzeugs um die weitere Werkzeugachse drehbar an dem Werkzeuggrundkörper (**3**) oder dem Werkzeughalter gelagert ist.

13. Chirurgisches Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Umsetzungsgetriebe (**35**, **36**, **37**) zur Umsetzung einer rotatorischen und einer translatorischen Bewegung ineinander, das zwischen einem Abtriebsrad (**30C**) und einem Hebel (**3A**, **3B**) angeordnet ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

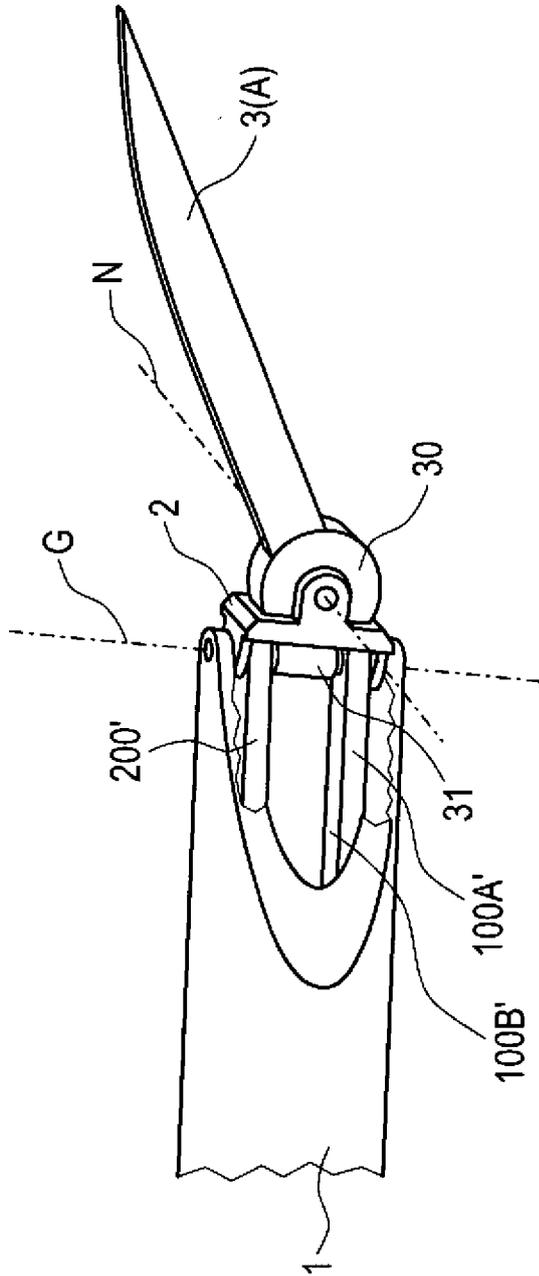


Fig. 1

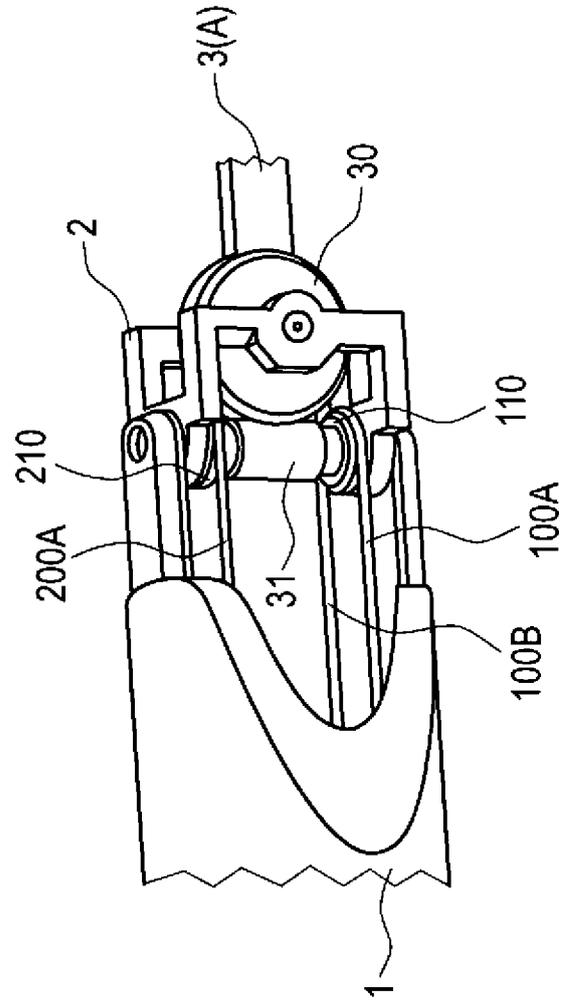


Fig. 2

