

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
06. September 2024 (06.09.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/180147 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61B 1/00 (2006.01) A61B 17/00 (2006.01)
A61B 1/015 (2006.01) A61B 34/30 (2016.01)
A61B 90/50 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/055136

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Februar 2024 (28.02.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 104 936.4
28. Februar 2023 (28.02.2023) DE

(71) Anmelder: DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-
UND RAUMFAHRT E.V. [DE/DE]; Königswinterer Str.
522-524, 53227 Bonn (DE).

(72) Erfinder: SCHLENK, Christopher; Schwaneckstraße 2,
81371 München (DE).

(74) Anwalt: DOMPATENT VON KREISLER SELTING
WERNER - PARTNERSCHAFT VON PATENTAN-
WÄLTEN UND RECHTSANWÄLTEN MBB; Deich-
mannhaus am Dom, Bahnhofsvorplatz 1, 50667 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,

(54) Title: SURGICAL SYSTEM FOR MINIMALLY INVASIVE ROBOTIC SURGERY

(54) Bezeichnung: CHIRURGIESYSTEM FÜR MINIMALINVASIVE ROBOTISCHE CHIRURGIE

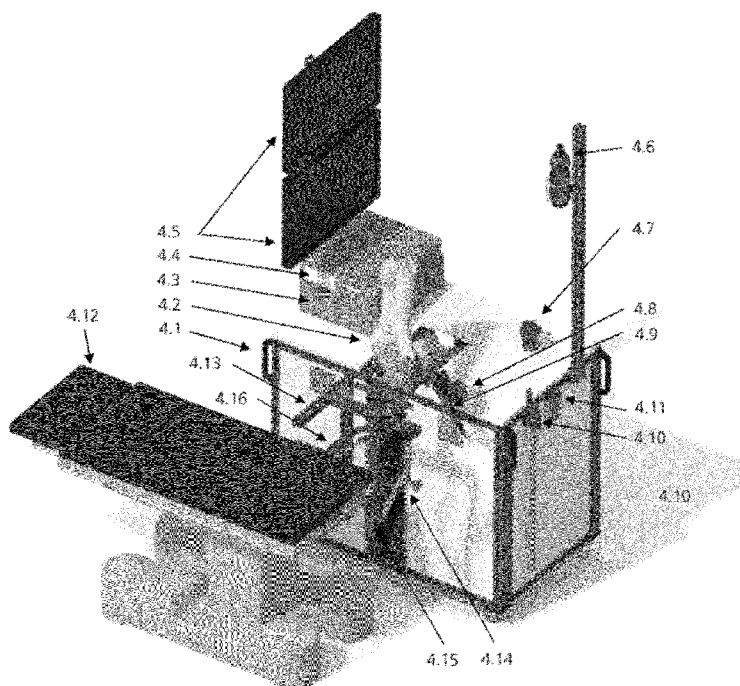


Fig. 4

(57) Abstract: The invention relates to a surgical system for minimally invasive robotic surgery, having: a holder arm (4.2) having a mount for the handle unit of a conventional endoscope (4.10), and having a patient-side unit (4.13) which is fastenable in the vicinity of the patient and enables defined positioning of the patient access, characterized by a fluid container (4.6), and a pump unit (4.7) for pumping an irrigation fluid into the patient's body.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Chirurgiesystem für die minimalinvasive robotische Chirurgie, mit: einem Halterarm (4.2), der eine Halterung für die Griffereinheit eines konventionellen Endoskops (4.10) aufweist, einer patientenseitigen Einheit (4.13), die in der Nähe des Patienten befestigbar ist und eine definierte Positionierung des Patientenzugangs ermöglicht, gekennzeichnet

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

durch einen Flüssigkeitsbehälter (4.6), eine Pumpeinheit (4.7) zum Pumpen einer Spülflüssigkeit in den Patientenkörper.

Chirurgiesystem für minimalinvasive robotische Chirurgie

Die Erfindung betrifft ein Chirurgiesystem für die minimalinvasive robotische Chirurgie.

In der Endoskopie, insbesondere der Ureteroskopie (endoskopische Eingriffe in Harnröhre, Blase, Harnleiter und Niere) werden Endoskope eingesetzt, um innerhalb von Hohlorganen diagnostische Aufgaben (z.B. optische Untersuchung der Organe) oder Manipulationen (z.B. Entnahme von Biopsien, Entfernen von Fremdkörpern wie Nierensteinen) durchzuführen. Diese können entweder starr sein („starre Endoskope“), oder in mindestens einem Freiheitsgrad abwinkelbar („flexible Endoskope“). Während der Eingriffe werden die Endoskope typischerweise durch den Operateur manuell geführt, was insbesondere bei flexiblen Endoskopen technisch anspruchsvoll ist: Der Operateur hält in einer Hand das Griffstück des flexiblen Endoskops und aktuiert über einen Hebel am Griffstück die Abwinkelung der Endoskopspitze sowie durch Drehen des Griffstückes die Rotation des Endoskopes um seine Längsachse, mit der anderen Hand kontrolliert er den Vorschub des biegeweichen Endoskopschaftes in den Patienten.

Kommerziell erhältliche Zubehörkomponenten für flexible Endoskope wie das LithoVue Empower (Boston Scientific, Marlborough, MA, USA) ermöglichen es dem Chirurgen, einzelne Schritte (wie z.B. eine Steinbergung) allein durchzuführen. Derartige Zubehörkomponenten sind kompakt und beeinträchtigen nicht das haptische Feedback des Chirurgen, da dieser nach wie vor alle drei endoskopischen Freiheitsgrade (Vorschub, Rotation um die Längsachse und Abwinkelung) von Hand aktuiert.

Derzeit existiert mit dem Avicenna Roboflex ein kommerziell erhältliches Chirurgiesystem für flexible Ureteroskopie: Das flexible Endoskop wird an einer auf einem Cart befindlichen Haltearm angedockt, welches auch Aktuierungsmöglichkeiten für das Abwinkeln der Endoskopspitze und das Bewegen der Laserfaser bietet.

Intuitive Ion ist ein Chirurgiesystem für minimal invasive periphere Lungenbiopsien, welches ein flexibles Bronchoskop telemanipuliert durch die Bronchien der Lunge navigieren kann.

Auris Monarch ist ein weiteres Chirurgiesystem für die periphere Bronchoskopie.

Hansen Medical entwickelte zwei Systeme zur Kathetermanipulation, das Magellan Chirurgiesystem und das Sensei Chirurgiesystem. Das Magellan war für periphere, vaskuläre robotische Eingriffe ausgelegt, das Sensei für interventionelle elektrophysiologische Interventionen.

Corindus CorPath GRX ist ein robotisches System für das telemanipulierte Positionieren von Kathetern in der Gefäßchirurgie.

Ein weiteres telemanipuliertes System für die Urologie, das Zamenix R (ROEN Surgical Inc., Daejeon, Korea), wird derzeit als kommerzielles Produkt eingeführt. Seine Grundkonzeption ist abgesehen vom Design des Chirurgencontrollers (vgl. dazu Patent WO002020218678A1) dem Avicenna Roboflex sehr ähnlich.

Die robotischen Systeme zur Steuerung flexibler Endoskope in Forschungspapern können in zwei Kategorien klassifiziert werden:

Andockbare Aktuierungseinheiten [Quellen 1 -6 siehe unten] betätigen einige oder alle Freiheitsgrade am Endoskopgriff und werden entweder durch den Chirurgen gemeinsam mit dem Endoskop in der Hand gehalten oder an einem passiven Haltearm befestigt. Diese Einheiten sind kompakt, aber die meisten aktuieren nicht alle Endoskopfreiheitsgrade und in den aktuierten Endoskopfreiheitsgraden ist das haptische Feedback beeinträchtigt. Handgehaltene Systeme erhöhen das zu tragende Gewicht für den Chirurgen. Die Anbringung an einen passiven Haltearm macht die Systemhandhabungen in Interventionen, die ein häufiges Umpositionieren des Endoskophandgriffes erfordern, umständlich: Bei jedem Umpositionieren muss das summierte Gewicht von Endoskop, Haltearm und Aktuierungseinheit bewegt werden, wobei der passive Haltearm die Bewegungsmöglichkeiten einschränkt.

Quellen:

[1] Olds, K., Hillel, A., Kriss, J., Nair, A., Kim, H., Cha, E., Curry, M., Akst, L., Yung, R., Richmon, J., Taylor, R.: A robotic assistant for trans-oral surgery: the robotic endolaryngeal flexible (robo-ELF) scope. Journal of Robotic Surgery 6(1), 13-18 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11701-011-0329-9>

[2] Fang, C., Cesmeci, D., Gumprecht, J.D.J., Krause, E.-M., Strauss, G., Lueth, T.C.: Amortized hand-held flexible rhino endoscope in ENT diagnoses and its clinical experiences. In: IEEE (ed.) 2012 4th IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob), pp. 853-858 (2012). <https://doi.org/10.1109/biorob.2012.6290784>

[3] Zhang, L.A., Khare, R., Wilson, E., Wang, S.X., Peters, C.A., Cleary, K.: Robotic assistance for manipulating a flexible endoscope. In: IEEE (ed.) 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 5380-5385 (2014). <https://doi.org/10.1109/icra.2014.6907650>

[4] Ruiter, J.G., Bonnema, G.M., van der Voort, M.C., Broeders, I.A.M.J.: Robotic control of a traditional flexible endoscope for therapy. Journal of Robotic Surgery 7(3), 227-234 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11701-013-0405-4>

[5] Iwasa, T., Nakadate, R., Onogi, S., Okamoto, Y., Arata, J., Oguri, S., Ogino, H., Ihara, E., Ohuchida, K., Akahoshi, T., Ikeda, T., Ogawa, Y., Hashizume, M.: A new robotic-assisted flexible endoscope with singlehand control: endoscopic submucosal dissection in the ex vivo porcine stomach. Surgical Endoscopy 32(7), 3386-3392 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6188-y>

[6] Lee, D.-H., Cheon, B., Kim, J., Kwon, D.-S.: easyEndo robotic endoscopy system: Development and usability test in a randomized controlled trial with novices and physicians. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery 17(1), 1-14 (2020). <https://doi.org/10.1002/rcs.2158>

Teleoperationssysteme [7 - 12] ermöglichen die Fernsteuerung des Endoskops und seiner Endeffektoren in allen Freiheitsgraden von einer Chirurgenkonsole aus. Der Chirurg muss nicht länger das Gewicht der Komponenten halten. Allerdings ist in den aktuierten Freiheitsgraden das haptische Feedback beeinträchtigt oder es müssen technisch komplexe und teure Kraft- oder Momentensensoren vorgesehen werden. Zudem ist der kombinierte Footprint von Roboter und Chirurgenkonsole groß und ein zweiter Chirurg am OP-Tisch erforderlich, um beispielsweise das Endoskop in den Patienten einzuführen. Ein intraoperativer Wechsel zu manueller Endoskopie (z.B. weil haptisches Feedback vorteilhaft ist, oder eine Fehlfunktion auftritt) ist aufwändig, da sich der Chirurg steril einkleiden, das

Endoskop aus dem robotischen System entnommen und der Roboter vom Patienten entfernt werden muss.