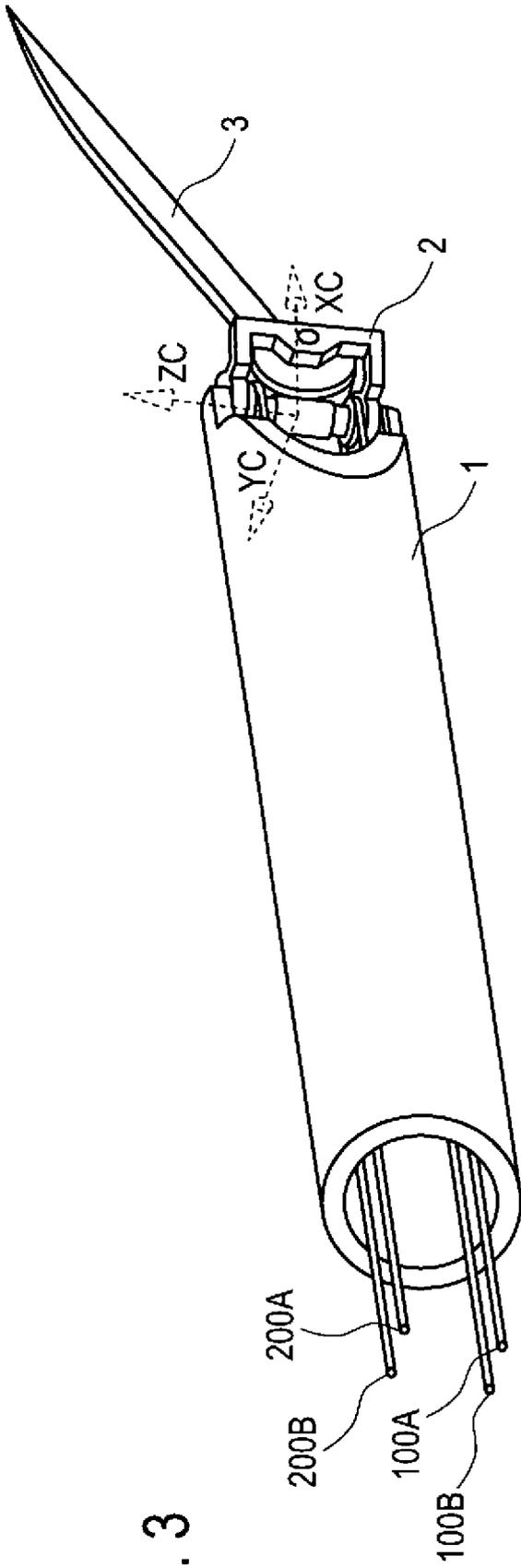


Fig. 3

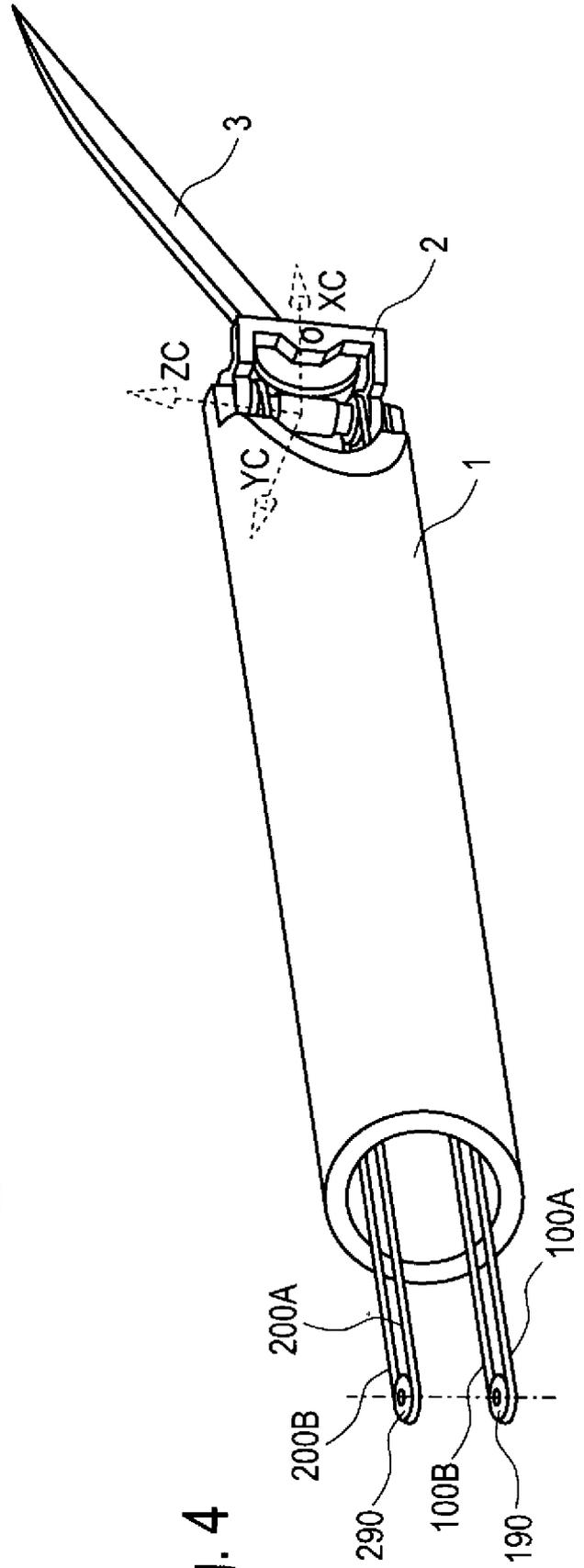


Fig. 4

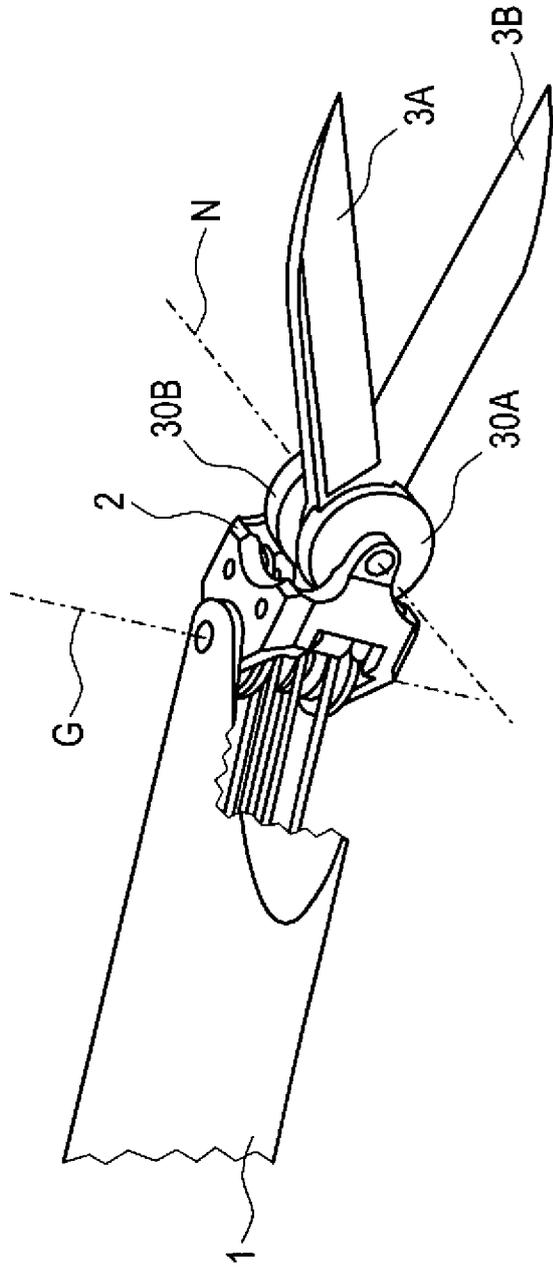


Fig. 5

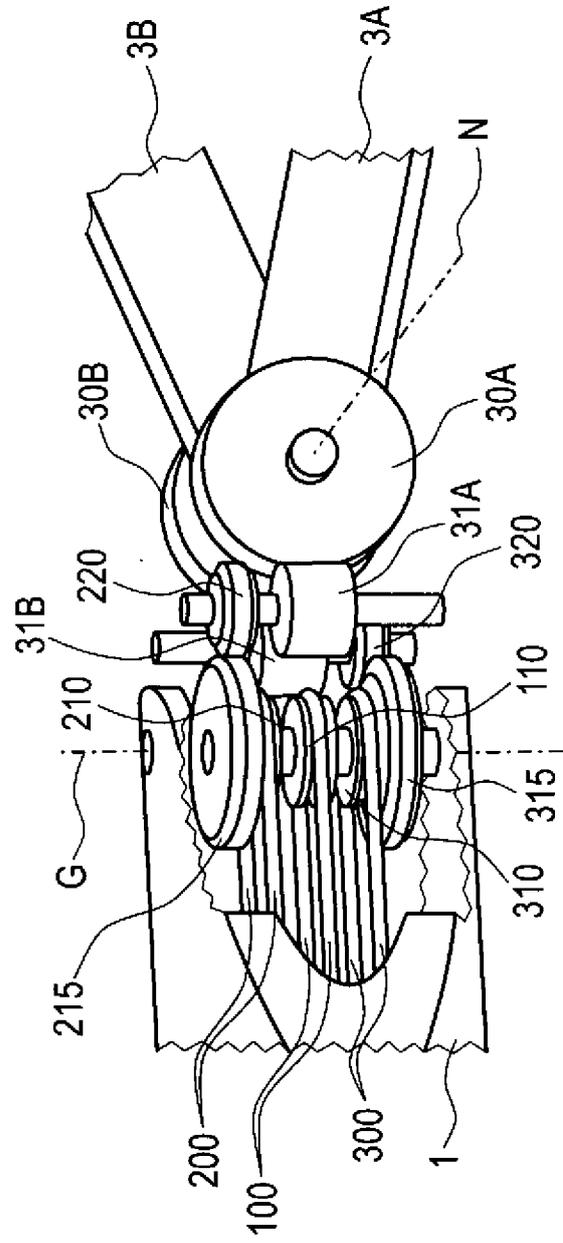


Fig. 6

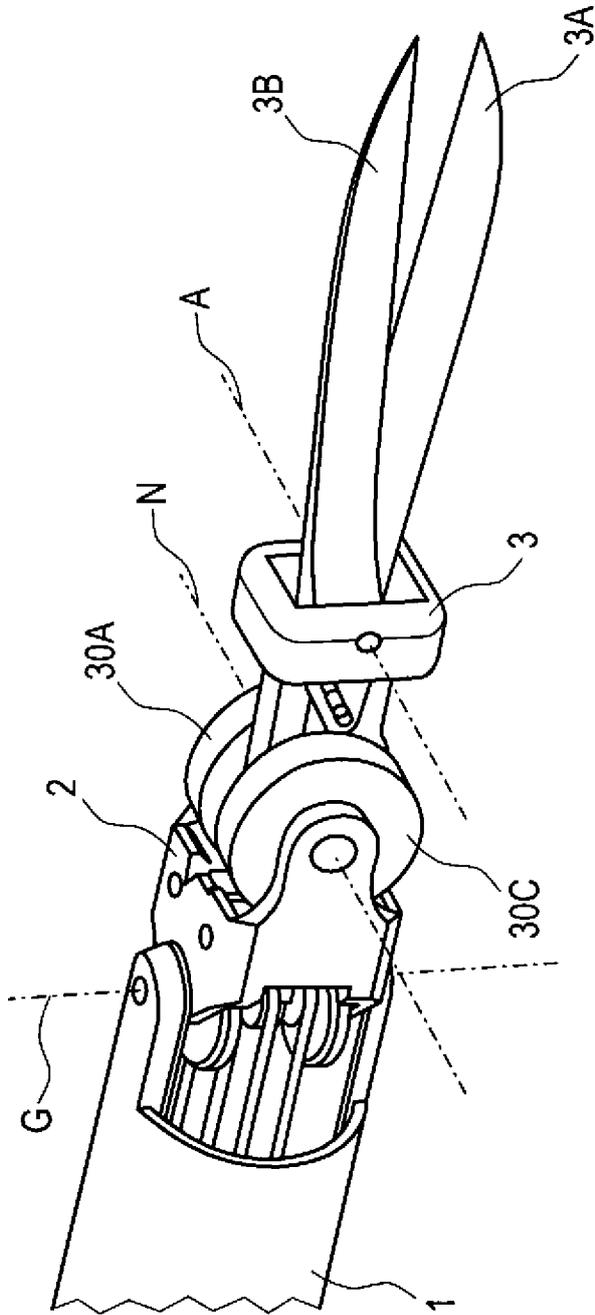


Fig. 7

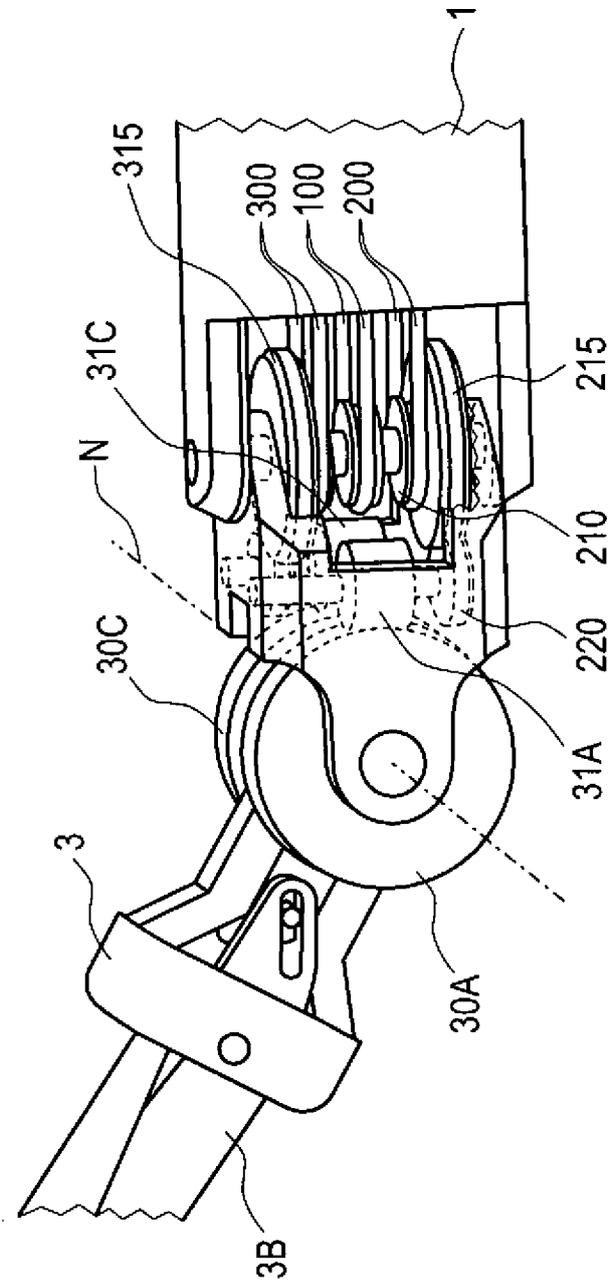


Fig. 8

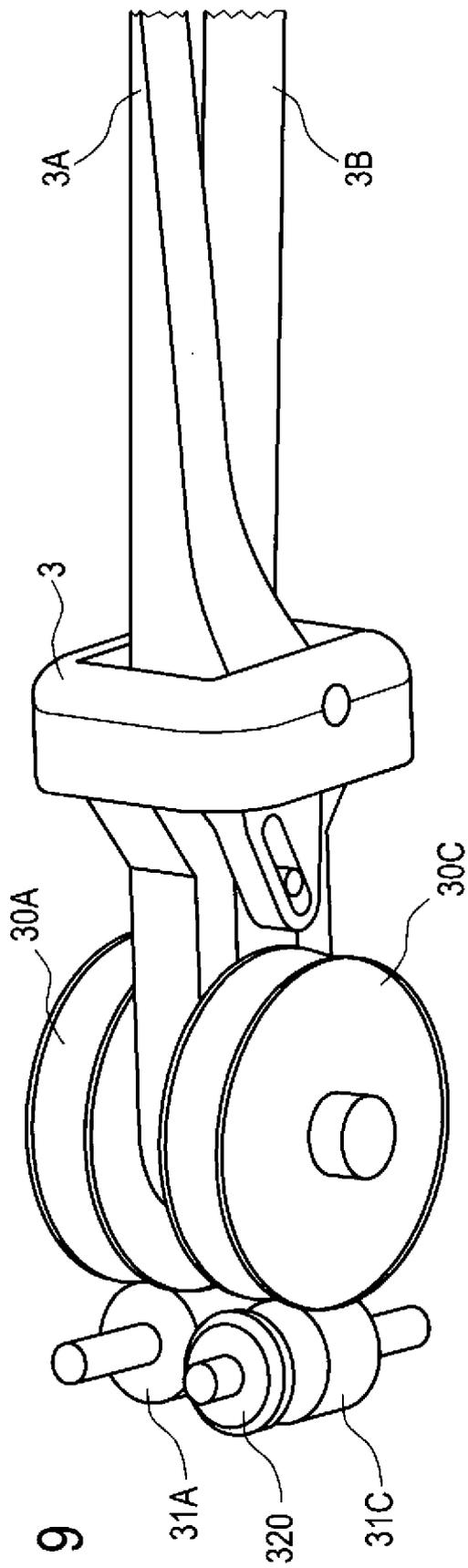


Fig. 9

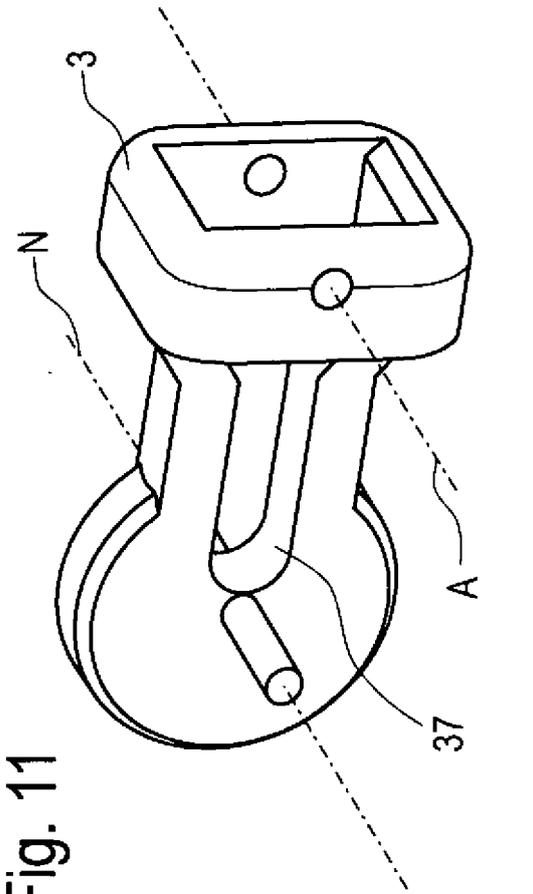