Quellen:

[7] Desai, M.M., Grover, R., Aron, M., Ganpule, A., Joshi, S.S., Desai, M.R., Gill, I.S.: Robotic flexible ureteroscopy for renal calculi: Initial clinical experience. *Journal of Urology* 186(2), 563-568 (2011). <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.03.128>

[8] Rassweiler, J., Fiedler, M., Charalampogiannis, N., Kabakci, A.S., Saglam, R., Klein, J.-T.: Robot-assisted flexible ureteroscopy: an update. *Urolithiasis* 46(1), 69-77 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00240-017-1024-8>

[9] Geavlete, P., Saglam, R., Georgescu, D., Multescu, R., Iordache, V., Kabakci, A.S., Ene, C., Geavlete, B.: Robotic flexible ureteroscopy versus classic flexible ureteroscopy in renal stones: the initial Romanian experience. *Chirurgia* 111, 326-329 (2016)

[10] Shu, X., Chen, Q., Xie, L.: A novel robotic system for flexible ureteroscopy. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 17(1), 1-11 (2020). <https://doi.org/10.1002/rcs.2191>

[11] Zhao, J., Li, J., Cui, L., Shi, C., Wei, G.: Design and performance investigation of a robot-assisted flexible ureteroscopy system. *Applied Bionics and Biomechanics* 2021, 1- 13 (2021). <https://doi.org/10.1155/2021/6911202>

[12] Park, J., Gwak, C.H., Kim, D., Shin, J.H., Lim, B., Kim, J., Cheon, B., Han, J., Kwon, D.-S., Park, H.K.: The usefulness and ergonomics of a new robotic system for flexible ureteroscopy and laser lithotripsy for treating renal stones. *Investigative and Clinical Urology* 63(6), 647 (2022). <https://doi.org/10.4111/icu.20220237>

US 2012/0065470 A1 beschreibt ein robotisches System zum Führen eines kommerziellen flexiblen Endoskops, insbesondere in der Laryngologie. Das flexible Endoskop wird hierbei in eine passende Halterung gelegt und das Betätigungselement zum Abwinkeln der Endoskopspitze wird in eine Klammer eingelegt, welche das Betätigungselement aktivieren kann. Die gesamte Halterung kann mittels entsprechender Antriebe um die Endoskoplängsachse rotiert und entlang der Endoskoplängsachse verfahren werden. Die Antriebe für die drei

Freiheitsgrade befinden sich entweder in direkter Nähe zu den jeweiligen Mechanismen oder gemeinsam in einem Motorgehäuse, wobei die Bewegungsübertragung der Rotation und der Abwinkelung über Bowdenzüge erfolgt. Die Steuerung des robotischen Systems erfolgt über eine kompakte Steuereinheit mit zwei Joysticks (einer mit einem Freiheitsgrad, einer mit zwei Freiheitsgraden), welche wahlweise auf einer geeigneten Fläche positioniert oder an den Seitenschiene des OP-Tisches befestigt wird. Das robotische System wird über ein passives Stativ mit der OP-Tisch-Seitenschiene verbunden und grob positioniert.

WO 2013/029 045 A1 beschreibt einen Endoskopadapter bestehend aus einer Halterung für das flexible Endoskop und einem Manipulationsmechanismus, welcher wahlweise den flexiblen Endoskopschaft und/oder ein in den Arbeitskanal des Endoskops einzuführendes Werkzeug in axialer Richtung bewegt. Hierzu verwendet der Manipulationsmechanismus Rollen, wobei mindestens eine Rolle durch eine Feder gegen den Endoskopschaft/das Werkzeug gedrückt wird. Es ist wahlweise möglich, mindestens eine der beiden Rollen anzutreiben, um die Bewegung aktiv steuern zu können. In einer Ausführungsform (Fig.12) wird eine Befestigung des Manipulationsmechanismus am Patienten vorgeschlagen.

WO 2019 139 941 A1 beschreibt einen Adapter, mit welchem in der minimalinvasiven Chirurgie ein starres Endoskop am Instrumenteninterface eines Medizinroboters befestigt werden kann. Dieser Adapter ermöglicht es, die Rotation eines Abtriebs der Instrumentenantriebseinheit (für schnellere Rotation) oder alternativ die Rotation der gesamten Instrumentenantriebseinheit durch einen Antrieb in der Instrumentenhalterung (für langsamere Rotation) in eine Rotation des Endoskopes um seine Längsachse umzusetzen. Es ist möglich, verschiedene kommerziell erhältliche Standalone-Endoskope mit dem Adapter zu verwenden (gegebenenfalls müssen hierzu die Befestigungsschalen für das Endoskop ausgetauscht werden). Je nach Ausführung wird das Endoskop fest in den Adapter eingebaut (Fig. 3-6) oder kann aus diesem nach Öffnen einer Verriegelung entnommen werden (Fig. 8-11; Fig.21A-24).

US10,219,867 B2 beschreibt das Avicenna Roboflex Chirurgesystem: Verschiedene kommerziell erhältliche flexible Endoskope können in eine Halterung am Endeffektor eines auf einem Wagen befindlichen Roboters befestigt werden. Diese Halterung kann translatorisch in Richtung der Endoskopachse vor- und zurückbewegt werden sowie um die Endoskopachse rotiert werden. Weiterhin enthält die Halterung einen Mechanismus zur Aktuierung des Abwinkelungsfreiheitsgrades des flexiblen Endoskops. Zusätzlich stehen Mechanismen zur Aktuierung von Hilfswerkzeugen (Laserfaser, Zangen, Bergekörbchen etc.) sowie eine Pumpeinheit zur Kontrolle der Arbeitskanalspülung zur Verfügung. Das System wird vom Operateur von einer

Konsole aus mittels zweier Force-Feedback-Joysticks (einer erlaubt Bewegungen vor und zurück sowie Rotationen um die Joystickachse, der zweite besitzt einen Hebel zur Grobsteuerung der Endoskopabwinkelung), eines Stellrades zur Feinsteuerung der Endoskopabwinkelung, Fußpedalen (z.B. für Laserfaser und Fluoroskopie) und eines Touchbildschirms telemanipuliert. Einige Sicherheitsfunktionen sind integriert (Laser kann nicht im Arbeitskanal des Endoskops abgefeuert werden, Endoskop wird bei Einführen der Laserfaser gerade gestellt), ebenso Autonomiefunktionen (Ausgleich der Atembewegung des Patienten durch translatorische Bewegung des Endoskops)

US 9 763 741 B2 beschreibt ein robotisches System zur Telemanipulation eines flexiblen Endoskops. Bei dem Endoskop handelt es sich um ein speziell für dieses robotische System entworfenes Instrument, welches an einer durch einen Haltearm positionierbaren Antriebseinheit befestigt wird. Während der Roboter die Translation und die Rotation des Endoskops um seine Längsachse vornimmt, aktuiert die Antriebseinheit die Abwinkelung der Endoskopspitze. Die Führung des flexiblen Endoskopschaftes erfolgt mit Hilfe einer von einem zweiten Haltearm geführten starren Hülle, in welche der Endoskopschaft eingeführt wird.

US 2017/0119412 A1 beschreibt die Führung eines Bergekorbs durch Haltearme, welche von einer Chirurgenkonsole aus ferngesteuert oder im Hands-On-Modus bewegt werden können. Wird der Bergekorb zusammengezogen, um ein Objekt zu fangen, führen die Roboter selbsttätig die Position des Bergekorbes so nach, dass das Objekt in der Mitte des Bergekorbes bleibt. Sobald das Objekt gefangen wurde, kann es noch im Korb durch einen zentralen Arbeitskanal hindurch zerkleinert (durch Laser, Fluid oder mechanisch) und abgesaugt werden.

US 2018/0092517 A1 beschreibt eine Kalibriermethode für flexible Endoskope, bei welcher das robotische System das Endoskop zu verschiedenen Zielpositionen bewegt und über geeignete Sensoren (z.B. elektromagnetische Sensorsysteme, Kameras, faseroptische Sensoren) Rückmeldung zur tatsächlichen Endoskopposition erhält. Basierend darauf werden Korrekturfaktoren für die Endoskopaktuierung ermittelt und gespeichert. Diese können von verschiedenen Faktoren (z.B. aktuierte Seile, Länge der Endoskopspitze außerhalb der Hülle, Rotation des Endoskops bezogen auf die Hülle) abhängen und in einer Kalibriermatrix abgelegt werden. Durch die Integration von Dehnmessstreifen in die Instrumentenantriebseinheit können zusätzlich die am Endoskop auftretenden Seilkräfte überwacht werden.

US 2019/0191967 A1 beschreibt ein robotisches Telemanipulationssystem mit optionalem haptischem Feedback, bei welchem die robotischen Instrumente (bestehend aus Haltearm

und Endeffektor) und das flexible Endoskop für die Bildgebung durch die Arbeitskanäle eines flexiblen Transportendoskops geführt werden. Das Transportendoskop kann während des chirurgischen Eingriffes an einer Dockingstation befestigt werden. Die Freiheitsgrade der robotischen Instrumente werden durch eine gemeinsame Motorbox aktuiert während ein Endoskopunterstützungssystem Insufflation, Absaugung und Spülung des Transportendoskops fernsteuert. Das Endoskop für die Bildgebung sowie die robotischen Instrumente können als Ganzes entlang ihrer Längsachse verschoben und um ihre Längsachse rotiert werden. Um eine präzise Bewegungsübertragung von der Motoreinheit an die robotischen Instrumente zu ermöglichen, kann die Vorspannung der übertragenden Drahtseile automatisch beim Systemstart oder intraoperativ eingestellt werden.

Die deutsche Patentanmeldung 10 2019 134 352.6 beschreibt sehr allgemein einen Chirurgieroboter für endoskopische Anwendungen. Dabei wird ein flexibles Endoskop mit seiner Griffereinheit lösbar an einer Instrumentenbasisplatte angebracht, während die Bewegung und der Vorschub des Schaftes durch einen robotischen Arm erfolgt. Der Abwinkelungsfreiheitsgrad des Endoskops wird durch einen weiteren Aktor gesteuert. Es werden verschiedene mögliche Assistenzfunktionen (Schwerkraftkompensation, automatisches Vorschieben und Zurückziehen des Endoskops, automatischer Wechsel von Instrumenten wie Laserfaser und Bergeskörbchen, Bewegungskompensation für Patientenbewegung, automatische Orientierung des Bildes, Kartierung, Einblenden von Zusatzfunktionen via Augmented Reality) beschrieben. Das Gesamtsystem ist mobil auf einer rollbaren Plattform befestigt.

Die deutsche Patentanmeldung 10 2022 118 388.2 beschreibt ein System für die Manipulation flexibler Endoskope mit einem Halterarm, einer Befestigung für die Endoskopgriffeinheit am Halterarm, einer patientenseitigen Einheit sowie einer Ausgabereinheit für den Systemstatus.

Die manuelle Handhabung des Endoskopes bringt verschiedene Nachteile mit sich:

- Physische Anstrengung durch Gewicht des Griffstückes
- Unergonomische Handhaltung durch Verdrehen des Griffstückes und/oder Aktuierung der Bedienelemente. Teilweise werden auch Bewegungsmöglichkeiten des Endoskopes im Körperinneren durch die Bewegungsmöglichkeiten der menschlichen Hand beschränkt.
- Operateur steht bei intraoperativem Röntgen im Bereich des Röntgengerätes. Dies macht einerseits das Tragen einer Bleiweste erforderlich und erhöht andererseits die Röntgenbelastung des Operateurs

- Zweiter Operateur notwendig
 - Beengte Arbeitsbedingungen, da der verfügbare Platz (bei ureteroskopischen Eingriffe typischerweise zwischen den gespreizten Beinen des Patienten) begrenzt ist.
 - Komplexe Koordination: Bei Verwendung eines Werkzeuges wie einer Laserfaser oder einem Bergekörbchen müssen die Bewegungen von Endoskop und Werkzeug aufeinander abgestimmt sein, was eine gute Abstimmung zwischen den beiden Operateuren erfordert

Auch die kommerziell verfügbaren robotischen Lösungen weisen Nachteile auf:

- Reine Telemanipulationssysteme:
 - Konversion zu manueller Chirurgie nur schwer möglich
 - Verlust des chirurgischen Fingerspitzengefühls beim Bewegen von Endoskop/Kathetern
 - Wiederholtes Ein- und Ausführen des Endoskopes bei der Steinbergung in der Urologie erfordert Unterstützung durch steriles Personal am OP-Tisch
- Hochspezialisierte Systeme:
 - Chirurgiesysteme maßgeschneidert für eine spezielle Anwendung => v.a. für große Kliniken mit hohen Behandlungszahlen interessant
 - Abgesehen von Roboflex Avicenna: Verwendung spezieller robotischer Instrumente, welche zusätzlich zu den Handinstrumenten angeschafft werden müssen

Des weiteren weisen die genannten Veröffentlichungen hinsichtlich der Führung flexibler Endoskope folgende Nachteile auf:

US 2012/0065470 A1: Die aktuierten Freiheitsgrade erlauben nur kleine Bewegungen (insbesondere bei der Translation), für größere Bewegungen müssen die Verriegelungen am passiven Stativ geöffnet, die Systemkomponenten neu positioniert und die Verriegelungen wieder geschlossen werden. Ein intraoperatives Bewegen des Endoskops per Hand ist nicht ohne weiteres möglich, da ein Entnehmen des Endoskops aus der Halterung komplex ist (Öffnen der Halterung und Öffnen der Klammer für den Aktuierungshebel) und entsprechende Sensoren fehlen, um eine Hands-On Steuerung des Systems zu ermöglichen.

WO2013/029 045 A1: Der gezeigte Rollenmechanismus kann die Translation des flexiblen Endoskopschaftes oder des Werkzeuges im Arbeitskanal des flexiblen Endoskopschaftes ak-
tuieren. Allerdings kann die Rotation des Endoskopes um seine Längsachse mit dem beschrie-
benen Mechanismus nicht aktuiert werden. Diese ist jedoch insbesondere bei kleineren, nur
in einer Ebene abwinkelbaren Endoskopen (z.B. Ureteroskopen) unverzichtbar, um alle ge-
wünschten Manipulationsaufgaben im Patienteninneren durchführen zu können. Weiterhin ist
ein rasches Lösen des Kraftschlusses zwischen Endoskopschaft und Rollen allem Anschein
nach nicht möglich, da die Rollen federvorgespannt sind. Somit kann der Operateur das En-
doskop nicht manuell unter Nutzung seines Fingerspitzengefühls verschieben.

Der in WO 2019 139 941 A1 beschriebene Adapter ist für starre Endoskope ausgelegt. Daher
erlaubt er zum einen keine Aktuierung der Endoskopabwinkelung. Zum anderen kann ein Ro-
boter mit einem solchen Adapter zwar das Griffstück eines flexiblen Endoskopes im Raum
positionieren und ausrichten, aber nicht die Endoskopspitze, da eine Führung des flexiblen
Endoskopschaftes und somit eine eindeutige Übertragung der Bewegung des Griffstückes auf
die Bewegung der Endoskopspitze fehlt.

Das in US10,219,867 B2 beschriebene Avicenna Roboflex System weist die oben genannten
Nachteile robotischer Systeme auf.

Das in US 9 763 741 B2, US 2017/0119412 A1 und in US 2018/0092517 A1 beschriebene
robotische System für Eingriffe mit flexiblen Endoskopen weist ebenfalls die oben genannten
Nachteile robotischer Systeme auf. Weiterhin dürften der Einsatz spezialisierter Instrumente
sowie die hohe technische Komplexität des gezeigten Systems (drei Haltearme zur Durchfüh-
rung eines endoskopischen Eingriffes in der Niere notwendig) einen wirtschaftlichen Systemeinsatz insbesondere in kleineren Kliniken mit geringen Fallzahlen deutlich erschweren.

Das Patent US 2019/0191967 A1 legt den Schwerpunkt auf die Aktuierung des bildgebenden
Endoskops und der robotischen Instrumente, welche beide nur für den Einsatz mit diesem
System ausgelegt sind. Die Steuerung des Transportendoskops erfolgt nach wie vor manuell,
zudem ist der flexible Schaft nur an der Position von Griffstück und Patientenzugang festge-
legt.

Gegenüber der deutschen Patentanmeldung 10 2019 134 352.6 entwickelt die vorliegende
Lösung die mechanische Ausgestaltung des Systems weiter. Insbesondere ist hier die Ausge-
staltung der Befestigung des Endoskopgriffstückes am Haltearm, die Ausgestaltung der

Schleusenbefestigung am Zugang zum Patienten sowie die mögliche Integration von Virtual Fixtures zur Unterstützung des Chirurgen zu nennen.

Gegenüber der Patentanmeldung 10 2021 114 429.9 stellt die vorliegende Lösung einen technisch vereinfachten Ansatz dar, bei dem durch die fehlende Aktuierung der Endoskopfreiheitsgrade die Möglichkeit zur Telemanipulation entfällt. Die Anbringung der endoskopischen Endeffektoren sowie einer Bedieneinheit zur Ansteuerung externer Geräte in der Nähe des Griffstücks ermöglicht dem Chirurgen eine ergonomische Steuerung der intraoperativ benötigten Systemfunktionen. Virtual Fixtures können einerseits den Arzt intraoperativ unterstützen, andererseits auch in der Ausbildung junger Chirurgen zum Einsatz kommen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Chirurgiesystem für die minimalinvasive robotische Chirurgie bereitzustellen, dass eine vereinfachte Handhabung eines Endoskops ermöglicht.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Das erfindungsgemäße Chirurgiesystem für die minimalinvasive robotische Chirurgie weist einen Halterarm auf, der eine Halterung für die Griffeinheit eines konventionellen Endoskops aufweist. Es ist weiterhin eine patientenseitige Einheit vorgesehen, die in der Nähe des Patienten befestigbar ist und eine definierte Positionierung des Patientenzugangs ermöglicht. Weiterhin ist ein Flüssigkeitsbehälter sowie eine Pumpeinheit vorgesehen zum Pumpen einer Spülflüssigkeit in den Patientenkörper. Vorzugsweise ist die Pumpeinheit durch den Operateur, der das Endoskop bedient, mit derselben Hand betätigbar.

Hierzu ist es bevorzugt, dass das Endoskop mindestens einen Betätigungsknopf zum Betätigen der Pumpeinheit und/oder eines Lasers aufweist. Weist das Endoskop beispielsweise einen Betätigungsknopf zum Betätigen der Pumpeinheit auf, so kann der Laser über eine andere Eingabevorrichtung, beispielsweise ein Fußpedal, betätigt werden. Alternativ kann der Laser über den Betätigungsknopf am Endoskop und die Pumpeinheit über die andere Betätigungsvorrichtung bedient werden.

Beispielsweise kann ein Schlauch aus der Ausgangsseite der Pumpeinheit mit dem Arbeitskanal eines Ureteroskops, z.B. über ein Drei-Wege-Ventil verbunden werden. Typischerweise sind die Schläuche hierfür mit Luer-Lock-Anschlüssen ausgestattet.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es einem Chirurgen, das Endoskop an seiner Bedieneinheit mit einer Hand zu greifen und dort alle erforderlichen Eingabebefehle vorzunehmen. Mit der zweiten Hand kann der Operateur, wie üblich den flexiblen Schaft des Endoskops greifen und führen.

Besonders vorteilhaft an der vorliegenden Erfindung ist die Möglichkeit der Bedienung der notwendigen Zusatzgeräte während des chirurgischen Eingriffs (z.B. Pumpe, Laser und/oder Bergekorb) durch einen einzelnen Chirurgen, ohne hierbei die Manipulation des flexiblen Endoskops unterbrechen zu müssen.

Bevorzugt weist die Endoskophalterung seitlich eine Translationseinheit auf zum translatorischen Bewegen eines in das Endoskop eingeführten Werkzeugs, wobei die Translationseinheit derart an der Endoskophalterung platziert ist, dass sie beim Umgreifen des Endoskops durch einen Operateur mit derselben Hand bedienbar ist. Bei dem Werkzeug kann es sich beispielsweise um einen Bergekörbchen zum Entfernen von Nierensteinen handeln.

Weiterhin weist bevorzugt das Endoskop bzw. die Endoskophalterung einen Hebel zur Abwinkelung der Endoskopspitze auf, wobei der Hebel über ein Übertragungselement mit einem Positionencoder verbunden ist, so dass ein Zustand, in dem die Endoskopspitze abgewinkelt ist, detektierbar ist. Hierdurch kann vermieden werden, dass das Endoskop beispielsweise aus dem Patientenkörper herausgezogen wird, wenn seine Spitze angewinkelt ist, was zu Verletzungen des Patienten und/oder einer Beschädigung des Endoskops führen würde.

Der Hebel ist bevorzugt kugelgelagert, so dass hierdurch eine verbesserte Rückmeldung der am Operationssitus auftretenden Kräfte und Momente an den Operateur mit möglichst wenig Störeinfluss möglich ist.

Weiterhin weist die Endoskophalterung bevorzugt auf ihrer Innenseite einen kapazitiven Sensor auf, durch den ein Detektieren erfolgt, wenn ein Operateur die Endoskophalterung greift, wobei hierdurch insbesondere ein Umschalten zwischen verschiedenen OP-Modi erfolgt. Beispielsweise kann ein Umschalten erfolgen von StopIF (Roboter ist eingeschaltet, hält jedoch lediglich seine Position) in cartImp_torIF (schwerkraftkompensierte Bewegung des Roboterarmes und seiner Nutzlast möglich, wobei optional Virtual Fixtures zur Unterstützung des Chirurgen verwendet werden können).

Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Translationseinheit mittels einer Klemmkraft den Vorschub eines Zylinderkolbens beschränkt, wobei die Klemmkraft durch zwei Dichtungen erfolgt wird, die insbesondere mittels einer Schraube oder einer Mutter derart komprimierbar sind, dass hierdurch die Klemmkraft erhöht wird. Anders ausgedrückt bestimmt die Dichtung, wie viel Kraft aufgewendet werden muss, um eine Translationsbewegung durchzuführen, das heißt wie fest die Translationseinheit ihre Position hält. Hierdurch kann ein individuelles Anpassen der Bedienbarkeit beim translatorischen Verschieben des Werkzeugs durch jeden Operator erfolgen. Die Schraube und/oder Mutter ist insbesondere werkzeuglos durch den Operator bedienbar.

Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Pumpkassette der Pumpeinheit werkzeuglos austauschbar ist. Bei der Pumpkassette kann es sich um eine kommerziell erhältliche Peristaltikpumpe handeln. Entlang der Innenseite des runden Pumpengehäuses kann ein flexibler Silikonschlauch positioniert sein. Dieser wird bevorzugt über drei Walzen zusammengepresst, welche gegenüber einem Walzenträger drehbar gelagert sind. Der Antriebsmotor dreht den Walzenträger (welcher wiederum gegenüber dem Pumpengehäuse drehbar gelagert ist) um dessen Mittelachse und bewirkt so ein Abrollen der Walzen auf dem Silikonschlauch. Vorteilhaft an der werkzeuglos wechselbaren Kassette ist die vereinfachte Einhaltung von Sterilitätsanforderungen: Da die Spülflüssigkeit ins Patienteninnere gelangt, muss sie steril sein. Daher muss vor jedem Eingriff eine frische sterile Kassette aufgesetzt werden.