Fig. 11

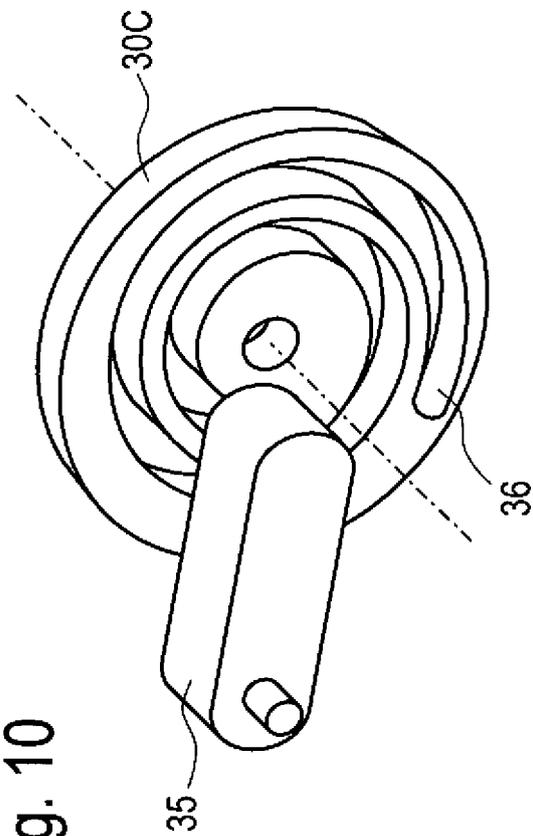


Fig. 10

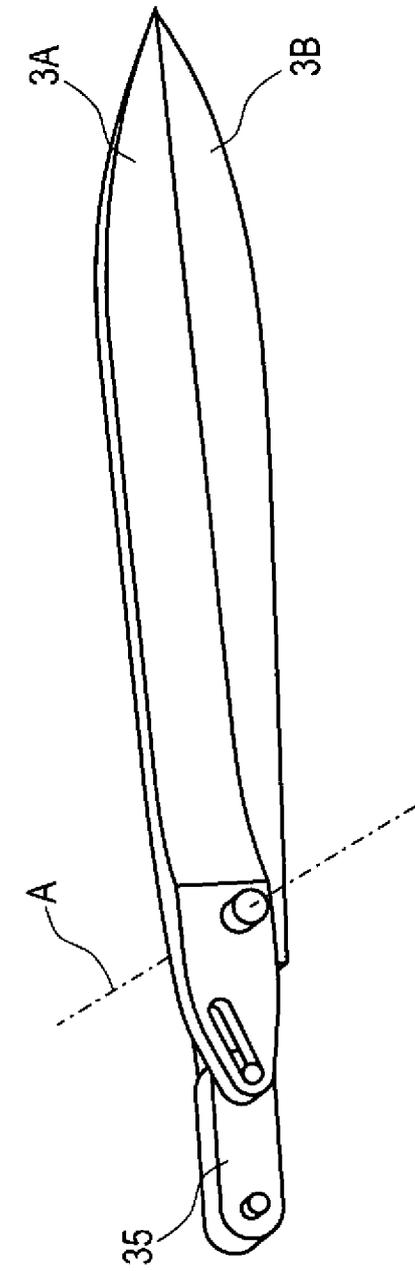


Fig. 12A

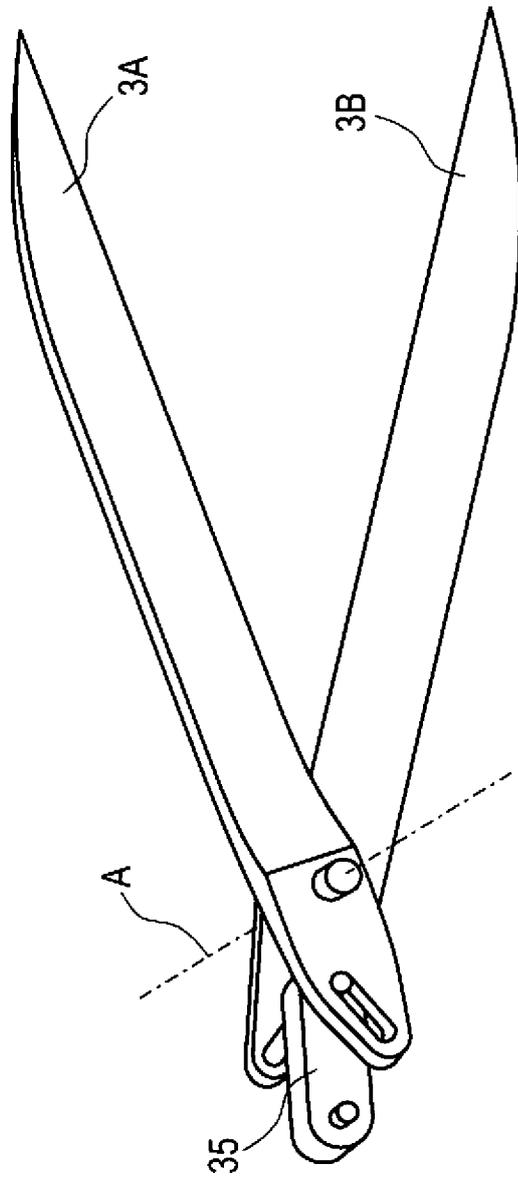


Fig. 12B

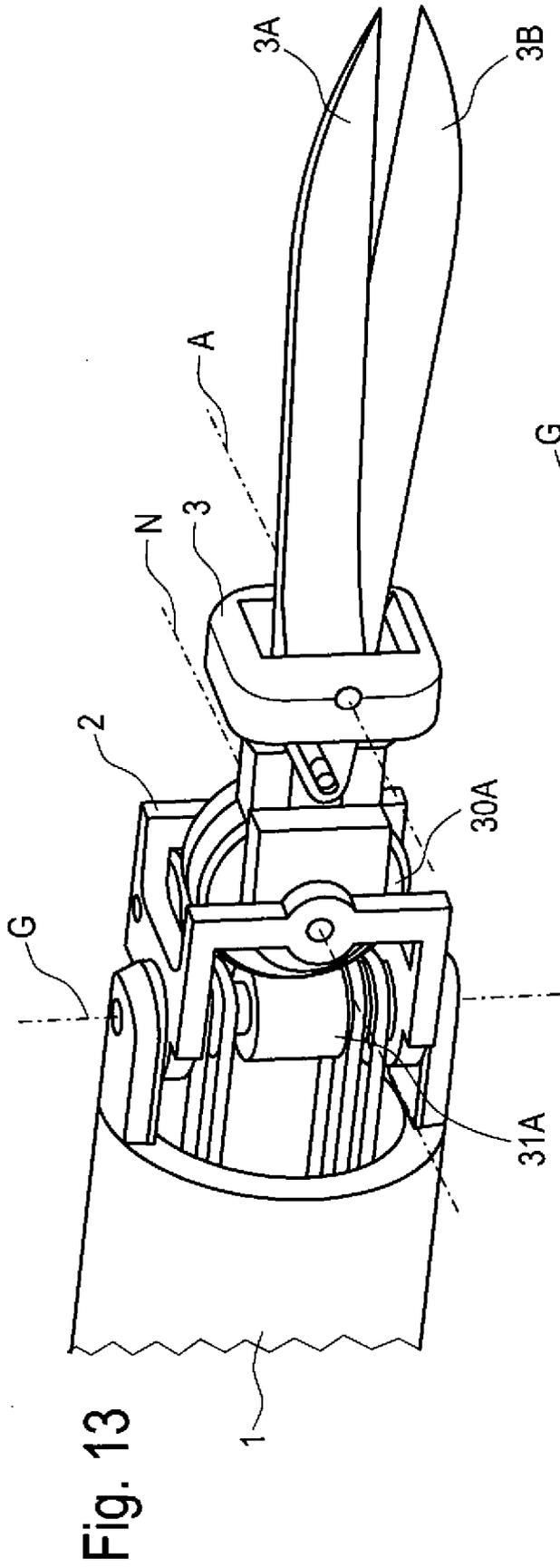