Es ist weiterhin bevorzugt, dass das Chirurgiesystem eine Befestigungsvorrichtung zum Befestigen der patientenseitigen Einheit an den Seitenschienen des Operationstisches aufweist. Hierdurch ist eine einfache und sichere Befestigung möglich.

Es ist weiterhin bevorzugt, dass die patientenseitige Einheit eine Haltestruktur aufweist, an der ein Hilfsarm mit einem beweglichen Schaft und einer Klemme zum Halten einer Laserfaser oder eines Sicherungsdrahtes befestigt ist. Hierdurch kann die einhändige Bedienbarkeit des Chirurgiesystems weiterhin verbessert werden.

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand von Figuren erläutert.

Es zeigen:

Figur 1: Die manuelle Bedienung eines flexiblen Ureteroscops

Figur 2: Detailansicht der Endoskopspitze im ungekrümmten und im gekrümmten Zustand

Figur 3: Typische Endeffektoren, welche in den Arbeitskanal flexibler Ureteroskope eingeführt werden

Figur 4: Hardwarearchitektur eines Systems für kollaborative robotische Endoskopie

Figur 5: Eine modulare Softwarearchitektur des Systems für kollaborative robotische Endoskopie

Figuren 6 und 7: Eine Ausführungsform der roboterseitigen Einheit

Figur 8: Querschnitt durch die Translationseinheit der roboterseitigen Einheit

Figur 9: Positionsenncoder zur Ermittlung der Hebelposition am Endoskopgriff

Figur 10: Ein Ablaufdiagramm für die Pumpensteuerung mit Hilfe von zwei Buttons

Figur 11: Eine Pumpeinheit für die aktive Spülung

Figur 12: Eine Ausführungsform der patientenseitigen Einheit des erfindungsge-
mäßigen Systems

Figur 1 zeigt die manuelle Bedienung eines flexiblen Ureteroscops (Endoskop für urologische Eingriffe): Der Arzt hält das Griffstück (1.1) in einer Hand (linke Abbildung), die andere Hand führt den flexiblen Schaft (1.2), meist in der Nähe des Zugangs zum Patienten. Durch Bewegen des Aktuierungselements (1.3) kann die Endoskopspitze (1.4) in einer Ebene gekrümmt werden. Die Ebene, in welcher sich die Endoskopspitze krümmt, kann durch Rotation des gesamten Endoscopes um seine Längsachse variiert werden. Der Vorschub der Endoskopspitze erfolgt durch Translation des gesamten Endoscops. Durch den Arbeitskanal (1.5)

können verschiedene Werkzeuge wie z.B. ein Lichtwellenleiter für einen Laser oder ein Bergekörbchen zum Entfernen von Nierensteinen eingeführt werden.

Figur 2 zeigt eine Detailansicht der Endoskopspitze im ungekrümmten Zustand (durchgezogene Linien) und im gekrümmten Zustand (Strichlinien). Der flexible Bereich der Endoskopspitze 2.1 wird durch Aktuierung des Stellrades am Griffstück mittels im Endoskopschaft laufender Seile/Stangen gekrümmt. Die Endoskopspitze 2.2 und der übrige Schaft 2.3 bleiben währenddessen starr.

Figur 3 zeigt typische Endeffektoren, welche in den Arbeitskanal flexibler Ureterskope eingeführt werden: Laserfaser zum Zertrümmern von Nierensteinen (links), Bergekörbchen zum Fassen der Steintrümmer (rechts). Durch die Translation des schwarzen Griffelementes (3.1) in Pfeilrichtung wird das Bergekörbchen (3.2) an der Spitze des Endeffektors geöffnet und geschlossen.

Figur 4 zeigt eine Hardwarearchitektur des Systems für kollaborative robotische Endoskopie: Der mobile Wagen (4.1) enthält den Roboterarm (4.2), die Lichtquelle (4.3) und die Videoeinheit (4.4) des flexiblen Endoskops, Monitore (4.5) zur Darstellung des Endoskopbildes und der graphischen Oberfläche des robotischen Systems, PCs und die Laserlichtquelle (im Wageninneren, nicht dargestellt), Flüssigkeit für die Spülung (4.6), sowie eine Pumpeinheit für die aktive Spülung (4.7). Bevorzugt ist die Roboterbasis höhenverstellbar und in mindestens einer Achse neigbar. Am Werkzeuginterface des Roboters ist die roboterseitige Einheit (RSU; 4.8) mit dem flexiblen Endoskop (4.9) angebracht. Optional sind am mobilen Wagen Halterungen für das flexible Endoskop (4.10) und die RSU (4.11) angebracht. Intraoperativ wird der mobile Wagen nahe des OP-Tisches (4.12) positioniert. Die patientenseitige Einheit (PSU; 4.13) befindet sich in unmittelbarer Nähe des Patienten. Bevorzugt ist eine Anbringung am OP-Tisch, besonders bevorzugt eine Anbringung an den Seitenschienen des OP-Tisches. An der Struktur der PSU ist mindestens ein Haltearm (4.14) für die Schleusenhalterung (4.15) angebracht. Bevorzugt ist zudem mindestens ein Hilfsarm (4.16) in die PSU integriert.

Figur 5 zeigt die modulare Softwarearchitektur des Systems für kollaborative robotische Endoskopie: Der Workflow kann extern getriggert und parametrisiert werden und enthält mehrere Zustandsautomaten („State Machines“). Ein Zustandsautomat aktiviert und parametrisiert die verschiedenen Regelungsmodi des Roboterarmes, beispielsweise einen kartesischen Impedanzregler (cartImp_torIF), einen Positionsregler (ipol_posIF), einen Stopregler (StopIF) und einen Kraftregler (gravComp_torIF). Die Roboterregelung kommuniziert über das Hardware

Abstraction Framework im 3 KHz Takt mit der Roboterhardware (Motoren, Sensoren und Benutzerinterface). Ein weiterer Zustandsautomat steuert die aktive Spülung (Irrigation). Zustandsautomat 3 und 4 steuern das Röntgengerät und die Laserlichtquelle. Über Mikrocontroller (im Ausführungsbeispiel Arduino Micro, deren Firmware in diesem Zusammenhang das Hardware Abstraction Framework darstellt) kann der Workflow externe Sensoren oder externe aktive Geräte ansprechen. Zur Dokumentation, Fehlerdiagnose oder zu Forschungszwecken können Daten aus verschiedenen Quellen (Roboter, Workflow, Kamerabilder) durch ein Loggingframework mitgeloggt werden. Die Middleware implementiert die Kommunikation zwischen den High-Level Softwarekomponenten (Robot Control, Workflow und Logging).

Figur 6 zeigt ein Rendering der roboterseitigen Einheit (RSU): Die RSU-Struktur (6.1) verbindet das Dockingelement für das Roboterwerkzeuginterface (6.2) mit dem oberen Ende der Endoskopgriffhalterung (6.3). Bevorzugt ist auch das untere Ende der Endoskopgriffhalterung (6.4) mit der RSU-Struktur verbunden, um die Stabilität der Endoskopfixierung zu erhöhen. Bevorzugt lässt sich der Endoskopgriff (6.5) werkzeuglos in der Endoskopgriffhalterung fixieren, z.B. über eine Rändelschraube (6.6). Die Endoskopgriffhalterung weist Aussparungen für einen oberen Button (6.7) und einen unteren Button (6.8) auf, sowie eine Klemme (6.9) für die Befestigung des Bergekorb-Griffstücks (6.10). An den Arbeitskanal des Endoskops wird die Translationseinheit (6.11) angebracht. Ein Übertragungselement (6.12) überträgt die Bewegung des Hebels zur Abwinkelung der Endoskopspitze (6.13) zu einem Positionsenncoder (6.14). Übertragungselement und Encoder sind über eine zweiteilige Klemme (6.15) drehbar mit der in diesem Bereich runden RSU-Struktur verbunden. Ein oder mehrere Mikrocontroller (6.16) verarbeiten die Signale der Buttons, des Positionsencoders und des auf der Innenseite der Endoskopgriffhalterung angebrachten kapazitiven Sensors, bevor sie an den Workflow weitergeleitet werden.

Figur 7 zeigt die Roboterseitige Einheit (RSU) lose (links) und mit flexiblem Endoskop (7.1) am Werkzeuginterface des Roboterarms (7.2) befestigt (rechts). Der kapazitive Sensor auf der Innenseite der Endoskopgriffhalterung (7.3) detektiert, wenn der Nutzer die RSU greift, Folienbuttons (7.4) auf der Außenseite der Endoskopgriffhalterung erlauben die Steuerung externer Geräte wie z.B. der Pumpeinheit für die aktive Spülung. Der Schaft des Bergekörbchens (7.5) oder alternativ eine Laserfaser wird über eine Überwurfmutter (7.6) mit dem beweglichen Kolben der Translationseinheit (7.7) verbunden. Am Eingang zum Arbeitskanal des Endoskops wird typischerweise auch der Schlauch für die Spülflüssigkeit (7.8) angeschlossen, beispielsweise wie hier über ein Dreiwegeventil. Die Kabel der Mikrocontroller (7.9) und des flexiblen Endoskops (7.10) werden mittels Kabelklemmen, Klettband oder Ähnlichem

(7.11) an der Roboterstruktur fixiert. Der LED-Ring am Werkzeuginterface des Roboters (7.12) informiert den Nutzer über den Systemstatus.

Figur 8 zeigt einen Querschnitt durch die Translationseinheit der RSU: Die Translationseinheit wird entweder direkt auf den Arbeitskanal des flexiblen Endoskops geschraubt oder auf ein Zwischenstück mit Spülungsanschluss. Das entsprechende Gewinde befindet sich in der Bohrung (8.1). Der Benutzer kann den Zylinderkolben (8.2) gegenüber der Struktur der Translationseinheit (8.3) bewegen, wobei er ihn am Griffstück (8.4) fasst. Die Dichtungen (8.5) verhindern eine Leckage der Spülflüssigkeit. Bevorzugt kann über einen verschraubten Deckel (8.6) oder Ähnliches die Kompression der Dichtungen und somit der Widerstand beim Bewegen des Kolbens variiert werden. Hierbei muss ein Dichtelement (z.B. O-Ring) zwischen Endeffektor und Struktur vorgesehen werden, um Leckage zu vermeiden. Am Luer-Lock (8.7) kann mittels einer Überwurfmutter eine Laserfaser oder ein anderer Endeffektor eingeführt und fixiert werden. Sobald der Endeffektor fixiert ist, kann der Benutzer durch das Bewegen des Zylinderkolbens mit einer Hand den Endeffektor verschieben.

Figur 9 zeigt einen Positionsenncoder zur Ermittlung der Hebelposition am Endoskopgriff: Eine drehbar gelagerte Welle (9.1) und das Übertragungselement (9.2) übertragen die Bewegung des Hebels zur Abwinkelung der Endoskopspitze (nicht dargestellt) zum Positionsenncoder (9.3). Die zweiteilige Klemme (9.4) und (9.5) mit dem Scharnierbolzen (9.6) erlaubt ein Verdrehen der Encoderbaugruppe um die in diesem Bereich runde RSU-Struktur. Durch Anziehen mind. einer Schraube (9.7) wird die Encoderbaugruppe festgeklemmt.