Fig. 13

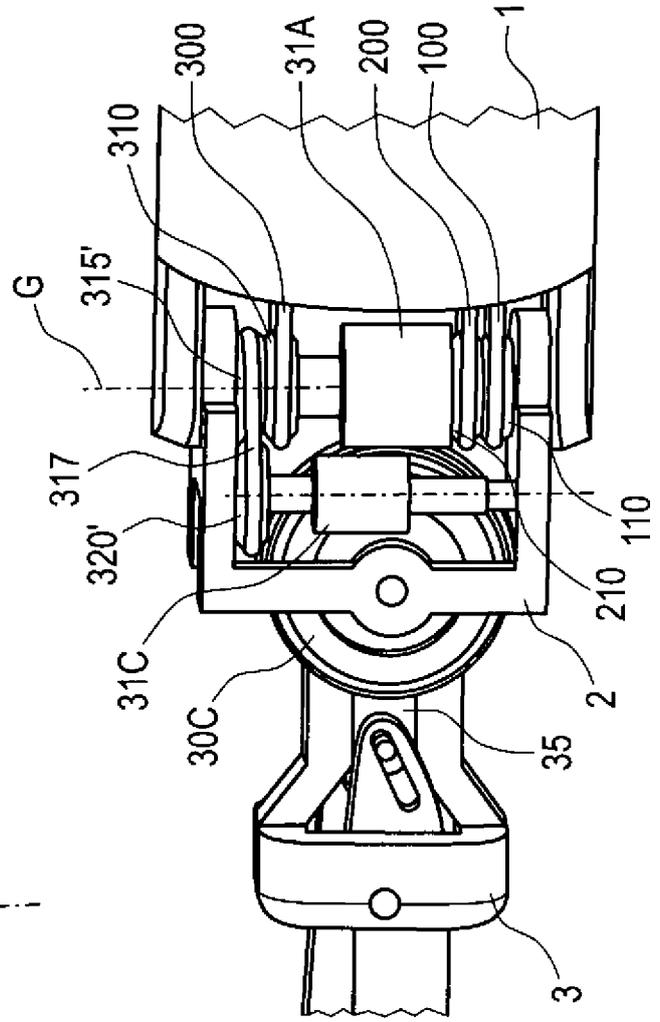


Fig. 14

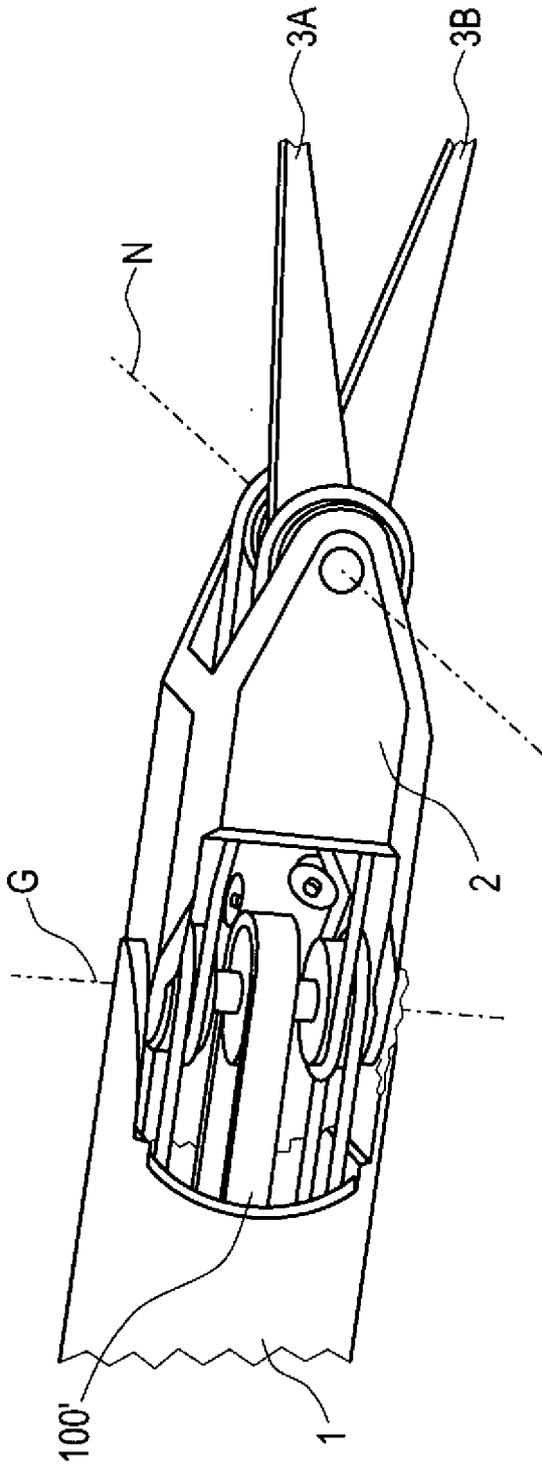


Fig. 15

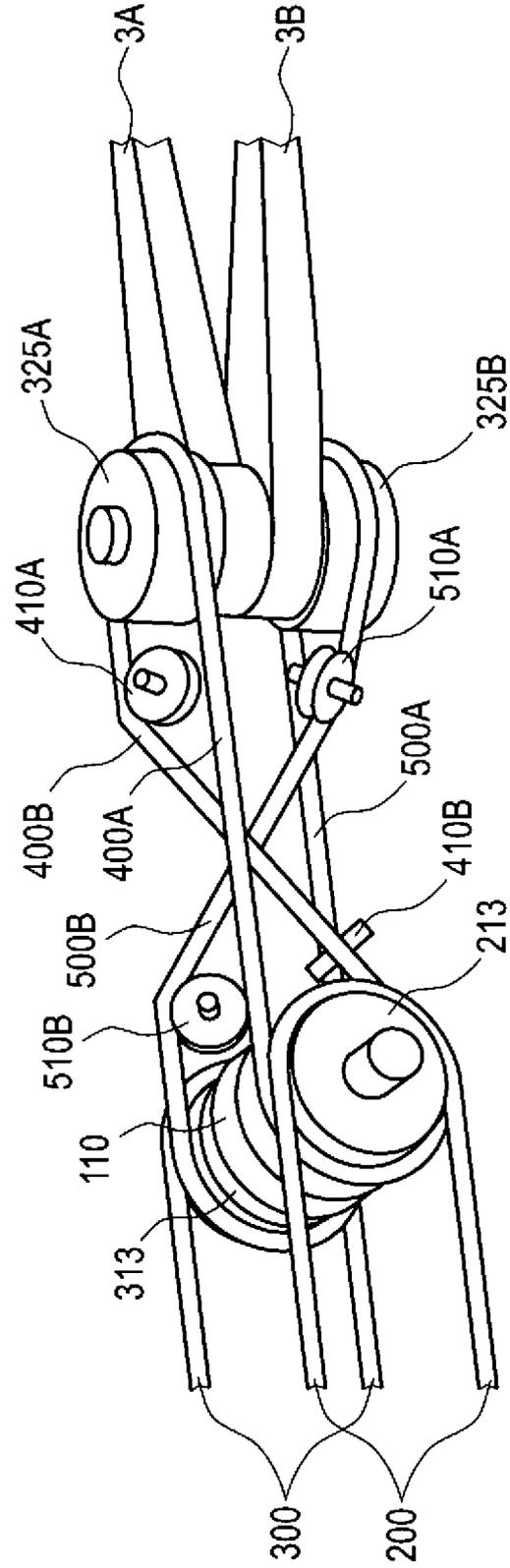


Fig. 16