Figur 10 zeigt ein Ablaufdiagramm für die Pumpensteuerung mit Hilfe von zwei Buttons: Nach dem Programmstart wird zunächst der Zustandsautomat mit den hinterlegten Standardwerten für den Einschaltzustand der Pumpe (off), die Pumpengeschwindigkeit (default), die minimale Pumpengeschwindigkeit (Speed_min) und die maximale Pumpengeschwindigkeit (Speed_max) parametrisiert. Diese Standardwerte sind vorgegeben und können durch den Chirurgen nicht geändert werden. Anschließend startet eine While-Schleife, welche permanent durchläuft, solange der Zustandsautomat aktiv ist. Innerhalb der Schleife wird zunächst die aktuelle Pumpengeschwindigkeit auf dem Display der Pumpeinheit angezeigt. Anschließend werden die Benutzereingaben an den beiden Buttons der RSU abgefragt. Wird nur der obere Button gedrückt und ist die Pumpengeschwindigkeit kleiner als die maximale Pumpengeschwindigkeit, wird die Pumpengeschwindigkeit um eine Stufe erhöht. Wird nur der untere Button gedrückt und ist die Pumpengeschwindigkeit größer als die minimale Pumpengeschwindigkeit, wird die Pumpengeschwindigkeit um eine Stufe verringert. Werden beide

Buttons gleichzeitig gedrückt, so wird der Einschaltzustand der Pumpe geändert (von aus nach an oder umgekehrt). Anschließend startet die Schleife erneut. Um während der Programmlaufzeit keine Benutzereingaben zu verpassen, kann beim Betätigen eines Buttons über eine Interruptroutine jeweils eine Flag gesetzt werden, welche nach dem Abarbeiten der Benutzereingabe wieder zurückgesetzt wird.

Figur 11 zeigt eine Pumpeinheit für die aktive Spülung: Die Pumpeinheit besitzt einen Bildschirm zur Anzeige der Pumpengeschwindigkeit (11.1) und zwei Klemmen (11.2) zur Befestigung der Schläuche zum Flüssigkeitsreservoir (11.3) und zum flexiblen Endoskop (11.4). Die Pumpenkassette (11.5) kann werkzeuglos ausgetauscht werden, um Sterilität zu gewährleisten.

Figur 12 zeigt ein Rendering der patientenseitigen Einheit (PSU) des Systems für kollaborative robotische Endoskopie: Die PSU Struktur (12.1) wird über geeignete Befestigungen (z.B. Klemmen (12.2)) an den Seitenschienen des OP-Tisches befestigt. An der PSU Struktur ist mindestens ein Haltearm (12.3) für die UAS-Halterung (12.4) mit dem Ureteral Access Sheat (UAS) (12.5) angebracht. Bevorzugt ist dieser Haltearm in mehreren Freiheitsgraden beweglich und einfach arretierbar (zum Beispiel über die Rändelschraube 12.6). Zudem ist mindestens ein Hilfsarm (12.7) bestehend aus einem beweglichen Schaft (12.8) und einer Klemme (12.9) an der PSU Struktur befestigt.

Patentansprüche

1. Chirurgiesystem für die minimalinvasive robotische Chirurgie, mit:

einem Halterarm (4.2), der eine Halterung für die Griffereinheit eines konventionellen Endoskops (4.10) aufweist,

einer patientenseitigen Einheit (4.13), die in der Nähe des Patienten befestigbar ist und eine definierte Positionierung des Patientenzugangs ermöglicht,

gekennzeichnet durch einen Flüssigkeitsbehälter (4.6),

eine Pumpeinheit (4.7) zum Pumpen einer Spülflüssigkeit in den Patientenkörper.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Endoskop, das mindestens einen Betätigungsknopf zum Betätigen der Pumpeinheit (4.7) und/oder eines Lasers aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Endoskophalterung (7.3) seitlich eine Translationseinheit (7.7) aufweist zum translatorischen Bewegen eines in das Endoskop eingeführten Werkzeugs oder Endeffektors, wobei die Translationseinheit derart an der Endoskophalterung (7.3) platziert ist, dass sie beim Umgreifen des Endoskops durch einen Operateur mit derselben Hand bedienbar ist.
4. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 3, gekennzeichnet durch einen Hebel (6.13) zur Abwinkelung der Endoskopspitze, wobei der Hebel (6.13) über ein Übertragungselement (6.12) mit einem Positionsenncoder verbunden ist, so dass ein Zustand, in dem die Endoskopspitze abgewinkelt ist, detektierbar ist, wobei der Hebel (6.13) insbesondere kugelgelagert ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Endoskophalterung (7.3) auf ihrer Innenseite einen kapazitiven Sensor aufweist durch den ein Detektieren erfolgt, wenn ein Operateur die Endoskophalterung (7.3) greift, wobei hierdurch insbesondere ein Umschalten zwischen verschiedenen Operationsmodi erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Translationseinheit (8.3) mittels einer Klemmkraft den Vorschub eines Zylinderkolbens (8.2) beschränken kann, wobei die Klemmkraft durch zwei Dichtungen (8.5) erzeugt wird, die insbesondere mittels einer Schraube derart komprimierbar sind, dass hierdurch die Klemmkraft erhöht wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpkassette (11.5) der Pumpeinheit werkzeuglos austauschbar ist.
8. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Befestigungsvorrichtung (12.2) zum Befestigen der patientenseitigen Einheit an den Seitenschienen des Operationstisches.
9. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die patientenseitige Einheit eine Haltestruktur (12.1) aufweist, an der ein Hilfsarm (12.7) mit einem beweglichen Schaft (12.8) und einer Klemme (12.3) zum Halten einer Laserfaser befestigt ist.