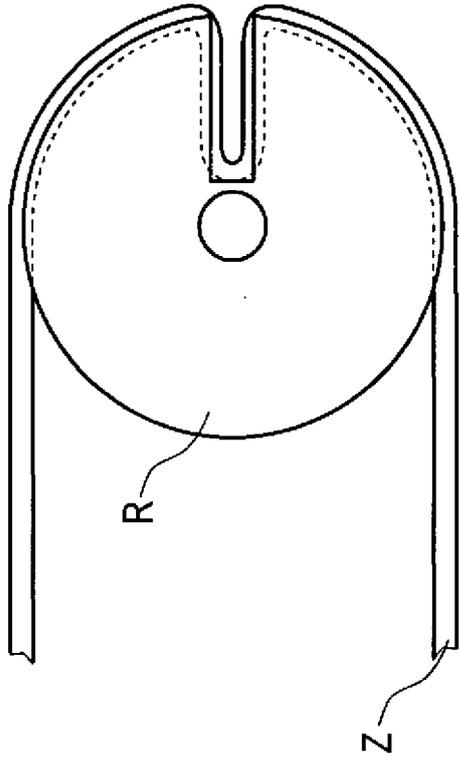


Fig. 17

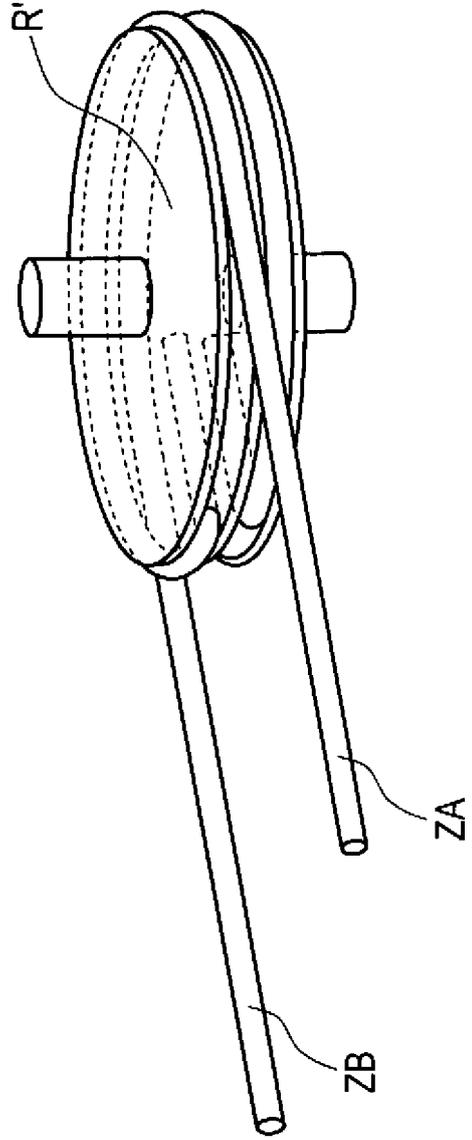


Fig. 18

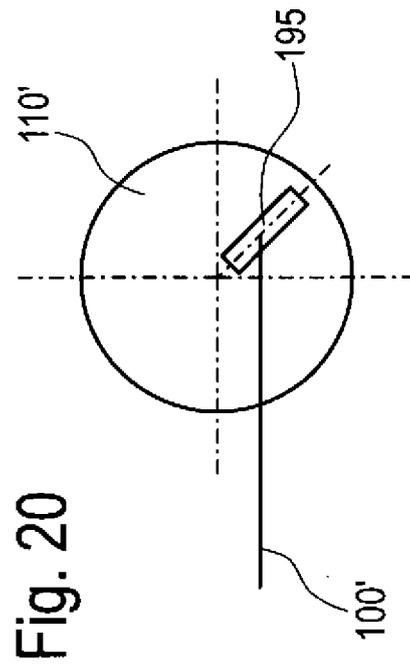
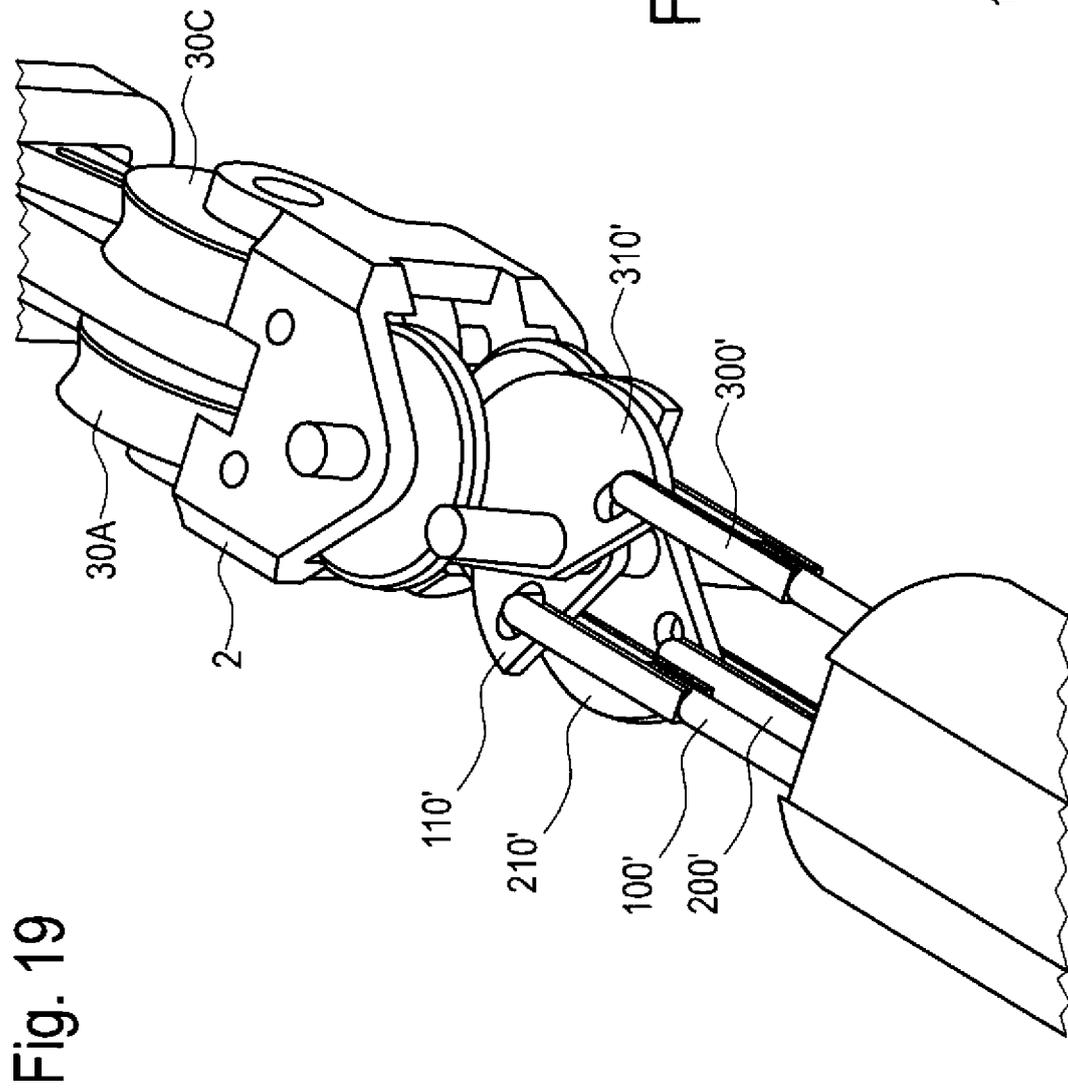


Fig. 19

Fig. 20