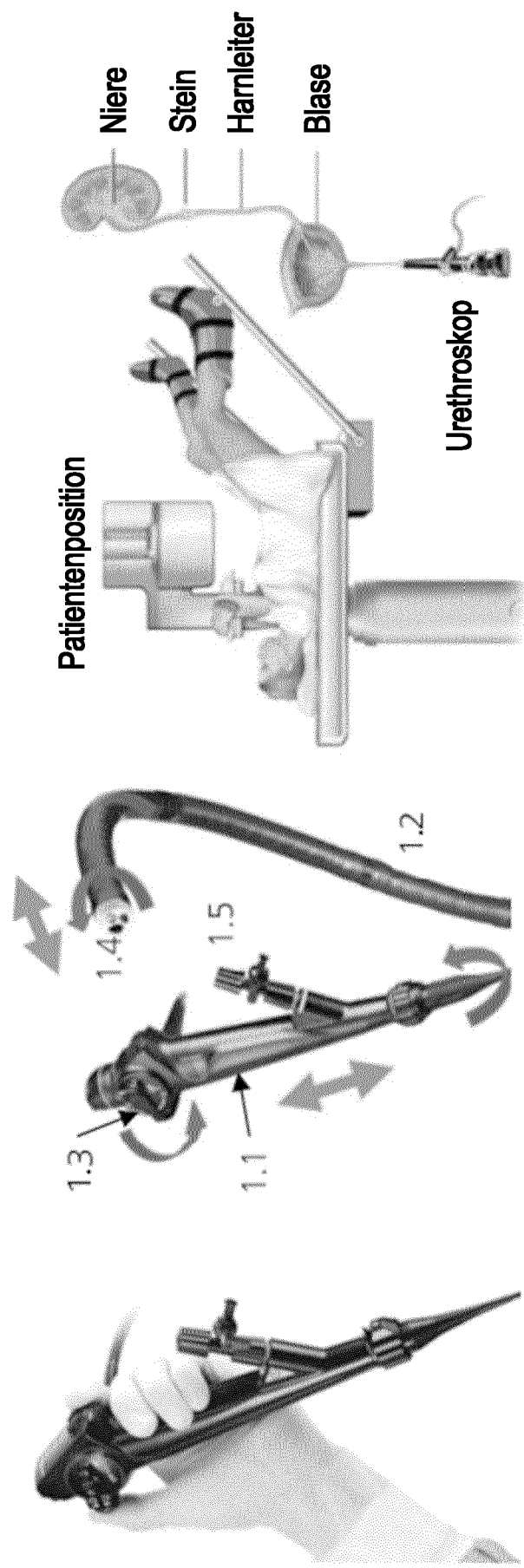


Fig. 1

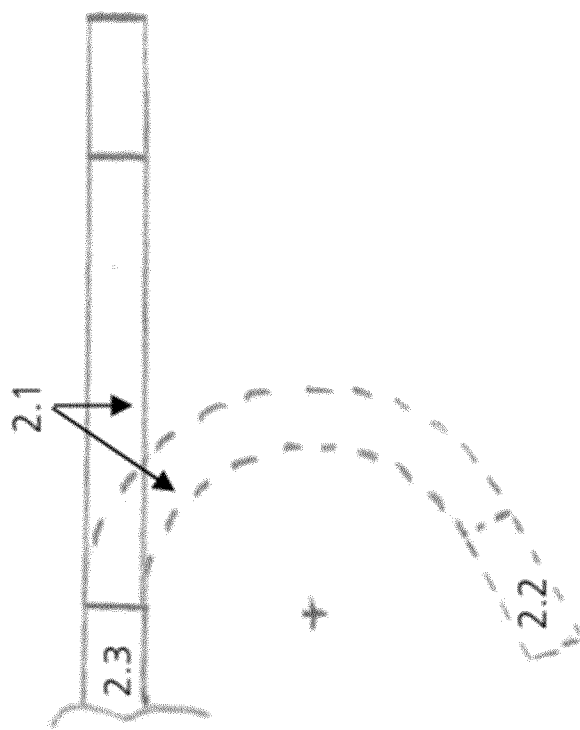


Fig. 2

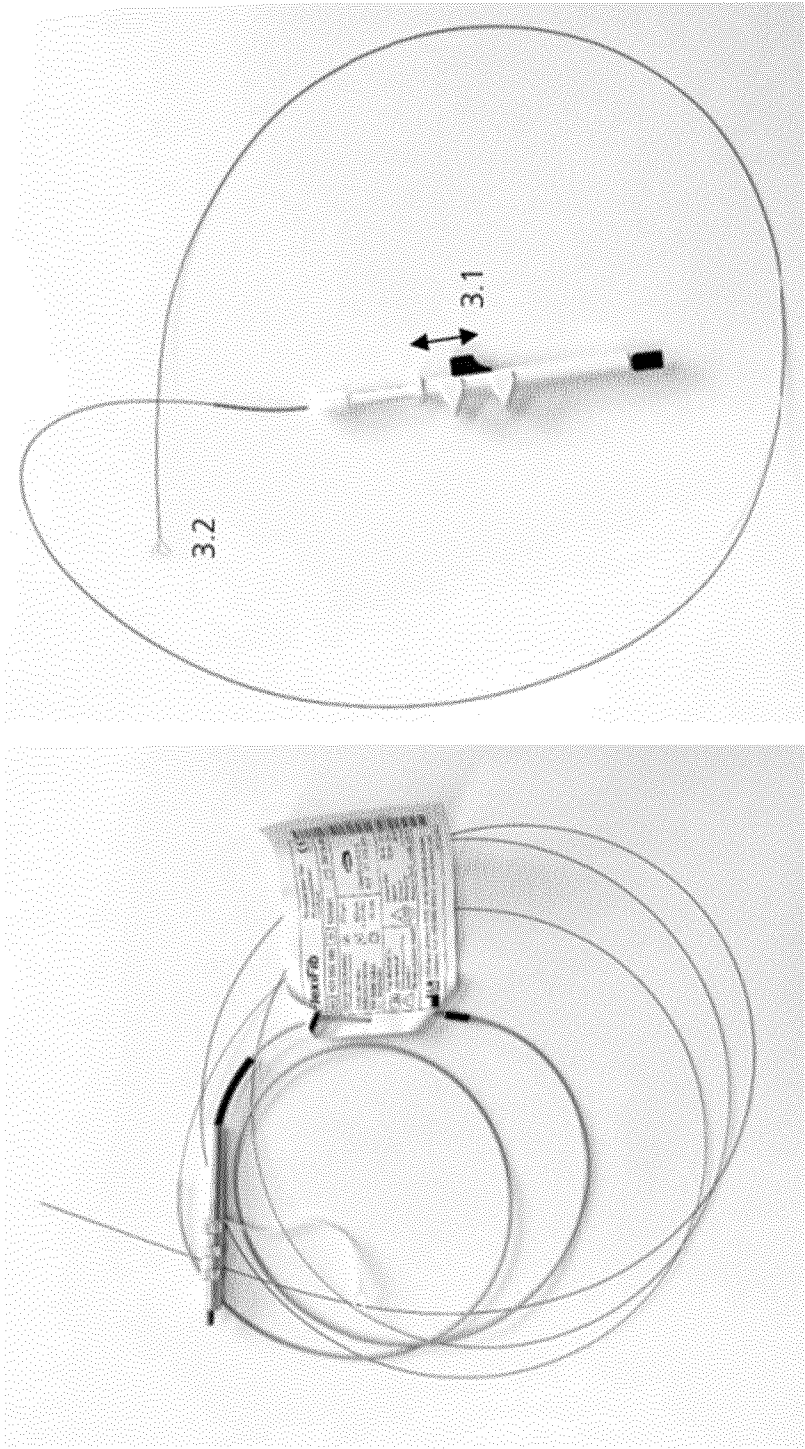


Fig. 3

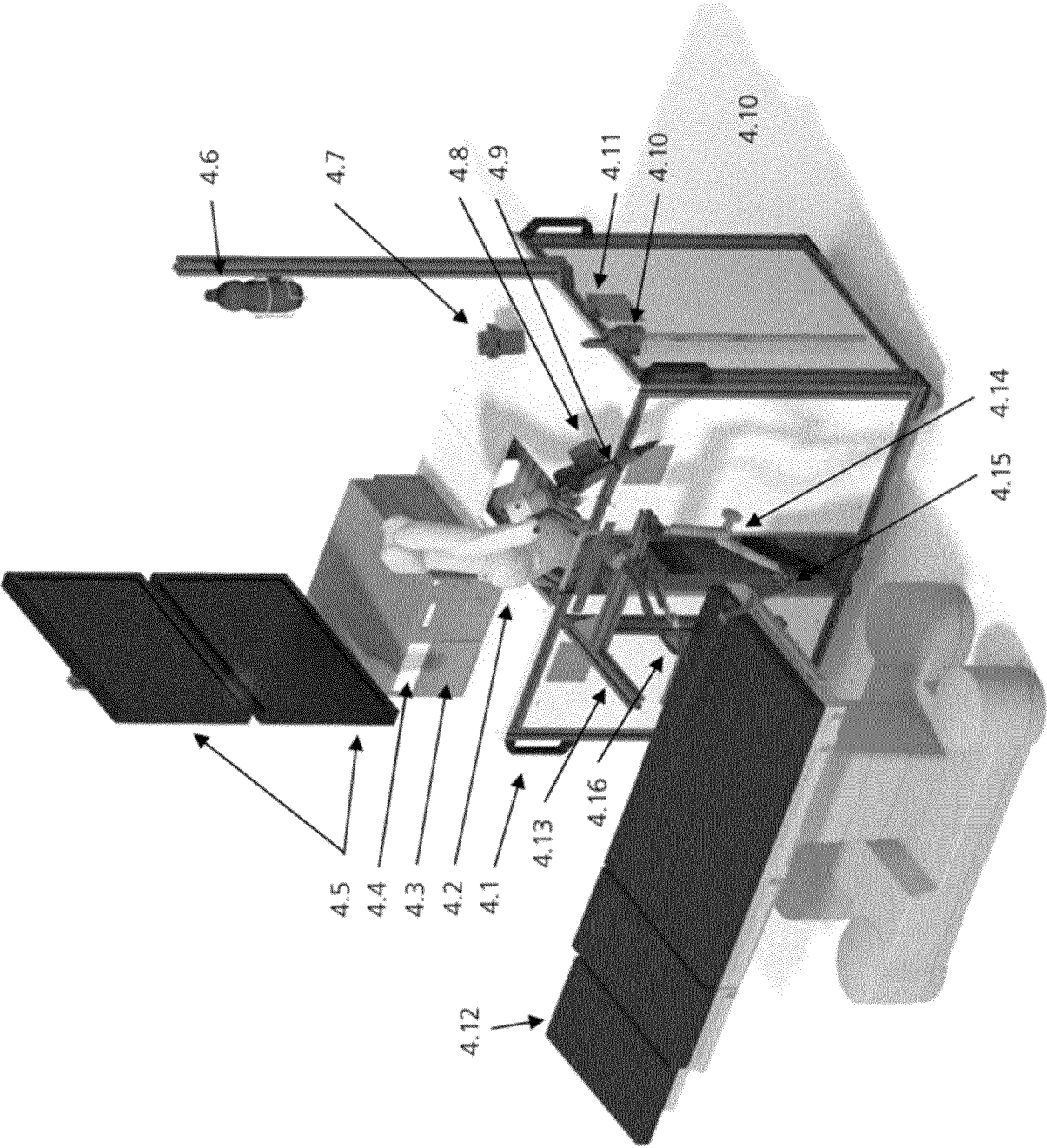


Fig. 4

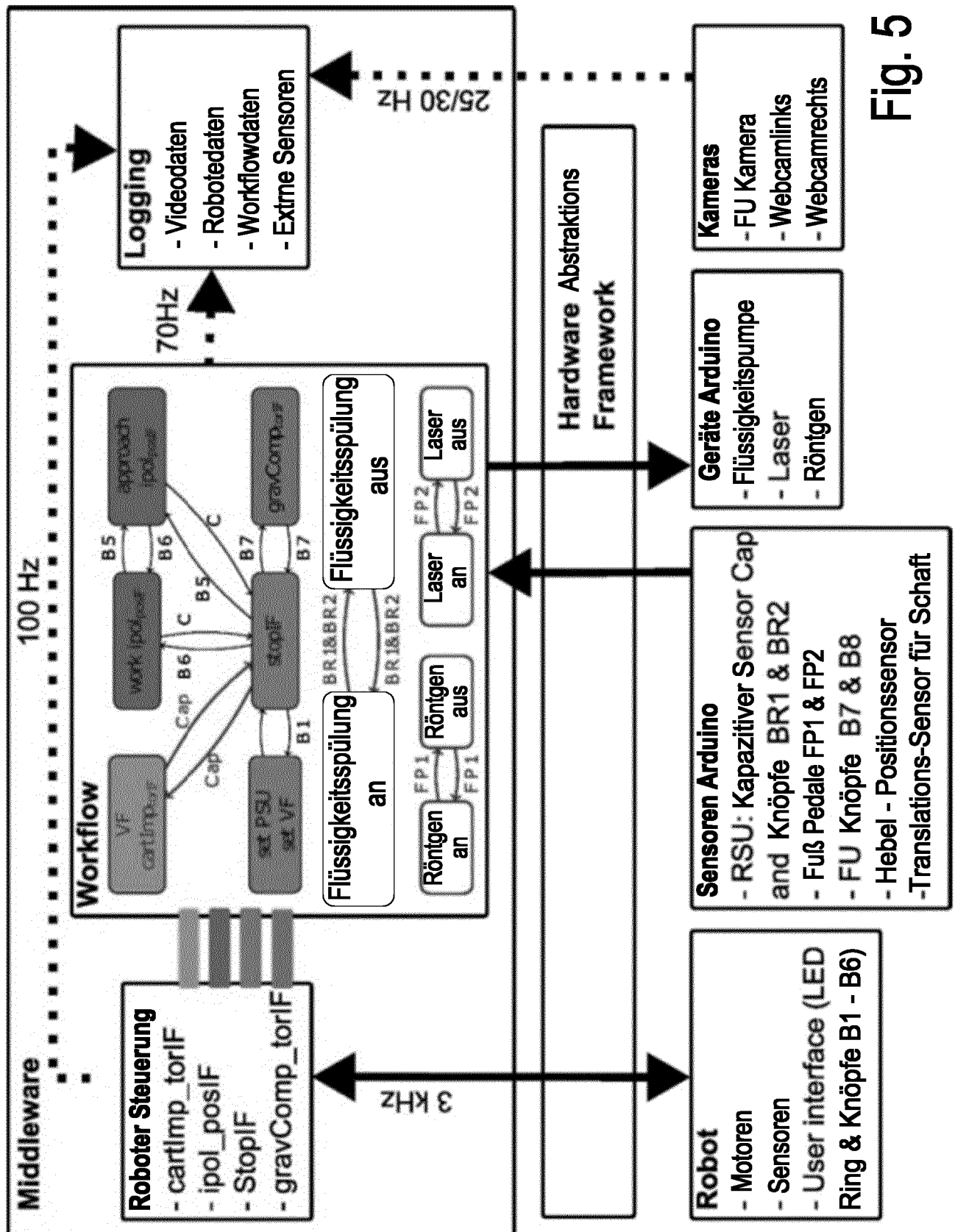


Fig. 5

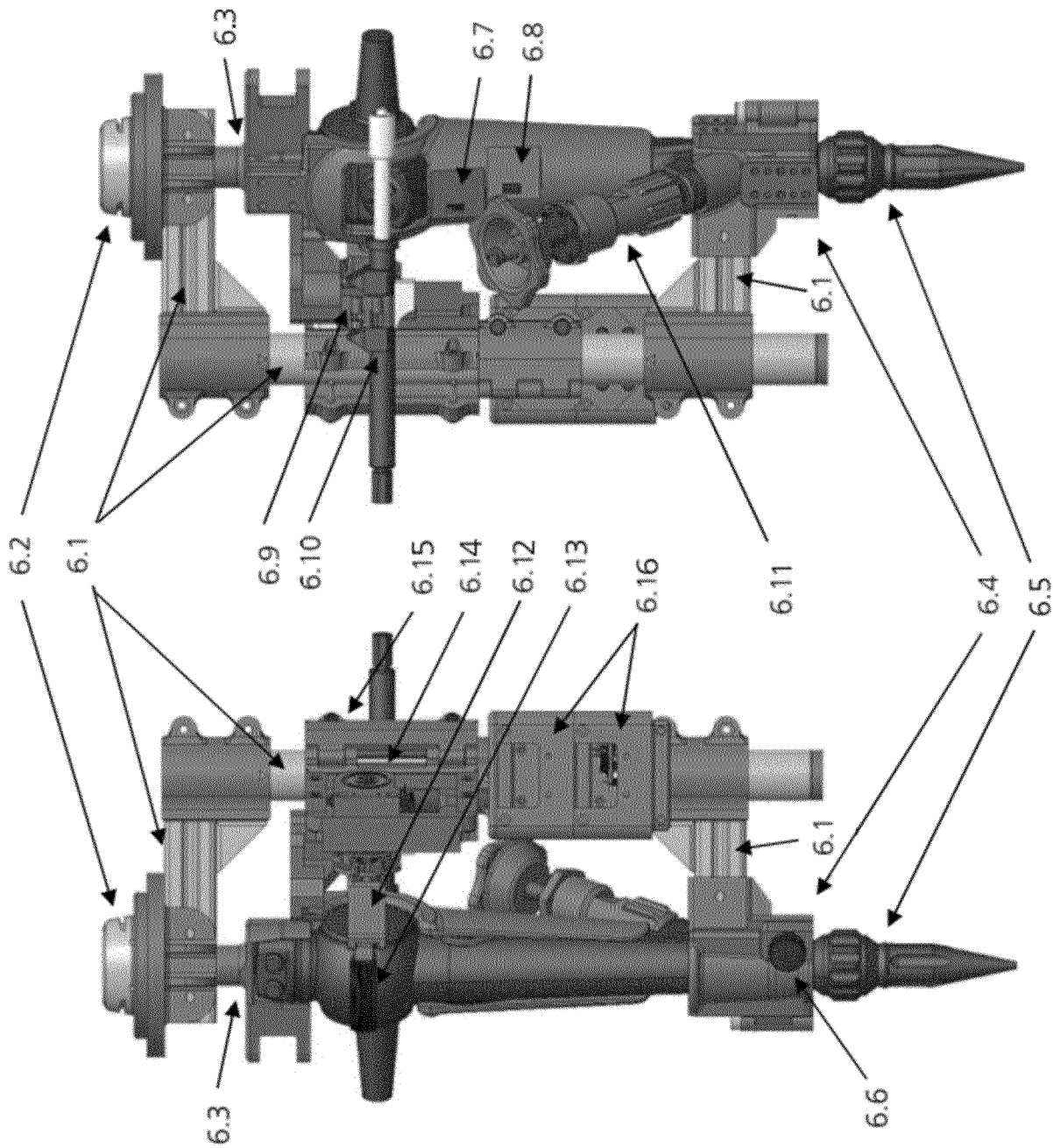


Fig. 6

7/12

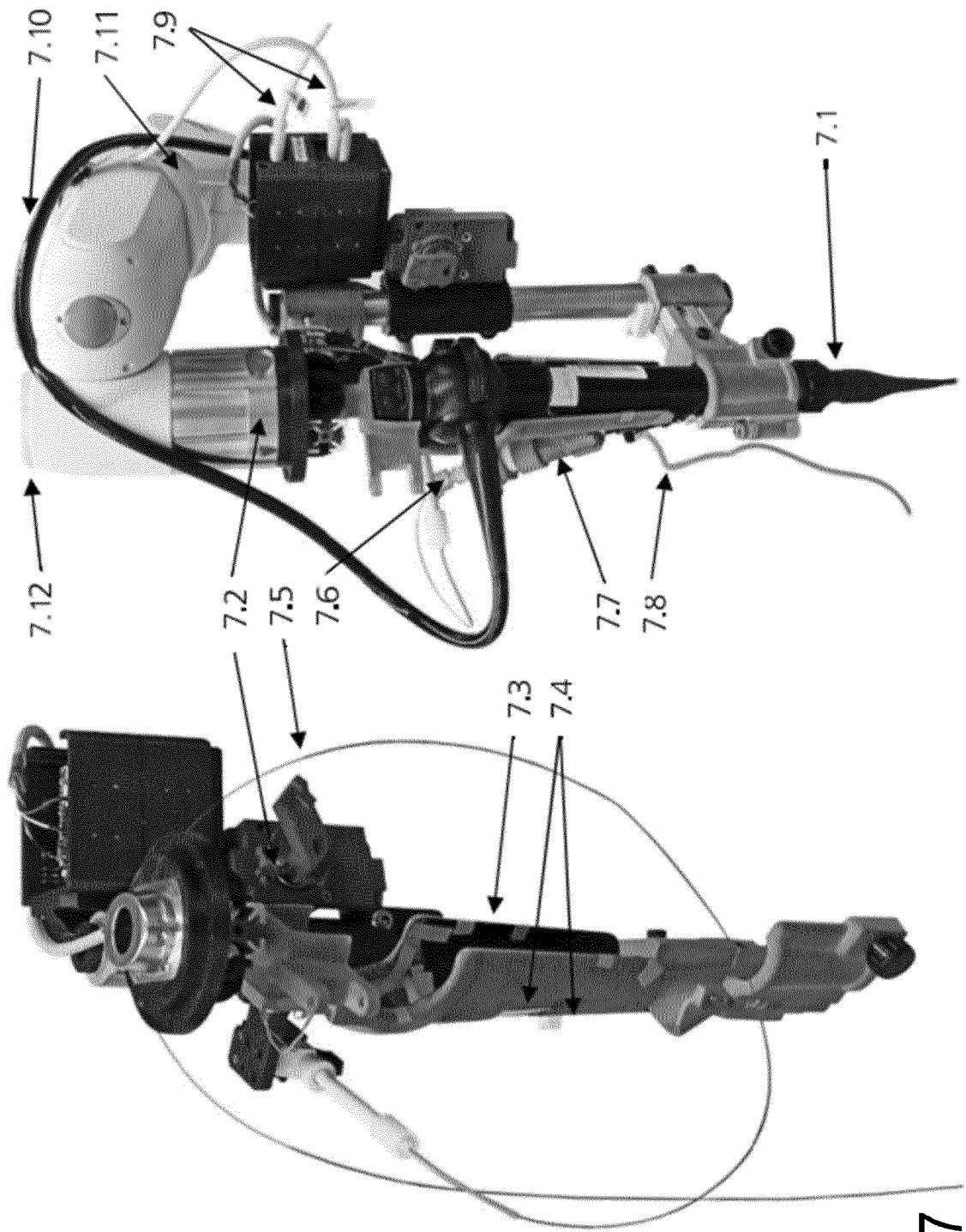


Fig. 7

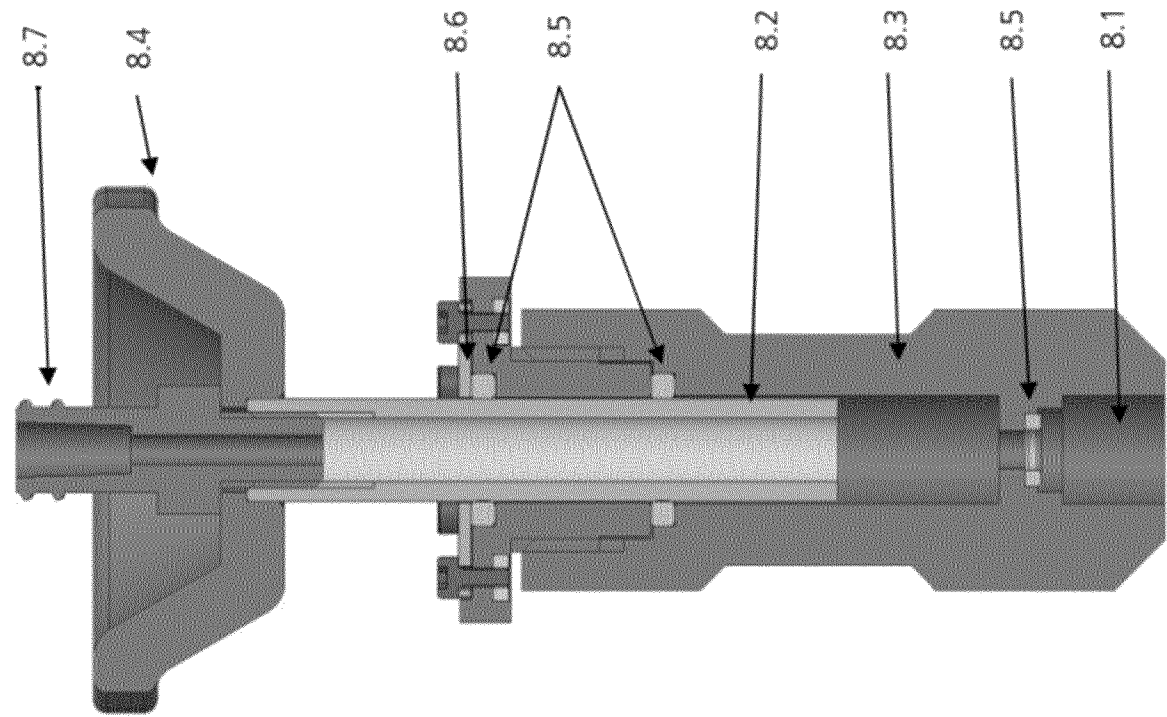


Fig. 8

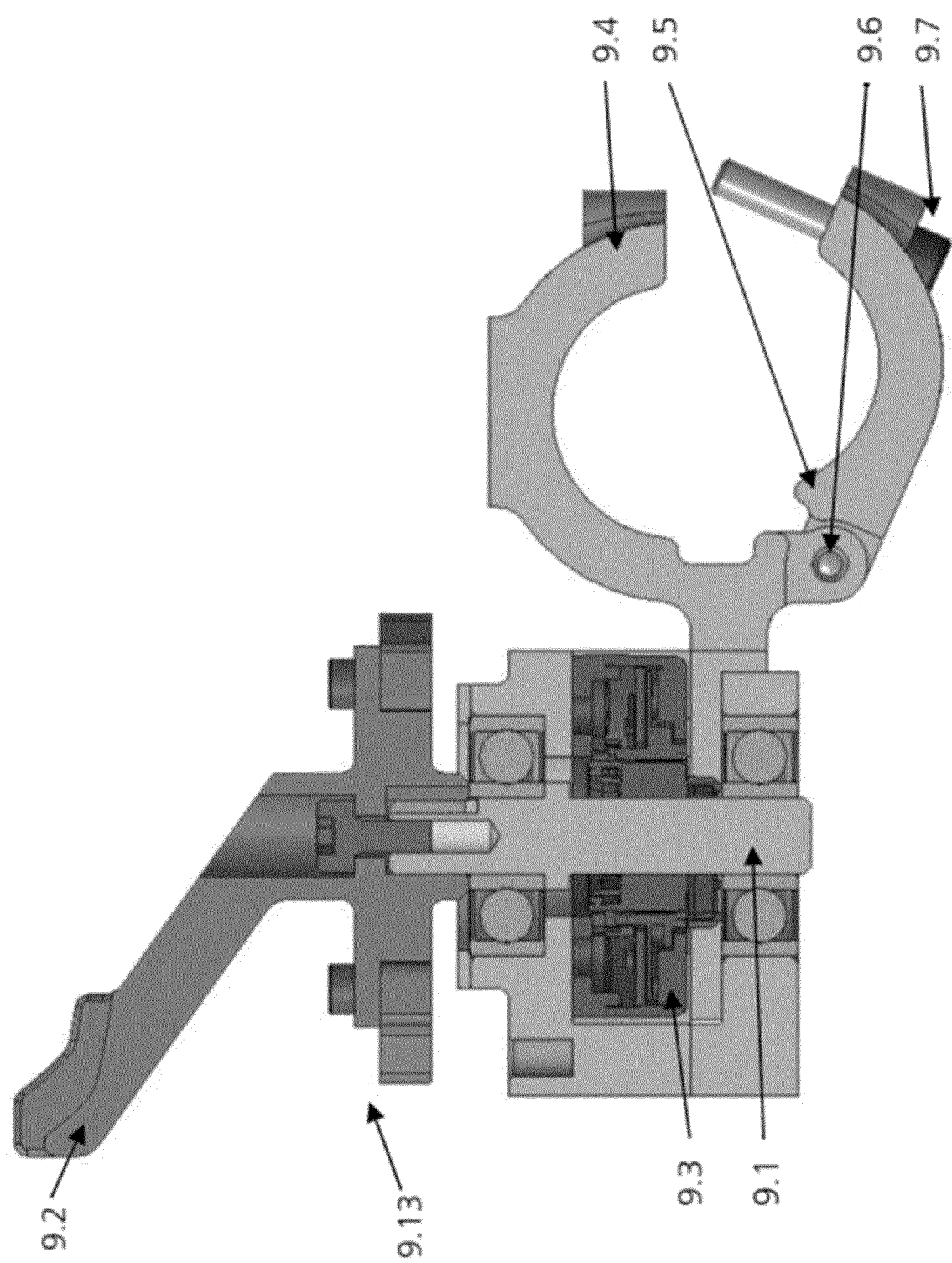


Fig. 9

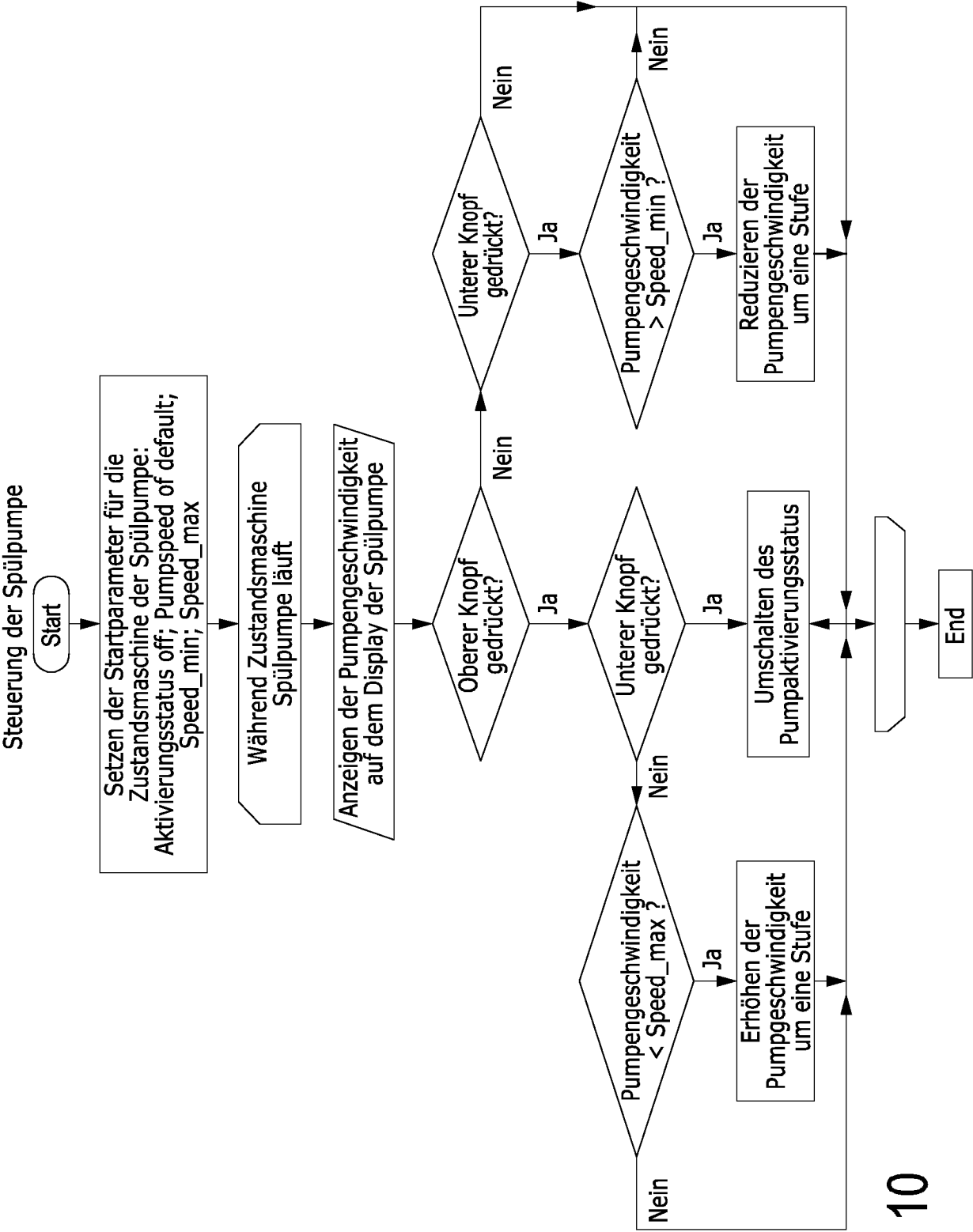


Fig. 10

12/12

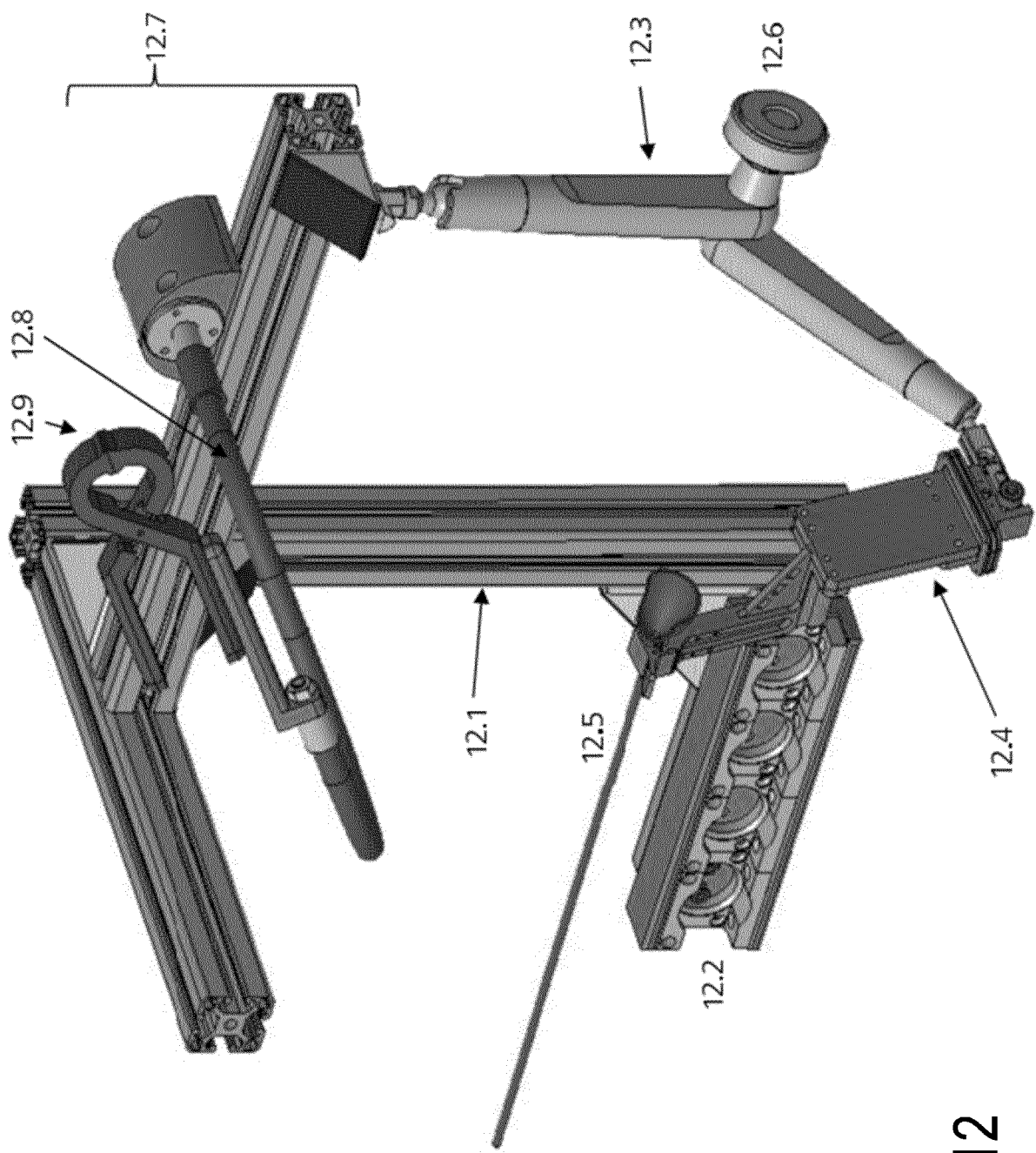


Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/055136

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B 1/00 (2006.01)i; A61B 1/015 (2006.01)i; A61B 90/50 (2016.01)i; A61B 17/00 (2006.01)n; A61B 34/30 (2016.01)n According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014243849 A1 (SAGLAM REMZI [TR] ET AL) 28 August 2014 (2014-08-28) paragraphs [0145] - [0193]; figures 1-11	1-8
X	SCHLENK CHRISTOPHER ET AL. "A Robotic System for Solo Surgery in Flexible Ureterorenoscopy" <i>IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS, IEEE</i> , Vol. 7, No. 4, 27 July 2022 (2022-07-27), pages 10558-10565 DOI: 10.1109/LRA.2022.3194668 XP011916645 page 10560, column 2 - page 10561, column 2; figures 1-5	1-6,8,9
X	RASSWEILER JENS ET AL. "Robot-assisted flexible ureteroscopy: an update" <i>UROLITHIASIS, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN/HEIDELBERG</i> , Vol. 46, No. 1, 23 November 2017 (2017-11-23), pages 69-77, [retrieved on 2017-11-23] DOI: 10.1007/S00240-017-1024-8 ISSN: 2194-7228, XP036396317 cited in the application page 73, column 1 - page 74, column 2, line 5; figure 3	1-3,8,9
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 03 June 2024		Date of mailing of the international search report 11 June 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Rick, Kai Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/055136

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2014243849	A1	28 August 2014	BR	112015020589	A2	22 August 2017
				CN	105283144	A	27 January 2016
				EA	201591544	A1	29 April 2016
				EP	2964069	A1	13 January 2016
				JP	6251756	B2	20 December 2017
				JP	2016520334	A	14 July 2016
				KR	20150124446	A	05 November 2015
				US	2014243849	A1	28 August 2014
				WO	2014133476	A1	04 September 2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. A61B1/00 A61B1/015 A61B90/50
ADD. A61B17/00 A61B34/30

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
A61B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2014/243849 A1 (SAGLAM REMZI [TR] ET AL) 28. August 2014 (2014-08-28) Absätze [0145] - [0193]; Abbildungen 1-11 -----	1 - 8
X	SCHLENK CHRISTOPHER ET AL: "A Robotic System for Solo Surgery in Flexible Ureterorenoscopy", IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS, IEEE, Bd. 7, Nr. 4, 27. Juli 2022 (2022-07-27), Seiten 10558-10565, XP011916645, DOI: 10.1109/LRA.2022.3194668 [gefunden am 2022-07-28] Seite 10560, Spalte 2 - Seite 10561, Spalte 2; Abbildungen 1-5 ----- - / - -	1 - 6, 8, 9

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 3. Juni 2024	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 11/06/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Rick, Kai

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	RASSWEILER JENS ET AL: "Robot-assisted flexible ureteroscopy: an update", UROLITHIASIS, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN/HEIDELBERG, Bd. 46, Nr. 1, 23. November 2017 (2017-11-23), Seiten 69-77, XP036396317, ISSN: 2194-7228, DOI: 10.1007/S00240-017-1024-8 [gefunden am 2017-11-23] in der Anmeldung erwähnt Seite 73, Spalte 1 - Seite 74, Spalte 2, Zeile 5; Abbildung 3 -----	1-3,8,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/055136

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014243849 A1	28-08-2014	BR 112015020589 A2	22-08-2017
		CN 105283144 A	27-01-2016
		EA 201591544 A1	29-04-2016
		EP 2964069 A1	13-01-2016
		JP 6251756 B2	20-12-2017
		JP 2016520334 A	14-07-2016
		KR 20150124446 A	05-11-2015
		US 2014243849 A1	28-08-2014
		WO 2014133476 A1	04-09-2014
